

# تکنولوژی مواد غذایی (جلد دوم)

مجموعه مهندسی علوم و صنایع غذایی

مهندس مسعود هماپور

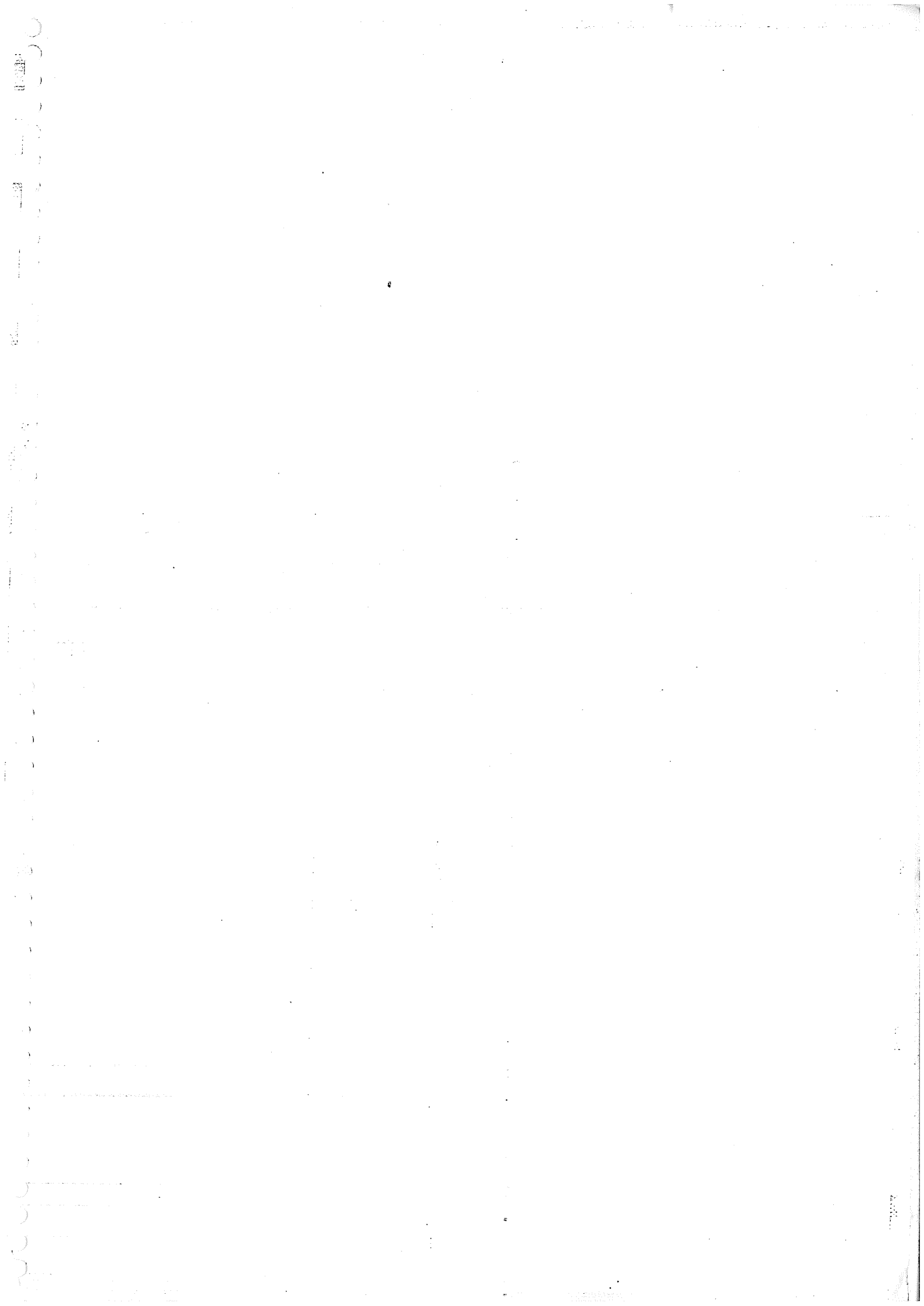
مؤسسه آموزش عالی آزاد پارسه

پارسه

ویرایش نهم: بهار ۸۸ | تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه |

شابک: ۶-۸۹-۸۷۱۹-۹۶۴-۶ | ۹۶۴-۸۷۱۹-۸۹-۶ | ISBN: 964-8719-89-6

نشانی: پلازما از میدان ولی عصر | کوچه دانش کیان | ساختمان پارسه | تلفن: ۸۸۸۴۹۲۱۱



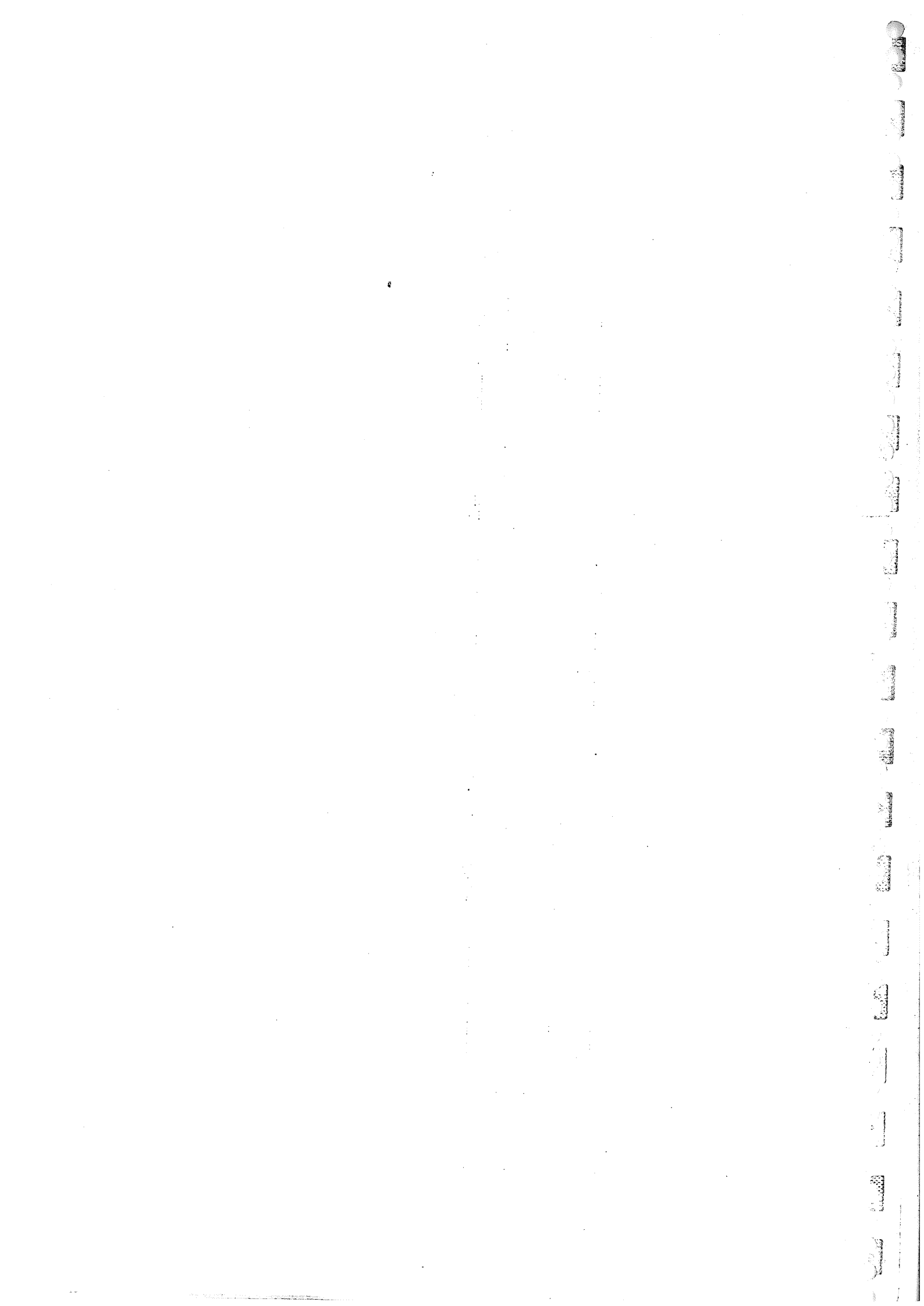
## فصل چهارم تکنولوژی غلات

|     |                            |
|-----|----------------------------|
| ۷   | گونه‌های گندم              |
| ۱۲  | ساختمان دانه‌ی غلات        |
| ۱۵  | ترکیب گندم                 |
| ۲۲  | مشخصات کیفی گندم           |
| ۳۱  | خشک کردن گندم              |
| ۳۱  | روش‌های جستجوی آفات انباری |
| ۳۲  | آسیاب کردن گندم            |
| ۳۵  | مشروط کردن                 |
| ۴۱  | نگهداری آرد                |
| ۴۲  | کیفیت آرد                  |
| ۶۳  | تکنولوژی تولید نان         |
| ۷۶  | تکنولوژی محصولات خمیری     |
| ۸۰  | تکنولوژی بیسکوئیت          |
| ۸۳  | تکنولوژی کراکر             |
| ۸۴  | تکنولوژی کیک               |
| ۸۹  | شکلات‌سازی                 |
| ۹۱  | تکنولوژی گلوتن             |
| ۹۵  | تکنولوژی نشاسته            |
| ۹۶  | تکنولوژی تولید گلوکز مایع  |
| ۹۷  | یولاف                      |
| ۹۷  | چاودار                     |
| ۹۸  | برنج                       |
| ۱۰۰ | ذرت                        |
| ۱۰۲ | جو                         |

## فصل پنجم تکنولوژی قند

|     |       |                           |
|-----|-------|---------------------------|
| ۱۲۱ | ..... | شیمی ساکارز               |
| ۱۳۰ | ..... | سیلو یا نگهداری چغندر قند |
| ۱۳۹ | ..... | انتقال چغندر به کارخانه   |
| ۱۴۴ | ..... | روش‌های مختلف عصاره‌گیری  |
| ۱۴۹ | ..... | راه‌های شناخت عفونت       |
| ۱۵۴ | ..... | مزایای برگشت آب پرس       |
| ۱۵۴ | ..... | تصفیه شربت خام            |
| ۱۵۵ | ..... | اهداف کلی تصفیه شربت خام  |
| ۱۵۸ | ..... | کوره آهک                  |
| ۱۶۱ | ..... | روش کلاسیک تصفیه شربت     |
| ۱۷۲ | ..... | تصفیه شربت به روش Dorr    |
| ۱۷۲ | ..... | روش برانشوئیک             |
| ۱۷۵ | ..... | اوپراسیون یا تغلیظ شربت   |
| ۱۸۳ | ..... | کریستالیزاسیون            |
| ۱۹۴ | ..... | ضایعات کارخانه قند        |
| ۱۹۵ | ..... | تولید قند کله و حبه       |





## فصل چهارم

### تکنولوژی غلات

غلات، میوه گیاهان علفی زراعی از خانواده تک‌لپه‌ای گرامینه هستند.

غلات عمده عبارتند از: گندم، جو، یولاف، چاودار، برنج، ذرت، سورگوم، و ارزن.

غلات از اولین غذاهای شناخته شده بشر بوده که از زمان‌های بسیار کهن تا کنون همواره نقش بسیار مهمی در اقتصاد و تغذیه

مردم دنیا به خصوص کشورهای در حال توسعه داشته است.

فرآورده‌های غلات بخش عمده‌ای از نیازهای غذایی روزانه افراد را تشکیل می‌دهند. حدود ۶۵ الی ۷۰ درصد از کربوهیدرات‌ها،

پروتئین‌ها و همچنین قسمت زیادی از ویتامین‌های گروه B، املاح و عناصر کم‌مقدار رژیم غذایی روزانه افراد از طریق غلات و

فرآورده‌های آن تأمین می‌شود. این امر بیشتر به دلایل زیر می‌باشد:

• بازده (عملکرد در هکتار) بالای غلات نسبت به سایر محصولات

• قابلیت ماندگاری خوب

• حمل و نقل آسان

• ارزش غذایی بالا

• مزه خنثی<sup>۱</sup>

#### گندم:

گندم همراه با برنج و ذرت مهم‌ترین غلات جهان می‌باشند. گندم در سراسر دنیا کشت شده و در خاک‌های لومی سنگین و رسی و در

آب و هوای نیمه‌استوایی، معتدل گرم و معتدل سرد به عمل می‌آید.

<sup>۱</sup>.Neutral taste

## طبقه‌بندی گندم:

معیارهای مختلفی برای طبقه‌بندی گندم وجود دارد که می‌تواند براساس فاکتورهای زیر باشد:

الف) گیاه‌شناسی

ب) فیزیکی

ج) محتوای پروتئینی

الف) گیاه‌شناسی

گندم متعلق به خانواده گرامینه و جنس تریتیکوم می‌باشد. در حدود ۱۰ گونه از جنس تریتیکوم در جهان کشت می‌شود که از این بین سه گونه اهمیت بیشتری دارند که عبارتند از:

۱- تریتیکوم ولگار<sup>۱</sup>

۲- تریتیکوم کمپکتوم<sup>۲</sup>

۳- تریتیکوم دوروم<sup>۳</sup>

### • تریتیکوم ولگار:

این گونه از نظر صنعتی خیلی مهم می‌باشد. بیشتر جهت تولید آرد نانوائی به کار برده می‌شود. گاهی به گندم نان، تریتیکوم آستیوم<sup>۴</sup> نیز می‌گویند. گندم نان دارای  $2n = 42$  کروموزوم بوده و از نظر ژنتیکی هگزاپلوئید می‌باشد.

### • تریتیکوم کمپکتوم:

این گونه در مقایسه با گونه تریتیکوم ولگار گونه ضعیف‌تری است. یعنی مقدار پروتئین پائینی دارد و دارای دانه‌ای است که رنگ آن سفید می‌باشد. می‌توان از آن برای تهیه نان‌های مسطح، صنایع قنادی و بیسکویت‌سازی استفاده کرد.

### • تریتیکوم دوروم:

این گونه برای تهیه ماکارونی می‌باشد چون رنگ زرد کهربائی مطلوب را جهت تهیه آن دارد. قسمت عمده مصرف این گونه گندم جهت تولید سمولینا که ماده اولیه تولید ماکارونی است به کار می‌رود. از نظر گیاه‌شناسی تتراپلوئید با تعداد  $2n = 28$  کروموزوم و ژنوم AABB می‌باشد.

### ب) فیزیکی:

برای اهداف تجارتي طبقه‌بندی دیگری غیر از طبقه‌بندی گیاه‌شناسی لازم است تا خواص مختلف گندم‌ها را با یکدیگر مورد مقایسه قرار دهد. به این نوع طبقه‌بندی که براساس خواص فیزیکی می‌باشد طبقه‌بندی تجارتي اطلاق می‌شود که در آن فاکتورهای عمده‌ای مورد توجه قرار می‌گیرد:

۱- فصل کاشت و نوع کاشت

۲- سختی و نرمی

<sup>1</sup>. Triticum Vulgar

<sup>2</sup>. Triticum Compactum

<sup>3</sup>. Triticum Durum

<sup>4</sup>. T. aestivum

۳- شیشه‌های یا آردی بودن

۴- رنگ

۵- قوت

### ۱- فصل کاشت و نوع کاشت:

طبقه‌بندی گندم به دو نوع زمستانه و بهاره مربوط به فصولی است که در طول آن گندم رشد می‌کند. گندم زمستانه گندمی است که در اوایل پاییز کشت می‌شود. در فصل زمستان ضمن استفاده از رطوبت سرما را سپری می‌نماید و سپس در فصل بهار با وفور آب و آفتاب به رشد خود ادامه داده و سرانجام در اواخر بهار یا اوایل تابستان برداشت می‌شود. این نوع گندم در مناطقی کشت می‌شود که زمستان خیلی سرد نداشته باشد چون در اثر یخ‌زدن زمین احتمال از بین رفتن جوانه وجود دارد.

گندم بهاره در فصل بهار و اواخر زمستان در مناطقی که نارای زمستان‌های بسیار سرد و یخبندان می‌باشد کشت می‌شود و موقع برداشت آن اواخر تابستان می‌باشد. احتمال رسیدن آسیب ناشی از نامساعد بودن شرایط جوی در مورد گندم‌های بهاره بیشتر از گندم‌های زمستانه می‌باشد.

- گندم زودرس یا بهاره دارای اندوسپرم و مقدار پروتئین زیاد است که برای ناوایی مناسب می‌باشد.
- گندم زمستانه دارای عملکرد (برداشت از واحد سطح) بیشتر و پروتئین کمتر است و برای بیسکویت‌سازی و کیک‌سازی مناسب‌تر از ناوایی است.

### ۲- سختی و نرمی:

سختی یا نرمی دانه، نوع مصرف آن را مشخص می‌نماید. گندم‌های نرم جهت تهیه شیرینی و محصولات مشابه آن و گندم‌های سخت به منظور تهیه نان مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**نکته:** سختی به درجه چسبندگی بین نشاسته و پروتئین مربوط می‌شود.

### برخی تفاوت‌های گندم‌های سخت و نرم به شرح زیر می‌باشد:

- گندم‌های سخت یا گندم‌های مناسب نان در مواقعی که نیاز به جذب آب زیادی است انتخاب می‌شوند. در مواقعی که نیاز به جذب آب زیادی نباشد گندم‌های نرم انتخاب می‌شوند.
- در هنگام آسیابانی گندم‌های سخت بیشتر دیواره‌های سلول و کمتر محتویات آن شکسته می‌شوند در حالیکه در گندم‌های نرم شکستگی بیشتر در محتویات سلول اتفاق می‌افتد.
- در گندم‌های سخت پیوند بین نشاسته و پروتئین بسیار محکم است، در این حالت پروتئین نه تنها سطح نشاسته را به خوبی پوشش می‌دهد بلکه بین آن‌ها پیوندهای قوی نیز برقرار می‌کند، در حالیکه در گندم‌های نرم پروتئین سطح نشاسته را در بر نگرفته است و پیوند آن‌ها قوی نمی‌باشد.
- گندم‌های سخت و دارای پروتئین زیاد عموماً شفاف و گندم‌های نرم دارای پروتئین کم عموماً مات هستند.
- سختی و نرمی ویژگی‌های آسیابانی است که به نحوه خرد شدن اندوسپرم مربوط می‌باشند. در گندم‌های سخت تکه‌تکه شدن اندوسپرم در طول خطوط دیواره سلولی انجام می‌گیرد در حالی که اندوسپرم گندم‌های نرم به طور تصادفی می‌شکند.
- از گندم سخت آردی زبر و دانه‌ای به دست می‌آید که برای تولید نان مناسب است. در حالیکه از گندم‌های نرم آرد بسیار نرمی به دست می‌آید که دارای قطعاتی با اشکال بی‌قاعده از سلول‌های اندوسپرم است و برای تولید کیک و بیسکویت مناسب است.

- گندم‌های سخت به دلیل تولید آرد زبر که دارای اشکال یکنواختی می‌باشند به آسانی الک می‌شوند در حالی که گندم‌های نرم تولید آرد نرم می‌کنند که اغلب به هم چسبیده و منافذ الک را مسدود می‌کنند.
- سختی در سهولت جدا شدن اندوسپرم از سبوس موثر است.

### ۳- شیشه‌ای یا آردی بودن:

- اندوسپرم صرف‌نظر از موضوع سختی از نظر ظاهر نیز دارای موقعیت مهم و قابل توجهی می‌باشد. برخی از قام گندم دارای ظاهر شیشه‌ای (شفاف) می‌باشند در حالیکه برخی دیگر ظاهر مات و آردی دارند.
- برخی از تفاوت‌های شیشه‌ای یا آردی بودن از قرار زیر می‌باشد:
- وزن مخصوص دانه‌های شیشه‌ای (بلوری) بیشتر از دانه‌های آردی است.
  - دانه‌های شیشه‌ای محتوای پروتئین زیادی دارند در حالی که دانه‌های آردی با میزان عملکرد گندم رابطه مستقیم دارند.
  - دانه‌های شیشه‌ای در برابر نور درخشنده و دانه‌های آردی مات می‌باشند. علت مات بودن به دلیل وجود حفره‌های بسیار ریز و شکاف‌های حاوی هوا در بین سلول‌های اندوسپرم است. در حالی که در دانه‌های شیشه‌ای که این فضای خالی وجود ندارد نور در حد فاصل دانه و هوا شکسته شده و بنابراین دانه ظاهر شیشه‌ای می‌یابد. البته این فضاهای خالی حاوی هوا، در دوره خشک شدن ایجاد می‌شوند به این ترتیب که با از دست دادن آب، پروتئین جمع شده و سپس شکسته می‌شود و فضا ایجاد می‌کند. در دانه‌های شیشه‌ای با اینکه پروتئین جمع می‌شود ولی دست نخورده باقی می‌ماند.
  - بارندگی زیاد باعث می‌شود که اندوسپرم گندم آردی شود. در حالی که اگر از کودهای ازته استفاده کنیم باعث شیشه‌ای شدن اندوسپرم می‌شود.
  - اگر دانه‌های گندم به صورت نارس برداشت شوند بافت اندوسپرم بلوری است. در صورتیکه آردی شدن با میزان رسیدگی دانه مرتبط می‌باشد.
  - بلوری بودن (شیشه‌ای بودن) غالباً با درجه سختی و کیفیت خوب آسیاب شدن توأم است.

### ۴- رنگ:

- رنگ گندم می‌تواند سفید یا قرمز باشد. معمولاً گندم‌های قرمز دارای سختی بیشتری نسبت به گندم‌های سفید می‌باشند. سفید یا قرمز بودن دانه‌های گندم در رابطه با حضور و یا عدم حضور رنگدانه‌های قرمز در دانه‌های خارجی می‌باشد. در مورد ماکارونی استفاده از دوروم سفید مناسب‌تر از دوروم قرمز است.

### ۵- قوت<sup>۱</sup>:

- گندم‌های قوی دارای پروتئین بالا و مناسب جهت تولید نانی با قرص بزرگ می‌باشند در حالی که آرد گندم‌های ضعیف به دلیل پروتئین پایین برای تولید بیسکویت، کیک و یا شیرینی مناسب می‌باشند. یکی از ویژگی‌های نان‌های حجیم اسفنجی بودن آن است. این پدیده به وسیله قوت گلوتن به دست می‌آید که می‌تواند گازهای حاصل از تخمیر را در خود جای دهد که این گازها باعث افزایش حجم می‌شوند. گلوتن حاصل از گندم‌های قوی دارای نیروی بین مولکولی قوی‌تری بوده و جمع می‌شود بنابراین برای تهیه بیسکویت از گندم ضعیف استفاده می‌شود تا تمام قسمت‌های بیسکویت یکسان باشد.
- به طور کلی سختی یک ویژگی آسیابانی و قوت یک ویژگی پخت می‌باشد که هر دو اثری هستند.

### ج) محتوای پروتئینی

بر این اساس گندم را به ۷ طبقه به شرح زیر تقسیم می‌کنند:

<sup>۱</sup> Hardness

### ۱- گندم قرمز سخت بهاره<sup>۱</sup>:

برای تولید نان‌های مختلف مناسب بوده و به‌طور متوسط دارای ۱۵ درصد پروتئین است. این گندم دارای حداکثر میزان پروتئین و قوی‌ترین گلوتن است. آرد حاصل از آن عمدتاً در تهیه محصولات تخمیری به‌کار می‌رود.

۲- گندم دوروم }  
هر دو برای تولید ماکارونی مناسب بوده و تقریباً ۱۵ درصد پروتئین دارند.  
۳- گندم دوروم قرمز<sup>۲</sup>

### ۴- گندم قرمز سخت زمستانه<sup>۳</sup>:

برای تولید نان مناسب است و دارای ۱۴-۱۲ درصد پروتئین می‌باشد.

### ۵- گندم قرمز نرم زمستانه<sup>۴</sup>:

برای تولید کیک و بیسکویت مناسب است و حدود ۱۰ درصد پروتئین دارد.  
• عموماً در رابطه با گندم‌های نرم در هنگام عمل‌آوری باید از مواد شیمیایی استفاده نمود.

### ۶- گندم سفید (سخت و نرم)<sup>۵</sup>:

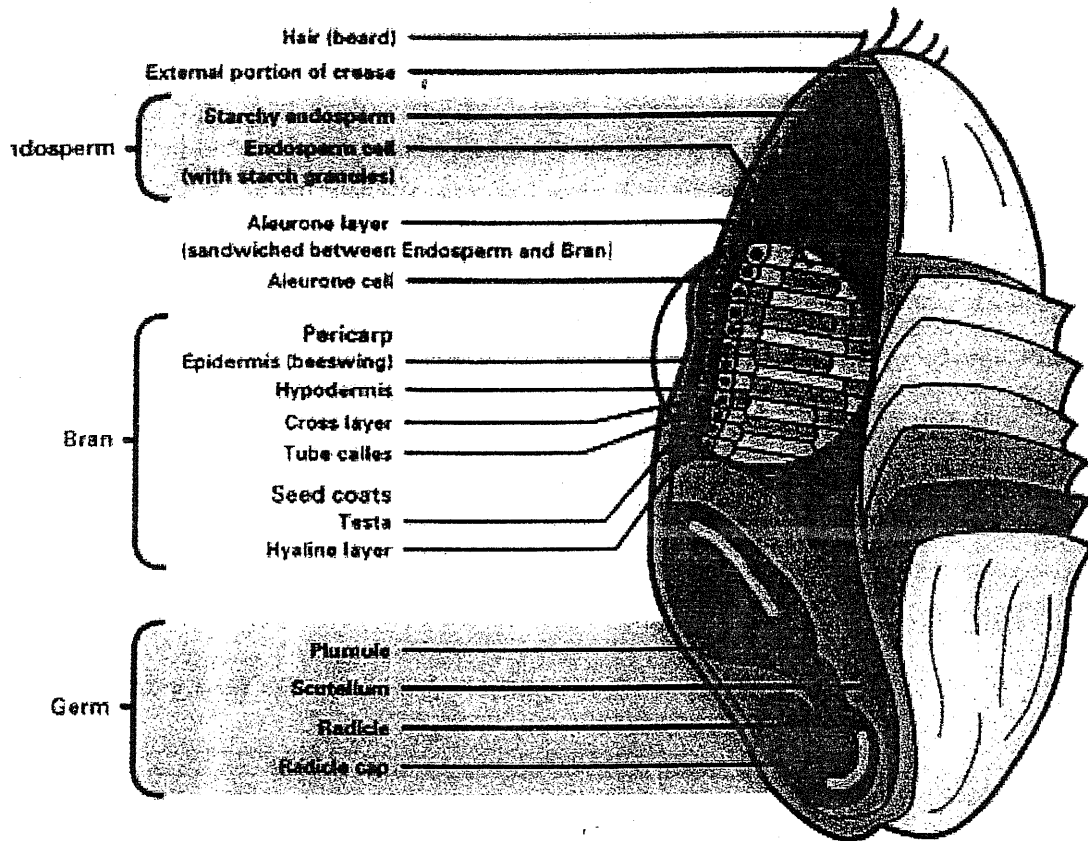
برای تولید فراورده‌های قنادی مناسب بوده و دارای ۱۱-۸ درصد پروتئین است.

### ۷- گندم مخلوط:

گندم‌های مختلف با نسبت‌های معینی برای تولید آرد مناسب جهت تولید هر یک از فراورده‌ها مخلوط می‌گردند.

<sup>۱</sup>.Hard Red Spring  
<sup>۲</sup>.Red Durum  
<sup>۳</sup>.Hard Red Winter  
<sup>۴</sup>.Soft Red Winter  
<sup>۵</sup>.White (soft or Hard)

## ساختمان دانه غلات



ساختمان آناتومی همه دانه‌های غلات کم‌وبیش در اساس مشابه یکدیگر بوده و فقط در جزئیات تفاوت دارند. دانه غلات از لحاظ گیاه‌شناسی کاربوپسیس<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. به میوه‌های خشک ناشکופا و تک‌دانه کاربوپسیس می‌گویند. به‌طور کلی به منظور مشخص کردن و نشان دادن ساختمان دانه غلات، دانه‌گندم را ملاک قرار داده و سایر دانه‌های غلات را با آن مقایسه می‌کنند. دانه گندم به شکل تقریباً بیضی بوده که یک طرف آن صاف و دارای برآمدگی و طرف دیگر آن دارای شکافی است که در تمام طول گندم امتداد دارد. این شیار در مرحله آسیابانی، جداسازی سیوس از اندوسپرم را مشکل می‌کند و می‌تواند محل مناسبی برای پنهان شدن میکروارگانیسم‌ها و گرد و غبار باشد. به‌طور کلی دانه گندم از سه قسمت جوانه، اندوسپرم و پوسته تشکیل شده است.

### ۱- جوانه<sup>۲</sup>:

جنین یا Embryo نیز گفته می‌شود. مهمترین عضو و منشأ تولید گیاه جدید بوده که در اثر جذب رطوبت و قرار گرفتن در شرایط مناسب باعث رویش دانه می‌شود. در ته دانه قرار دارد. تقریباً ۳ - ۲ درصد وزن دانه را تشکیل می‌دهد. جوانه از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

- سلول‌های اولیه تشکیل دهنده جنین
- اپی پلاست

<sup>۱</sup>.Caryopsis

<sup>۲</sup>.Germ

- ریشه‌چه<sup>۱</sup> و ساقه‌چه
- اسکوتلوم<sup>۲</sup>: یا لپه گیاهک که با جنین در ارتباط است. اندامی سپری شکل که بین جنین و اندوسپرم قرار دارد و همانند یک عضو ذخیره عمل می‌کند که وظیفه تغذیه جنین را به‌عهده دارد.
- جوانه از نظر پروتئین نسبتاً غنی است (% ۲۵). **لکوزین** قسمت اعظم پروتئین جوانه را تشکیل می‌دهد. از نظر ارزش تغذیه‌ای مناسب است ولی فاقد خاصیت نانوایی می‌باشد. جوانه غنی از چربی و محتوی اسیدهای چرب غیر اشباع و فعالیت آنزیمی شدید است که وجود آن در آرد سبب فساد و افت کیفیت فرآورده حاصل از آن می‌شود. به علت فعالیت آنزیماتیک شدید مقداری از نشاسته تجزیه شده و به قندهای مختلف تبدیل می‌شود در نتیجه مقدار قند در جوانه گندم بیشتر از اندوسپرم آن است (% ۸۸).
- جوانه از نظر ویتامین‌های گروه B (خصوصاً ریبوفلاوین) و E (خصوصاً  $\alpha$  توکوفرول) و نیز برخی از آنزیم‌ها غنی می‌باشد.
- میزان خاکستر جوانه بسیار بالا و در حدود ۵ - ۴ درصد است.

## ۲- اندوسپرم:

- ۸۵ درصد وزن دانه گندم را تشکیل می‌دهد که مهمترین بخش خوراکی دانه را شامل می‌شود. سراسر طول دانه را فرا گرفته و از سه نوع سلول ساخته شده است:
- الف) سلول‌های نشاسته‌ای که منبع ذخیره نشاسته است.
- ب) سلول‌های حاوی مواد پروتئینی مانند پرولامین، گلوٹلین، آلبومین و گلوبولین و ...
- ج) سلول‌های لایه آلرون که به‌صورت منظم و یکنواخت بوده که در برش عرضی چهارگوش و در برش طولی اغلب پنج‌ضلعی به‌نظر می‌رسند.
- سلول‌ها از نظر اندازه و موقعیت با یکدیگر متفاوت می‌باشند. دیواره این سلول‌ها حاوی پنتوزان<sup>۳</sup> و همی‌سلولز اما فاقد سلولز می‌باشد. محتویات سلول و دیواره سلول‌های اندوسپرم، آرد (Flour) را تشکیل می‌دهند.
- ضخامت دیواره بر حسب موقعیت قرار گرفتن آن‌ها در دورن دانه متفاوت می‌باشد بدین ترتیب که سلول‌های نزدیک به لایه آلرون ضخیم‌تر از بقیه می‌باشند. علاوه بر این، ضخامت دیواره بر حسب سخت یا نرم بودن گندم نیز متفاوت است.
- قسمت عمده اندوسپرم از نشاسته یا اشکال و اندازه‌های گوناگون تشکیل شده که در ماتریکس یا شبکه‌ای از پروتئین قرار گرفته است. قسمت اعظم پروتئین گندم (حدود ۷۵٪) نیز، درون محل‌هایی به نام ذخایر پروتئین<sup>۴</sup> درون اندوسپرم ساخته می‌شود.
- میزان مواد معدنی اندوسپرم خیلی کم و در حدود ۰/۴ - ۰/۳ درصد است.
  - ساختمان اندوسپرم غیر یکنواخت است به طوری که هر چه به مرکز دانه نزدیک می‌شویم میزان کل پروتئین آن کمتر می‌شود اما در عوض کیفیت پروتئین (گلوٹن) آن افزایش می‌یابد. (میزان پروتئین در ناحیه مرکزی ۷/۵ درصد و در نزدیک پوشش خارجی دانه گندم ۱۶/۵ درصد است) اما میزان نشاسته هر چه به مرکز دانه نزدیک می‌شویم بیشتر می‌شود.
  - اندوسپرم دانه غلات آردی از تراکم کمتری نسبت به دانه‌های سخت برخوردار است.

<sup>۱</sup>.Radicula

<sup>۲</sup>.Scutellum

<sup>۳</sup>.Pentozan

<sup>۴</sup>. Protein bodies



### لایه آلرون<sup>۱</sup>!

آلرون در گندم، چاودار و یولاف از یک لایه و در جو از ۲ تا ۴ لایه سلول تشکیل شده است. به صورت کامل دانه را احاطه نموده و هر دو بخش جوانه و اندوسپرم را در برمی گیرد. خارجی ترین لایه اندوسپرم است.

آلرون از سلول‌هایی با دیواره ضخیم (۵۰ میکرون) تشکیل شده که ضخیم‌ترین لایه خارجی است. دارای پروتئین است اما پروتئین آن گلوتن نیست و از نظر طبقه‌بندی جزء گلوبولین‌ها به‌شمار می‌آید. این لایه کیفیت نانوائی آرد را به شدت کاهش می‌دهد در نتیجه در حین آسیابانی، این لایه همراه با پوسته خارجی و داخلی جدا می‌شود که اصطلاحاً به آن سبوس<sup>۲</sup> گفته می‌شود. لایه آلرون فاقد نشاسته است و نیمی از خاکستر دانه در این لایه ذخیره شده است.

- مقدار ویتامین نیاسین (B<sub>3</sub>) در این لایه زیاد می‌باشد.
- آلرون حاوی مقادیری اسید فیتیک می‌باشد که با آهن و کلسیم موجود در غذا تشکیل کمپلکس‌های غیر قابل جذب در بدن کرده و این عناصر را از دسترس بدن خارج می‌سازد. در این لایه علاوه بر پروتئین، چربی، فسفر، نیاسین، تیامین، مواد رنگی و آنزیم‌های مختلف نیز ذخیره می‌گردند.

**نکته:** نیمی از خاکستر دانه در این لایه ذخیره می‌شود.

### ۳- پوسته:

این لایه ۱۴/۵ درصد وزن گندم را شامل می‌شود و خود از قسمت‌های مشخص زیر تشکیل شده است.

#### الف) سه لایه پریکارپ<sup>۳</sup>، مزوکارپ<sup>۴</sup> و آندوکارپ<sup>۵</sup>

این لایه‌ها با هم حدود ۳ درصد وزن دانه را شامل می‌شوند و محتوی مواد معدنی بالا هستند. این سه لایه خارجی محافظ دانه می‌باشند.

#### ب) لایه تستا<sup>۶</sup>:

پیگمان‌های رنگی دانه گندم (گزانتوفیل‌ها) در این لایه قرار دارند بنابراین رنگ‌دانه گندم مربوط به این قسمت است. بخش یا لایه هیالین که لایه‌ای بی‌رنگ می‌باشد نیز جز این لایه است.

#### ج) لایه نیوسلار<sup>۷</sup>:

بخش غیر قابل نفوذ به رطوبت است که روی اندوسپرم قرار گرفته و آن را از رطوبت حفظ می‌کند.

**نکته:** پوسته و سبوس با هم متفاوت می‌باشند زیرا سبوس که در فرایند آسیاب کردن از دانه جدا می‌شود شامل پوسته خارجی (اولین پوسته)، پوسته داخلی (دومین پوسته) جوان و لایه آلرون است.

<sup>1</sup>. Aleuron layer

<sup>2</sup>. Bran

<sup>3</sup>. Peri Carp

<sup>4</sup>. Meso Carp

<sup>5</sup>. Endo Carp

<sup>6</sup>. Testa

<sup>7</sup>. Nucellar

مقدار ترکیبات بخش‌های گوناگون گندم

| نام ترکیب | اندوسپرم | جوانه | سیوس |
|-----------|----------|-------|------|
| رطوبت     | ۱۴       | ۱۱/۷  | ۱۳/۳ |
| پروتئین   | ۹/۶      | ۲۸/۵  | ۱۴/۴ |
| چربی      | ۱/۴      | ۱۰/۴  | ۴/۷  |
| خاکستر    | ۰/۷      | ۴/۵   | ۶/۳  |
| نشاسته    | ۷۲       | ۱۴    | ۸/۶  |
| همی سلولز | ۱/۸      | ۶/۸   | ۲۶/۲ |
| قند       | ۱/۱      | ۱۶/۲  | ۴/۶  |
| سلولز     | ۰/۲      | ۷/۵   | ۲۱/۴ |

### ترکیب گندم:

#### الف) پروتئین‌ها

پروتئین‌های گندم را معمولاً براساس حلالیت به چهار دسته زیر تقسیم می‌کنند:

۱- آلبومین: محلول در آب

۲- گلوبولین: محلول در آب نمک

۳- گلیادین (پرولامین): محلول در اتانل ۷۰ درصد

۴- گلوٹنین (گلوٹلین): غیر محلول در اتانل و محلول در سدیم دودسیل سولفات و اسید باز رقیق

مهم‌ترین پروتئین‌های گندم که پروتئین‌های گلوٹنی هستند شامل دو نوع گلوٹنین و گلیادین می‌باشد که به نسبت مساوی در دانه گندم موجود بوده و ۸۰ درصد پروتئین گندم از این دو می‌باشد. پروتئین‌های گلوٹنی که از نظر ناوایی بسیار حایز اهمیت هستند از نظر بیولوژیکی و تغذیه‌ای چندان کارآمد نیستند. ارزش بیولوژیکی پروتئین‌های جوانه و آلرون بیشتر از پروتئین‌های اندوسپرم است. پرولامین و گلوٹلین جزء پروتئین‌های ذخیره‌ای غلات به حساب می‌آیند که به دلیل اثراتی که در ساختار هر محصول دارند دارای خصوصیات منحصر به فردی می‌باشند. قدرت تشکیل خمیر برای نگهداری گاز را داشته و تولید فرآورده‌های ناوایی سبک می‌نمایند. این پروتئین‌ها را به دلیل عدم حلالیت در آب به راحتی می‌توان به شکل تقریباً خالص از سایر اجزاء گندم جدا نمود. گلیادین بخشی با وزن مولکولی کم و دارای قابلیت اتساع بالا (کشش پذیری) و الاستیسیته کم می‌باشد که پیوندهای دی‌سولفید آن از نوع درون مولکولی است.

• گلیادین در ایجاد حجم قرص نان نقش مهمی را دارا می‌باشد.

پرولامین در هریک از غلات به نام‌های مختلفی شناخته می‌شود که عبارتند از:

گندم: گلیادین

چاودار: سکالین

برنج: اوریزین

یولاف: آونین

ذرت: زئین

پیوندهای دی‌سولفید گلوتمین از نوع درون مولکولی و بین مولکولی می‌باشد. گلوتمین بخشی با وزن مولکولی زیاد، قابلیت الاستیسیته بالا و قدرت اتساع کم می‌باشد.

گلیادین دارای بار مثبت و گلوتمین دارای بار منفی می‌باشد به همین دلیل این دو پروتئین به سمت همدیگر جذب می‌شوند. علاوه بر نیروهای یونی، پیوندهای هیدروژنی، هیدروفوبی و پیوندهای دی‌سولفید بین دو مولکول برقرار است که تعیین‌کننده ویژگی‌های گلوتمین خواهد بود.

دسته دیگر پروتئینهای محلول هستند که شامل آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها می‌باشند این پروتئین‌ها شامل لکوزین، پروتئوز و گلوبولین می‌باشند. این گروه از نظر ارزش تغذیه‌ای مناسب بوده، ولی فاقد خاصیت نانوایی هستند.

در صورتیکه مقدار پروتئین گندم کم باشد آلبومین و گلوبولین درصد بالایی از کل پروتئین را تشکیل می‌دهند. اما اگر گندم دارای پروتئین بالایی باشد این دو جزء درصد کمی از کل پروتئین را به‌خود اختصاص می‌دهند. یعنی گندم‌های کم پروتئین نسبت به انواع با پروتئین بالا دارای گلیادین و گلوتمین کمتری هستند.

**نکته:** پروتئین در تمام بافت‌های دانه غلات یافت می‌شود در اندوسپرم تراکم پروتئین از مرکز به طرف پیرامون افزایش می‌یابد ولی خاصیت نانوایی آن کمتر می‌شود.

خارجی‌ترین لایه اندوسپرم یعنی لایه زیر آلرون بیشترین مقدار پروتئین (۴۵ درصد) را دارد در حالی‌که بقیه اندوسپرم به طور متوسط ۱۱ درصد پروتئین دارد.

• مقدار لیزین با میزان کل پروتئین در گندم رابطه عکس دارد. دانه‌های نارس گندم و جو مقادیر نسبتاً بالای آلبومین، گلوبولین و گلوتمین و مقادیر نسبتاً کمی پرولامین دارند اما در حین رسیدن دانه، افزایش مقدار پرولامین نسبت به سایر اجزا از شدت بیشتری برخوردار است.

همان‌طور که گفته شد چاودار پرولامینی به نام سکالین دارد که به نظر می‌رسد با گلیادین گندم یکسان باشد بنابراین از آرد چاودار نیز می‌توان نان تهیه نمود اما چاودار درصد نسبتاً بیشتری پروتئین‌های محلول در آب دارد بنابراین دارای اسیدهای آمینه ضروری بیشتری است. به همین علت پروتئین چاودار ارزش بیولوژیکی بیشتری نسبت به گندم دارد.

امروزه از هیبریدزاسیون گندم و چاودار غله‌ای به نام **تری‌تیکاله** به‌وجود آمده که ویژگی‌های مناسب هر دو غله را دارا می‌باشد. آرد تری‌تیکاله از نظر ویژگی‌ها و خواص عمل‌آوری بین آرد گندم و چاودار قرار دارد. آرد تری‌تیکاله به تنهایی جهت پخت نان مناسب نمی‌باشد که علت آن درصد بالای صدمه‌دیدگی نشاسته و فعال بودن نسبی آلفا آمیلاز آن مربوط می‌شود. در میان غلات، گندم پروتئین منحصر به فردی دارد که قادر است در صورت افزودن آب به آرد، اختلاط و زدن خمیر به توده به هم پیوسته‌ای به نام **گلوتمن** تبدیل گردد.

گلوتمن دارای خواص الاستیسیته و پلاستیسیته می‌باشد. که این خواص بیشتر به تأثیر متقابلی که بین اجزای تشکیل‌دهنده آن وجود دارد یعنی به پروتئین‌های غیرمحلول در آب شامل گلیادین و گلوتمین مربوط می‌باشد.

### نقش گلوتمن در صنایع پخت:

۱- گلوتمن روی ویژگی خمیر اثر داشته، موجب آبگیری آن می‌شود که اثرات زیر را به دنبال دارد.

- به‌هم پیوستگی خمیر را افزایش می‌دهد.
- موجب کشش خمیر می‌شود.
- سبب ایجاد الاستیسیته در خمیر می‌شود.

- وضعیت خمیر را حفظ می کند.
- قابلیت فرم پذیری ایجاد می کند.
- گازهای ناشی از فرایند تخمیر را در خود نگهداری می کند.

## ۲- گلوتن مغز نان را به وجود می آورد.

- در اثر حرارت گلوتن منعقد می شود.
- در اثر این تغییر فرم، گلوتن آب جذب نموده را از دست داده، به نشاسته می دهد.
- در اثر ادامه فرایند انعقاد، گلوتن سفت شده و بافت نان به وجود می آید.
- گلوتن کشش پذیری خود را از دست داده سفت می شود.

## ۳- گلوتن پوسته نان را به وجود می آورد.

- در اثر انعقاد و خشک شدن کامل، بافت سختی به نام پوسته در نان ایجاد می شود.
- در اثر انعقاد و سفت شدن، تردی و شکنندگی در پوسته نان ایجاد می شود.

به طور کلی پیوندهای شیمیایی در گلوتن دو گروه می باشند:

۱- پیوندهای کووالانسی: پیوندهای دی سولفید

۲- پیوندهای غیر کووالانسی: پیوند هیدروژنی، یونی، واندروالسی

پیوندهای کووالانسی شامل پیوندهای دی سولفید است که در ایجاد آن اسید آمینه سیستئین دخالت دارد. پیوندهای دی سولفید در گلوتن نقش مهمی در اتصالات عرضی زنجیره های پپتیدی دارد. بنابراین واکنش هایی که سبب اکسیداسیون عوامل سولفیدریل (SH) شده و باعث تبدیل به آن ها به عوامل دی سولفید S-S می شود سبب افزایش قوام و سفتی خمیر می گردد.

برعکس هرچه پیوندهای دی سولفید احیا شده و تبدیل به عوامل سولفیدریل گردد خمیر بستر تر می شود. مشخص شده که نسبت گروه دی سولفید به سولفیدریل  $\left(\frac{S-S}{SH}\right)$  در گندم های خوب که ارزش نانوائی بالایی دارند در حدود ۱۵ است. به طور کلی این نسبت در آردهای قوی بیش از ۷ است که در اثر ذخیره سازی انبارداری و نگهداری گلوتن سفت شده و درصد نسبی آن افزایش می یابد. اگر نسبت  $\frac{SS}{SH}$  خیلی زیاد باشد خمیر کم کش می آید و مقاومت آن در مقابل کشش خیلی زیاد می باشد.

## پیوندهای غیر کووالانسی مؤثر در گلوتن

### ۱- پیوندهای یونی

در صورت افزودن نمک طعام به خمیر اهمیت پیوندهای یونی بیشتر می شود. از طرفی با افزودن مقدار متناسب نمک طعام به خمیر قوام آن افزایش یافته و کشش آن زیاد می شود.

### ۲- پیوندهای هیدروژنی

پیوندهای هیدروژنی نقش مهمی را در خواص به هم پیوستگی و چسبندگی گلوتن به عهده دارند.

### ۳- پیوندهای هیدروفوب

این پیوندها در فرم‌پذیری یا الاستیسیته و مقاومت به کشش خمیر نقش دارند. به‌طور کلی پیوندهای کوالانسی و یونی در به هم پیوستگی و چسبندگی خمیر و پیوندهای هیدروژنی، قطبی و هیدروفوبیک در فرم‌پذیری خمیر نقش دارند. آلبومین و گلوبولین در مقایسه با پروتئین‌های غیرمحلول یعنی گلیادین و گلوتنین، حاوی لیزین، لوسین، آرژنین و سیستین بیشتری هستند.

درحالی‌که گلوتن حاوی اسیدگلوتامیک (در فرم آمیدی یعنی گلوتامین) و پرولین زیادی است. گلیادین در مقایسه با گلوتنین مقدار گلوتامین و پرولین بالاتری دارد اما مقدار لیزین در گلوتنین در سطح بالاتری است. آلبومین نسبت به گلوبولین حاوی گلوتامین بیشتری است درحالی‌که مقدار آرژنین و سیستین در گلوبولین بیشتر است. آلبومین دارای تریپتوفان بالایی است.

گلوبولین از نظر دارابودن گروه‌های SH و پیوندهای دی‌سولفید بالا از سایر پروتئین‌های گندم مجزا می‌شود. به‌طور کلی ارزش بیولوژیکی پروتئین غلات به‌ترتیب زیر است:

یولاف < چاودار < برنج < ذرت < گندم

پروتئین‌های جوانه و آلرون نسبت به پروتئین اندوسپرم ارزش تغذیه‌ای بیشتری دارند اما کیفیت ناوایی آن‌ها به شدت پایین‌تر است. بنابراین باید از آرد ناوایی خارج شوند.

### (ب) هیدرات‌های کربن

قسمت اعظم گندم و همه غلات دیگر را نشاسته تشکیل می‌دهد. نشاسته فقط در اندوسپرم یافت می‌شود.

نشاسته غلات حاوی مقدار کمی چربی است. چربی‌هایی که متصل به نشاسته می‌باشند عموماً از نوع قطبی هستند و بنابراین استخراج آن‌ها نیاز به حلال‌های قطبی مانند مخلوط متانول - آب می‌باشد.

گرانول‌های نشاسته در قسمت‌های مرکزی دانه بیشتر به‌صورت کروی و در بخش‌های نزدیک به لایه آلرون به‌صورت چند وجهی هستند. میزان نشاسته در دانه غلات بستگی به عواملی مانند شرایط جوی، درصد استخراج و عوامل نژادی دارد.

علاوه بر نشاسته در اندوسپرم، دکستروزین، سلولز و مواد قندی نیز یافت می‌شود به عنوان مثال در کربوهیدرات موجود در ذرت شیرین، دکستروزین‌ها بیشتر از نشاسته می‌باشند. اهمیت کربوهیدرات‌های دارای مولکول‌های کوچک از بعد قابلیت تخمیر شدن و نیز شرکت آن‌ها در تشکیل مواد طعم‌دهنده و ایجاد رنگ و نیز خواص امولسیفایری آن‌ها می‌باشد. موقع آسیاب کردن تقریباً تمام سلولز که در پوسته گندم قرار دارد حذف می‌شود.

چیزی در حدود ۶۵ درصد وزن دانه گندم را نشاسته تشکیل می‌دهد. نشاسته می‌تواند تا حدود  $\frac{1}{3}$  وزن خود آب جذب نموده و

متورم شود.

یکی از کربوهیدرات‌های مهم، پنتوزان‌ها می‌باشند، حدود ۷۵ درصد دیواره سلول‌های اندوسپرم را در گندم پنتوزان تشکیل می‌دهد. پنتوزان‌ها پلیمرهایی از پنتوزها نظیر آرابینوز و گزیلوز هستند. مقدار پنتوزان در افزایش ظرفیت جذب و نگهداری آب خمیر مؤثر است وجود پنتوزان‌های طبیعی یا افزوده شده به آرد موجب تأخیر در بیاتی نان می‌شوند.

کارایی پنتوزان‌ها تابع حلالیت آن‌ها است و از طرفی حلالیت پنتوزان تابع مقدار کلرورسدیم اضافه شده به خمیر می‌باشد. پنتوزان‌های محلول در آب یا آرابینوگزیلان به دو دسته با وزن مولکولی بالا و وزن مولکولی پایین تقسیم می‌شوند. آرابینوگزیلان‌های با

وزن مولکولی بالا دارای قدرت جذب آب بیشتر هستند هم زمان وجودشان موجب حجم بیشتر فرآورده و کم شدن سفتی مغز نان می‌شود. پنتوزان‌های نامحلول دارای انشعابات بیشتر و دارای قدرت جذب آب کمتری هستند. پنتوزان‌های با قدرت جذب آب بیشتر موجب تاخیر در رتروگراداسیون نشاسته می‌شوند زیرا قادرند با نشاسته کمپلکس تشکیل داده و مانع تغییرات فیزیکی آن طی مراحل روند بیاتی نان شوند.

**نکته:** پنتوزان‌ها برخلاف نشاسته ژلاتینه نشده و پس از خشک‌شدن رتروگرید (Retrograde) نمی‌شوند به همین جهت فرایند بیاتی نان را به تعویق می‌اندازند.

### اهمیت تکنولوژی کربوهیدرات‌ها

مهم‌ترین ویژگی کربوهیدرات‌ها جذب آب در خمیر است و علاوه بر آن سبب تشکیل ساختار و بافت داخلی نان می‌شوند. ساختار بافت درونی نان بدون گلوتن تشکیل می‌شود اما بدون نشاسته بوجود نمی‌آید. پنتوزان با وجود این که فقط ۲/۵ درصد وزنی خمیر هستند اما ۲۵ درصد آب را جذب می‌کنند. نشاسته نیز به سبب این که در مقادیر بسیار زیادی در آرد وجود دارد حدود ۵۰ درصد آب خمیر را جذب می‌کند.

نشاسته علاوه بر آب‌گیری در خمیر، یک ماده پرکننده نیز به‌شمار می‌آید و باعث به‌وجود آمدن ساختار محصول می‌شود. ویژگی و خصوصیات بافت درونی محصول تحت تأثیر درجه ژلاتیناسیون نشاسته و فعالیت آمیلولیتیکی آن قرار می‌گیرد. هرچه دمای ژلاتیناسیون بالاتر باشد نشاسته سریع‌تر تجزیه می‌شود. آردهایی که دمای ژلاتیناسیون آن‌ها حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد و یا بالاتر باشد، محصول نهایی خشک‌تر و با حجم و پوکی کمتر ایجاد نموده و محصول نهایی آن زودتر بیات می‌شود.

### ج) چربی‌ها

مقدار چربی دانه گندم در حدود ۳-۲ درصد است که به طور یکنواخت توزیع نشده و بیشترین آن در جوانه (۱۵/۵ درصد) و کمترین آن در اندوسپرم (۱ درصد) می‌باشد.

در ارتباط با چربی، آن‌ها را به دسته آزاد و متصل تقسیم می‌نمایند. که اختلاف آن‌ها براساس حلالیت می‌باشد. در صورتی که چربی در حلال غیرقطبی مانند اتر حل شود، از نوع آزاد و اگر برای استخراج آن نیاز به حلال قطبی باشد از نوع متصل به حساب می‌آید.

مواد چرب آرد گندم به سه دسته زیر تقسیم می‌شود:

### ۱) چربی‌های ساده یا تری‌گلیسریدها

در صورت استخراج به دلیل میزان بالای غیراشباعی به صورت مایع می‌باشند و به‌سرعت فاسد و رنسید می‌شوند به همین علت در موقع آسیاب کردن تا حد ممکن باید میزان چربی آرد را کاهش داد تا بتوان آرد را برای مدت زمان بیشتری نگهداری نمود. هم‌چنین در اثر عمل لیپاز نیز ممکن است لیپیدها تبدیل به اسیدهای چرب آزاد گردند و در نتیجه اندیس اسیدی افزایش یابد و به این ترتیب آرد فاسد گردد. (در دانه گندم سالم معمولاً مقدار اسیدهای چرب آزاد در حدود ۱۰-۴ درصد است).

### ۲) فسفولیپیدها

مهم‌ترین آن‌ها لسیتین (فسفاتیدیل کولین) است. این دسته لیپیدهای قطبی می‌باشند. ثابت شده که افزودن حدود ۱/۵ درصد لیپیدهای قطبی سبب افزایش حجم خمیر می‌شود اما لیپیدهای غیرقطبی سبب کاهش حجم خمیر می‌شوند.

### ۳) ترکیبات غیر قابل صابونی:

۵ درصد چربی آرد را شامل می‌شوند و شامل استرول‌ها، توکوفرول‌ها و گزانتوفیل می‌باشند.

- میزان چربی در یولاف ۷ درصد است که نسبت به سایر غلات از همه بیشتر است. یولاف در بین غلات بیشترین فعالیت لیپولیتیکی را دارد.

**نکته:** لیپیدها سبب افزایش درجه حرارت ژلاتیناسیون نشاسته می‌شوند و نیز قادرند بیاتی نان را به تأخیر انداخته و سبب تازه نگهداشتن نان شوند.

### ۵) مواد معدنی

میزان خاکستر گندم در حدود ۲-۱ درصد است. میزان مواد معدنی کاملاً به شرایط اقلیمی منطقه کشت غله وابسته است. میزان مواد معدنی در لایه آلرون، جوانه و پوسته زیادتر از سایر قسمت‌ها می‌باشد.

اصولاً املاح روی خواص نانوائی و کیفیت گلوتن تأثیر مثبتی دارند. هرچه آرد از لایه‌های خارجی‌تر استحصال شده باشد، مقدار املاح آن بیشتر می‌شود.

**نکته:** بیشترین میزان مواد معدنی در بین غلات در شلتوک برنج (۷/۲ درصد) وجود دارد.

- مقدار زیادی از فسفر به شکل اسید فیتیک یا اینوزیتول هگزافسفریک اسید در پوسته و جوانه متمرکز شده است. این ترکیب در آرد کامل بسیار بیشتر از آرد سفید می‌باشد اما بخش عمده‌ای از آن در فرایند تهیه نان (در صورت انجام یک تخمیر مناسب) از بین می‌رود اما در صورتی که در نان باقی بماند در دستگاه گوارش با کلسیم و آهن کمپلکس داده و آن‌ها را از دسترس بدن خارج می‌کند. هم‌چنین اسید فیتیک با املاح و اسید آمینه بازی و اسیدی از طریق جذب الکترواستاتیکی پیوند برقرار کرده و قابلیت دسترسی به آن‌ها را کم می‌کند در نتیجه باید فرآیند تخمیر به صورت مناسب انجام گیرد تا در اثر عمل آنزیم فیتاز مخمر این ترکیب نابود شود. اسید فیتیک یک ترکیب مقاوم به حرارت است و با پخت نان از بین نمی‌رود.

**نکته:** هر چه میزان اسید فیتیک آرد کمتر باشد مقدار بیشتری از آن در موقع تهیه نان از بین می‌رود.

- اسید فیتیک و نمک‌های آن (فیتات) در تهیه محصولات خمیری مثل ماکارونی تجزیه نمی‌شوند.

### روش‌های حذف اسید فیتیک:

- ۱- انجام عمل تخمیر مناسب بر روی خمیر: که در این صورت توسط آنزیم فیتاز مخمر، اسید فیتیک به ارتوفسفات و اینوزیتول تبدیل می‌گردد. (بهترین روش)
- ۲- افزودن کربنات کلسیم به آرد
- ۳- اضافه کردن مالت گندم (آرد گندم جوانه زده) به خمیر

### ه) ویتامین‌ها

ویتامین‌های اصلی موجود در گندم ویتامین‌های خانواده B و توکوفرول‌ها می‌باشند میزان کمی نیز ویتامین A در گندم وجود دارد. از گروه ویتامین‌های B، تیامین (ویتامین B1) در گندم اهمیت بیشتری دارد.

تیامین در اسکوتلوم تراکم یافته است ولی نیاسین در لایه آلرون قرار دارد. ریبوفلاوین در جوانه گندم زیاد است. پیریدوکسین در لایه آلرون و جوانه متمرکز است.

گندم حاوی  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\Delta$  توکوفرول است.  $\alpha$  توکوفرول بیشتر در جوانه و  $\gamma$  توکوفرول عمدتاً در سبوس و اندوسپرم واقع شده است به طور کلی روغن جوانه غلات سرشار از توکوفرول می‌باشد. اندوسپرم تقریباً عاری از توکوفرول می‌باشد.

## و) آنزیم‌ها

مهم‌ترین آنزیم‌های غلات به‌طور خلاصه عبارتند از:  
 آمیلازها، پروتئینازها، پنتوزانازها، استرازها و لیپوکسی ژنازها

### آمیلازها:

آنزیم‌هایی از گروه هیدرولازها هستند که اتصالات گلیکوزیدی را هیدرولیز می‌کنند از این گروه می‌توان به  $\alpha$  و  $\beta$  آمیلاز (دیاستاز) اشاره کرد.

$\alpha$  آمیلاز یک اندوآنزیم است که به‌طور تصادفی اتصالات  $(1 \rightarrow 4)$  نشاسته را هیدرولیز می‌کند. آلفا آمیلاز را می‌توان از منابع باکتریایی (باسیلوس سوبتیلیس)، کپکی (آسپرژیلوس اوریزا) و گیاهی (مالت) به‌دست آورد. مقاومت حرارتی آمیلازها به‌صورت باکتریایی < مالتی < کپکی است. فعالیت این آنزیم در دانه‌های سالم غلات کم است اما به‌دنبال جوانه‌زدن میزان آن چندین برابر افزایش می‌یابد. جهت سنجش فعالیت  $\alpha$  آمیلاز می‌توان از آمیلوگراف و فالینگ نامبر (که هر دو ویسکوزیته نسبی را اندازه‌گیری می‌کنند) استفاده کرد.

$\beta$  آمیلاز یک اگزوآنزیم است که از انتهای غیر احیاکننده آمیلوز، واحدهای متوالی مالتوز را جدا می‌کند. آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز مشترکاً نشاسته را سریعتر و کاملتر از زمانی که هر یک به‌تنهایی به کار روند می‌شکنند هرگاه که آلفا آمیلاز بر نشاسته اثر می‌کند یک مولکول جدید با انتهای غیر احیا کننده تولید می‌کند که مناسب حمله بتا آمیلاز می‌شود. pH مناسب برای فعالیت آلفا آمیلاز در حدود ۴/۵ است. این شاخص در مورد بتا آمیلاز کمی بیشتر می‌باشد. همچنین بتا آمیلاز نسبت به  $\alpha$  آمیلاز نسبت به حرارت حساس‌تر می‌باشد.

گلوکوامیلاز آنزیم دیگری است که هم اتصالات  $(1 \rightarrow 4)$  و هم  $(1 \rightarrow 6)$  را می‌شکند بنابراین محصول آن گلوکز است.

**نکته:** نشاسته طبیعی به‌وسیله آمیلاز بسیار کند هیدرولیز می‌شود. در اثر ژلاتینه‌شدن نشاسته، آمیلاز به آسانی روی آن اثر کرده و سبب تجزیه نشاسته می‌شود. هر چند اگر زمان کافی به آن داده شود بر گرانول‌های نشاسته نیز مؤثر خواهد بود.

• پولولاناز آنزیم دیگری است که تنها اتصالات  $(1 \rightarrow 6)$  را هیدرولیز می‌کند.

### پروتئینازها:

پروتئینازها را می‌توان به پروتئازها (که قادرند مولکول‌های پروتئین را بشکنند) و پپتیدازها (که قادرند پپتیدها را تجزیه نمایند) طبقه‌بندی نمود.

فعالیت پروتئازها در غله سالم و فراورده‌های آردی حاصل از آن‌ها در سطح پایینی قرار دارد. مقدار مطلوب پروتئاز در طی آماده‌سازی غلات و آرد می‌تواند بسیار متفاوت باشد که این موضوع به کیفیت گلوتن و محصول موردنظر بستگی دارد.

افزودن پروتئینازها در هنگام آماده‌سازی به آردهای دارای گلوتن قوی سبب گسترش سریع‌تر خمیر شده و سبب کشش بیشتر آن یا شل شدن آن می‌شود هم‌چنین طعم و بوی محصولات پخت زیاد می‌شود. افزوده‌شدن پروتئینازها در تهیه خمیر بیسکویت سبب نرم شدن و قالب‌خوردن بهتر آن می‌شود.



### لیپازها:

آنزیم‌های لیپولیتیکی مثل لیپازها و استرازها می‌باشند. در آرد و فراورده‌های آردی لیپولیز یا تجزیه چربی سریع‌تر از دانه سالم غلات، انجام می‌شود. به همین جهت قابلیت نگهداری فراورده‌های آردی در مقایسه با غلات کوتاه بوده و به میزان لیپید و شرایط نگهداری بستگی دارد.

### لیپوکسی ژنازها:

این آنزیم‌ها، اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع را کاتالیز می‌کنند و آن‌ها را تبدیل به هیدروپراکسید می‌کنند. هیدروپراکسید در مرحله بعد تجزیه شده، اکسیژن آزاد می‌کند که اکسیژن گروه‌های سولفیدریل (SH) را به گروه‌های دی‌سولفید (S-S) اکسید می‌کند. در نتیجه تولرانس یا تحمل تخمیر خمیر بالا می‌رود.

انواع مختلفی لیپوکسی ژناز وجود دارد که تفاوت عمده آن‌ها در حمله به اسید چرب موجود بر روی تری‌گلیسرید و یا اسیدهای چرب آزاد می‌باشد. به‌عنوان مثال لیپوکسی ژناز موجود در سویا به تری‌گلیسرید حمله می‌کند در حالی که لیپوکسی ژناز گندم بر اسیدهای چرب آزاد مؤثر می‌باشد.

هم‌چنین لیپوکسی ژناز، اثر سفیدکنندگی روی آرد دارد که این امر در آرد نانوائی بسیار مطلوب می‌باشد ولی در آرد ماکارونی به‌علت از بین بردن رنگ زرد مناسب ماکارونی نامطلوب است.

### فیتازها:

آنزیم‌های بسیار مهمی هستند که در گندم به مقدار کمی وجود دارد و منبع اصلی آن مخمر نانوائی می‌باشد که در صورت انجام تخمیر مناسب سبب تجزیه و شکسته شدن اسیدفیتیک (اینوزیتول هگزافسفریک اسید) می‌شود در غیر این صورت اسیدفیتیک، به‌عنوان یک ترکیب چنگالی‌کننده آهن، کلسیم و روی را از بدن دفع می‌نماید.

| محصول   | سویسترا           | آنزیم        |
|---|-------------------|--------------|
| دکسترین، گلوکز، مالتوز، مالتو و اولیگوساکارید | نشاسته            | آلفا آمیلاز  |
| مالتوز و دکسترین                              | نشاسته            | بتا آمیلاز   |
| پپتیدها، آمینواسیدها                          | پروتئین و پپتیدها | پروتئاز      |
| قند   | پنتوزان           | پنتوزاناز    |
| اسید چرب اکسیدشده، هیدروپراکسید               | اسید چرب آزاد     | لیپوکسی ژناز |

تأثیر تکنولوژی مهم‌ترین آنزیم‌ها در غلات

### مشخصات کیفی گندم

مشخصات گندم معمولاً براساس مناسب بودن آن برای مصرف نهایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و شامل عوامل فیزیکی و شیمیایی مختلف به شرح زیر است:

## ۱ - عوامل فیزیکی مؤثر در کیفیت گندم

### الف) وزن حجمی<sup>۱</sup>

یکی از ساده‌ترین معیارهای کیفی گندم وزن حجمی آن است. در بیشتر کشورها واحد آن کیلوگرم بر هکتولیترا می‌باشد اما در امریکا و کانادا واحد پوند بر بوشل<sup>۲</sup> را به کار می‌برند.

عوامل مؤثر بر روی وزن حجمی عبارتند از شکل، یکنواختی و دانسیته دانه. اما اندازه دانه بروی وزن حجمی تأثیر کمی دارد. وزن حجمی یک اندیس تقریبی برای درجه استحصال آرد می‌باشد. گندم‌های با وزن حجمی بالا آرد بیشتری تولید می‌کنند. میزان رطوبت دانه نیز بر روی این فاکتور تأثیر دارد. به طور کلی هر چه دانه یکنواخت توپر و فاقد مواد خارجی بوده و رطوبت پایینی داشته باشد وزن هکتولیترا افزایش می‌یابد.

اگر دانه‌ها لاغر و چروکیده و حاوی مواد خارجی بوده و یا رطوبت بالایی داشته باشند وزن هکتولیترا کاهش می‌یابد.

### ب) وزن دانه<sup>۳</sup>

وزن دانه گندم تابعی از اندازه و دانسیته دانه می‌باشد و معمولاً وزن هزار دانه گندم را تعیین و مورد استفاده قرار می‌دهند. هر چه اندازه دانه گندم بزرگتر باشد نسبت اندوسپرم به قسمت‌های غیراندوسپرم بیشتر است و بالعکس. لذا این فاکتور برای تعیین میزان آرد حاصل از گندم مفید می‌باشد. عملاً تعیین وزن حجمی گندم کاربرد بیشتری از این روش دارد.

| نوع دانه                 | گندم    | چاودار  | جو      | یولاف   |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| وزن هزار دانه بر گرم     | حدود ۳۲ | حدود ۲۵ | حدود ۳۴ | حدود ۲۸ |
| وزن هکتولیترا به کیلوگرم | ۶۵-۸۴   | ۶۰-۸۰   | ۵۰-۷۶   | ۳۳-۶۰   |

### ج) شکل و اندازه دانه<sup>۴</sup>

اندازه دانه بستگی زیادی به وزن آن دارد و بنابراین روی میزان آرد حاصله مؤثر است.

### د) سختی دانه<sup>۵</sup>

سختی دانه با میزان پروتئین آن نسبت مستقیم دارد. بنابراین نوع مصرف دانه گندم را تعیین می‌نماید برای تولید نان از آرد گندم سخت و برای تولید کیک و بیسکویت از آرد گندم نرم استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری سختی دانه از دستگاه mechanical hardness tester استفاده می‌شود.

<sup>۱</sup>. Test weight

<sup>۲</sup>. Bushel

<sup>۳</sup>. Kernel Weight

<sup>۴</sup>. Kernel size and shape

<sup>۵</sup>. Kernel Hardness

### ه) زجاجیت<sup>۱</sup> یا شیشه‌ای بودن گندم

این عامل نیز با سختی گندم و به همین دلیل با میزان پروتئین ارتباط دارد. این پارامتر به صورت تقریبی ارزیابی می‌شود.

### و) رنگ<sup>۲</sup>

از نظر رنگ، گندم به دو دسته سفید و قرمز تقسیم می‌شود. این دو رنگ اصلی، وراثتی بوده مربوط به وارثه گندم می‌باشد اما تغییرات رنگ به صورت‌های دیگر به عوامل محیطی وابستگی دارد.

گندم‌های قرمز دارای پروتئین بالاتر و گندم‌های سفید دارای پروتئین کمتری هستند. استفاده از گندم سفید برای تولید چایاتی بسیار متداول است. اما در مورد ماکارونی استفاده از دوروم سفید مناسب‌تر از دوروم قرمز است.

### ز) دانه‌های آسیب‌دیده گندم<sup>۳</sup>

دانه گندم ممکن است در اثر عوامل مختلفی در مزرعه قبل از برداشت، حین برداشت یا در حین عملیات خشک کردن آسیب ببیند. دانه گندم قبل از برداشت ممکن است به دلیل رطوبت بالای هوا زوی پایه جوانه بزند در این حالت مقدار آلفا آمیلاز آن افزایش می‌یابد در نتیجه خمیر چسبنده شده و قدرت جذب آب آن کاهش می‌یابد این امر سبب می‌شود بازدهی محصول حاصل از آرد هم کاهش یابد.

میزان خیلی کم دانه‌های جوانه زده موجود در گندم ممکن است برای گندم‌هایی که جهت تولید آرد نان مصرف می‌شوند مفید باشد مخصوصاً اگر این گندم‌ها مربوط به مناطق خشک باشند که مقدار آلفا آمیلاز آرد آن‌ها بسیار پایین است. راه‌های دیگر جبران فعالیت آنزیمی کم می‌تواند افزودن عصاره مالت و یا اختلاط با گندم‌های مناسب‌تر و یا طولانی‌تر کردن زمان تخمیر نهایی خمیر باشد.

یخبندان شدید در هنگام نارس بودن گندم سبب چروکیدگی گندم و بالا رفتن خاکستر آن می‌شود هم‌چنین ممکن است رنگ محصول خاکستری شود. حرارت دیدن زیاد گندم در هنگام خشک شدن و یا رطوبت زیاد در هنگام نگهداری که سبب رشد قارچ‌ها و یا جوانه زدن گندم می‌شود نیز از عوامل آسیب دیدن گندم هستند.

### ح) ناخالصی‌ها<sup>۴</sup>

به طور کلی تمام مواد موجود در محصول غیر از دانه‌های سالم، یکدست و یکنواخت را *Besatz* یا *dockage* می‌نامند. این ناخالصی‌ها که افت نیز نامیده می‌شوند به دو نوع افت مفید و غیرمفید تقسیم می‌شوند.

افت مفید: دانه‌های شکسته گندم هستند که قابلیت آسیاب شدن را دارند.

افت غیر مفید: شامل بذر علف‌های هرز، گندم‌های سیاه‌زده و زنگ‌زده، فضولات حیوانی و سایر مواردی است که باید حتماً

قبل از آسیاب شدن از گندم جدا شوند.

• اصولاً افت غیرمفید در گندم باید کمتر از ۱ درصد و افت مفید کمتر از ۴ درصد باید باشد.

<sup>۱</sup>. vitreousness

<sup>۲</sup>. color

<sup>۳</sup>. Damaged Kernel

<sup>۴</sup>. Impurities

### ط) کیفیت آسیابانی<sup>۱</sup>

مهم‌ترین خصوصیت آسیابی گندم تولید آرد یا سمولینای حاصل از آن است. به طور متوسط بازدهی تولید آرد باید در حدود ۷۲ درصد و بازدهی تولید سمولینا در حدود ۵۸ درصد باشد. برای تعیین این منظور در کارخانه‌های آرد از آسیاب‌های کوچک آزمایشگاهی جهت تعیین میزان آرد نمونه استفاده می‌شود.

### ۲- عوامل شیمیایی مؤثر بر کیفیت گندم

#### الف) رطوبت<sup>۲</sup>

مقدار رطوبت گندم در مناطق مرطوب در حدود ۱۴ درصد و در نقاط خشک حدود ۸ درصد است معمولاً در موقع خشک کردن نیز گندم تا کمتر از ۱۳ درصد خشک نمی‌شود.

#### ب) مقدار پروتئین<sup>۳</sup>

در موقع انتخاب گندم برای هر منظوری باید کمیت و کیفیت پروتئین آن تعیین شود. آبیاری در موقع رسیدن گندم سبب کاهش مقدار پروتئین دانه می‌شود ولی دادن کود ازت در هنگام رسیدن دانه سبب افزایش مقدار پروتئین آن می‌شود. معمولاً برای تعیین پروتئین از روش کلدال استفاده می‌شود (فاکتور پروتئین گندم ۵/۷ است) اما از آنجایی که این روش از یکسو سریع نمی‌باشد و از سوی دیگر مقدار ازت دانه را اندازه‌گیری می‌کند امروزه از متدهای سریع دیگری جهت این منظور استفاده می‌شود. مثلاً از روش colman که براساس روش دوما کار می‌کند و یا از روش فتومتری یا زلنی استفاده می‌شود. مقدار پروتئین لازم برای یک‌سری از فرآورده‌های غلات به شرح زیر است :

| درصد پروتئین | فرآورده                    |
|--------------|----------------------------|
| ۱۳           | ماکارونی                   |
| ۱۰ - ۱۱      | کراکر                      |
| ۹ - ۹/۵      | کیک                        |
| ۱۲ - ۱۳      | نان‌های قالبی <sup>۴</sup> |
| ۱۲           | نان‌های تخمیری             |
| ۸/۵ - ۱۰/۵   | بیسکویت                    |
| ۸ - ۹        | شیرینی‌جات                 |

#### ج) کیفیت پروتئین<sup>۵</sup>

علاوه بر تعیین مقدار پروتئین گندم، باید کیفیت پروتئین نیز تعیین شود. برای تعیین کیفیت پخت گندم از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود:

۱. Milling Quality  
 ۲. Moisture Content  
 ۳. protein content  
 ۴. Pan breads  
 ۵. Protein Quality

### ۱- مدت زلنی<sup>۱</sup> یا اندازه‌گیری عدد رسوبی:

در روش زلنی ذرات آرد را در استوانه مدرجی که محتوی ایزوپروپانل و اسیدلاکتیک رقیق می‌باشد به حالت معلق درآورده و از روی میزان ته‌نشین شدن<sup>۲</sup> ذرات در محلول که از روی درجات استوانه مشخص می‌شود کیفیت گلوتن پخت آرد را تعیین می‌کند. هر چه درجه هیدراته شدن ذرات در این محلول بیشتر باشد و به ارتفاع بیشتری دست یابند، گلوتن کیفیت بهتری دارد. چنانچه عدد سدیمانتاسیون بر مقدار درصد پروتئین تقسیم شود عددی حاصل می‌شود که آن را *specific sedimentation value* می‌نامند که آن را به عنوان کیفیت گلوتن به کار می‌بریم و از حدود ۳ درصد برای آردهای ضعیف تا ۷۰ درصد برای آردهای قوی متغیر است.

۲ - اندازه‌گیری ویسکوزیته: روش دیگر، امتحان ویسکوزیته می‌باشد که با دستگاه *mac Michael Viscosimeter* اندازه‌گیری می‌شود.

### ۳ - آزمون پلشنک<sup>۳</sup>:

در این روش گندم را خرد کرده و با سوسپانسیون مخمر آن را مخلوط کرده تا تبدیل به خمیر گردد. خمیر حاصل را به شکل گلوله‌های کوچک در می‌آورند و آن‌ها را در آب با درجه حرارت ثابت غوطه‌ور می‌کنند. بعد از مدتی گلوله‌های خمیر از هم پاشیده می‌شوند. مدت زمان سپری شده از لحظه غوطه‌ور کردن گلوله‌های خمیر در آب تا شروع متلاشی شدن آن‌ها را عدد آزمون پلشنک می‌نامند که این مدت زمان برای گندم‌های ضعیف ۳۰ دقیقه و برای گندم‌های قوی تا ۴۰۰ دقیقه می‌باشد. این عدد تحت تأثیر هم کیفیت و هم کمیت پروتئین می‌باشد. اگر عدد حاصله را به درصد پروتئین تقسیم کنیم عدد حاصله معیاری از کیفیت گلوتن خواهد بود.

۴ - استفاده از منحنی فارینوگرام و اکستنسوگرام

### ج) اسیدیته چربی<sup>۴</sup>

اسیدیته چربی آرد عامل بسیار مهمی در تعیین کیفیت ماندگاری آن است اسیدیته چربی گندم سالم حدود ۲۰ است در حالی که در گندم فاسد این میزان حدود ۱۰۰ و یا حتی بیشتر است که قابلیت ماندگاری آن را به شدت کاهش می‌دهد.

### د) خاکستر و فیبر خام<sup>۵</sup>

این عوامل هر دو بیشتر در سبوس هستند و بنابراین معرف مناسبی از بازدهی آرد می‌باشند دانه‌های کوچک و چروکیده نسبت به دانه‌های درشت و صاف دارای درصد سبوس بیشتر و در نتیجه مقدار فیبر خام و خاکستر بالایی هستند لذا راندمان آرد حاصله از آن‌ها پایین خواهد بود. فیبر خام گندم ۲-۲/۷ درصد و خاکستر آن حدود ۰/۴-۲ درصد است.

<sup>۱</sup>. zeleny  
<sup>۲</sup>. sedimentation  
<sup>۳</sup>. Pelshenke test  
<sup>۴</sup>. Fat Acidity  
<sup>۵</sup>. Crude Fiber and Ash

## صدمات وارد به گندم در مزرعه

### الف) بیماریهای قارچی

از دسته این بیماریها می توان به زنگ گندم که به وسیله گونه های جنس *Puccinia* ایجاد می شود و یا سیاهک گندم که توسط قارچ *Tilletia caries* ایجاد می شود اشاره کرد.

• دانه های مبتلا به سیاهک پنهان سبک تر از دانه های سالم هستند و هنگام تمیز کردن می توان آن ها را توسط هوادهی یا معلق کردن در هوا از دانه های سالم جدا کرد.

### ب) آفات

شامل نماتودها (کرم های لوله ای) و سن گندم می باشد.

### سن گندم

این آفت به بوته گندم حمله می کند، دانه های نرسیده را سوراخ نموده و به همراه خود، آنزیم پروتئولیتیک (پروتئاز بزاق) وارد گندم می کند و سبب ایجاد نقاط قهوه ای رنگ با هاله ای سفید به دور آن روی دانه می شود.

دراثر این عمل الاستیسیته گلوتن کاهش یافته و سبب شل شدن خمیر حاصل می شود خمیر حاصل از آرد گندم سن زده دارای فعالیت پروتئولیتیکی بالایی است برای رفع این مشکل معمولاً از روش های زیر استفاده می شود:

- ۱ - افزودن نمک به خمیر
- ۲ - اختلاط گندم سالم و سن زده
- ۳ - بخار دادن گندم برای چند ثانیه و یا ۳۰ دقیقه حرارت دادن با دمای  $72^{\circ}\text{C}$  سبب غیرفعال شدن آنزیم سن می گردد.
- ۴ - افزایش اسیدیته خمیر: معمولاً از اسید آسکوربیک استفاده می شود. از آنجاییکه pH اپتیمم آنزیم پپتیداز سن حدود ۸/۵ است لذا با این عمل جلوی فعالیت این آنزیم گرفته می شود.

**نکته:** اسید آسکوربیک ضمن اسیدی کردن محیط به سبب اکسندگی بودن سبب اکسید شدن گروه های سولفیدریل (SH) و تبدیل آن ها به پیوندهای دی سولفید (S-S) می شود. در نتیجه باعث افزایش استحکام گلوتن می شود.

۵ - واحد شرایط کردن گندم در هنگام تولید آرد.

۶ - کوتاه کردن زمان تخمیر به جهت انجام پروتئولیز کمتر.

### نگهداری گندم

از آن جا که دانه گندم موجودی زنده و تنفس کننده است بنابراین در نگهداری آن باید نهایت دقت را به ویژه در مورد رطوبت نسبی و دما و نور به کار برد تا حداقل تغییرات نامطلوب را در گندم داشته باشیم. افزایش درجه حرارت غله در طول مدت نگهداری در انبار خود گرمایی نامیده می شود که به دو دسته زیر تقسیم می گردد.

الف) خود گرمایی مرطوب

ب) خود گرمایی خشک

الف) خود گرمایی مرطوب: زمانی که رطوبت غله بیشتر از ۱۷٪ باشد به وجود می‌آید. درجه حرارت غله تا ۵۰ الی ۶۰ درجه سانتی‌گراد زیاد می‌شود.

ب) خود گرمایی خشک: در اثر فعالیت آفات انباری ایجاد می‌شود. درجه حرارت غله حداکثر به ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در اثر پدیده خود گرمایی، جوانه و تا حدود زیادی اندوسپرم دانه تغییر رنگ می‌دهد. قوه نامیه بذر کاهش می‌یابد، بازدهی آرد و قابلیت پخت و ارزش نانوائی به میزان قابل ملاحظه‌ای کم می‌شود. در پدیده خود گرمایی اگر رطوبت غله در سطح بالایی باشد (خود گرمایی مرطوب) به دلیل اینکه غله، دما را به خوبی انتقال نمی‌دهد احتمال فساد یا سوختگی دانه افزایش می‌یابد. برای جلوگیری از ایجاد پدیده خود گرمایی در غلات در طول دوره نگهداری استفاده از یک سیستم تهویه و جابه‌جایی هوا در انبار ضروری می‌باشد.

هرگاه رطوبت گندم ۱۴ درصد و دما در حدود  $20^{\circ}\text{C}$  باشد تنفس کند می‌باشد ولی با بالا رفتن حرارت و رطوبت، تنفس به شدت تسریع می‌شود. قارچ‌ها می‌توانند در محموله گندمی با رطوبت بین ۳۰-۱۶ درصد رشد نموده و میکوتوکسین تولید نمایند. در صورت بالا رفتن رطوبت از ۳۰ درصد باکتری‌ها هم قادر خواهند بود روی دانه رشد کنند. این موضوع منجر به فساد، تولید حرارت بیشتر و حتی زغالی شدن گندم می‌شود.

هنگامی که درجه حرارت به  $60^{\circ}\text{C}$  برسد باکتریها از بین می‌روند با افزایش درجه حرارت حشرات هم فعالتر شده و تنفس حشرات زنده موجود در غله نیز موجب افزایش بیشتر حرارت می‌شود. هم‌چنین حیوانات موزی مثل انواع موش‌ها نیز علاوه بر مصرف بخش زیادی از غلات، باقی‌مانده آن‌ها را نیز به فضولات آلوده می‌کنند.

معمولاً حداکثر رطوبت را برای انبار کردن دانه‌های سالم اگر به صورت فله یا در کیسه‌های روی هم انباشته و بدون تهویه باشد در  $18^{\circ}\text{C}$  برای ۴ هفته نگهداری، ۱۷ درصد و برای ۶ ماه نگهداری، ۱۵ درصد تعیین نموده‌اند.

این موضوع را باید خاطر نشان کرد که تبادل هوا در میان توده غله آهسته‌تر از غلات کیسه شده است.

به سبب افزایش دما و رطوبت نسبی در داخل توده غله به علت تنفس، توده‌های گندم طی مراحل نگهداری باید هوادهی شوند این عمل به وسیله FAN و یا به وسیله زیرورو کردن غله انجام می‌شود.

### مزایای نگهداری گندم

۱ - جلوگیری از افت کیفیت: با اعمال شرایط ویژه می‌توان کنترل صحیح روی محصول داشت و از بروز واکنش‌های ناخواسته جلوگیری کرد.

۲ - مبارزه با آفات

۳- مزیت دیگر نگهداری گندم بیشتر از جنبه اقتصادی حائز اهمیت است. به دلیل برداشت یکباره محصول از مزرعه و تقاضای کم و تدریجی به آن از سوی صنایع مصرف‌کننده نیاز به این است که حجم زیادی از محصول را ذخیره و آن را به تدریج و موقع نیاز عرضه نمود.

### روش‌های مختلف نگهداری غلات

#### ۱- نگهداری خود به خود:

این روش بیان کننده این واقعیت است که شدت تنفس دانه غله با کم شدن میزان اکسیژن هوا محدود و با حذف آن متوقف می‌شود. در این شرایط فعالیت حیاتی میکروارگانیسم‌های هوازی نیز کاهش می‌یابد. در این روش از انبارهای نگهداری غیرقابل نفوذ به هوا استفاده می‌شود. پس اولین شرط خودنگهداری یا نگهداری خود به خود غله، مسدود و غیرقابل نفوذ بودن سیلو است. بنابراین بدنه و جنس سیلو باید فلزی و رطوبت دانه کمتر از ۲۰ درصد و حرارت آن نیز ۱۸ درجه سانتی‌گراد باشد.

برای جلوگیری از رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی، رطوبت دانه باید کمتر از ۱۷ درصد باشد. برای آنکه شدت تنفس کاهش پیدا نکرده و اکسیژن موجود در هوای کندو سریع مصرف شود و در نتیجه غلظت گاز CO<sub>2</sub> افزایش یابد درجه حرارت دانه نباید خیلی پایین باشد. از طرف دیگر باید اقداماتی معمول داشت که هوای درون کندو از حد و مرز معینی تجاوز نکند زیرا در غیر این صورت دانه فاسد خواهد شد.

### ۲- ذخیره‌سازی غلات با استفاده از گازهای پرکننده:

گازهای پرکننده، گازهای غیر فعالی هستند که واکنشی با سایر مواد نشان نمی‌دهند. در اثر جایگزین کردن هوا با گازهای پرکننده، تنفس دانه غلات و همچنین فعالیت حیاتی میکروارگانیسم‌های هوازی متوقف می‌شود. مهمترین گازهای مورد استفاده، گاز ازت و دی‌اکسید کربن می‌باشد. نگهداری غلات از این طریق علاوه بر مسائل و مشکلات تکنولوژیکی به دلیل غیرقابل نفوذ ساختن کندو از نظر هوا مستلزم هزینه زیادی است.

### ۳- ذخیره سازی غلات از طریق بکارگیری مواد شیمیایی:

در این روش دانه‌های غله را به نسبت مناسبی از اسیدهای آلی از قبیل اسید منوکربنیک، اسید پروپیونیک، اسید فرمیک و اسید سوربیک مخلوط کرده و به صورت مرطوب نگهداری می‌کنند. اسیدهای مذکور به آرامی تجزیه شده و از رشد کپک‌ها و باکتری‌ها جلوگیری می‌کنند. از طرفی این اسیدها باعث متوقف شدن فعالیت حیاتی دانه‌های غله نیز می‌شوند. بدین ترتیب که قوه نامیه بذر را از بین می‌برند. میزان مصرف اسیدهای آلی به رطوبت دانه و مدت زمان ذخیره‌سازی بستگی دارد. این روش مستلزم هزینه و تکنولوژی پیشرفته می‌باشد، از طرفی با توجه به اثرات خوردگی اسیدها، بدنه فلزی سیلو باید با ماده مناسبی روکش داده شود یا از مواد مقاوم به اسید در جنس بدنه داخلی سیلوه‌ها استفاده نمود. امروزه به علت مشکلات و خطراتی که مواد شیمیایی برای انسان به وجود می‌آورند. از چنین روشی جهت نگهداری غله برای خوراک دام و طیور استفاده می‌شود.

### ۴- ذخیره‌سازی غلات با استفاده از اوره

در واقع تاثیر نگهداری این روش مربوط به اوره نبوده بلکه مربوط به آمونیاکی است که از طریق تجزیه آنزیماتیکی اوره توسط اوره‌آز آزاد می‌شود. این فرآیند زمانی اتفاق می‌افتد که رطوبت غله حداقل ۲۰ درصد باشد. احتمال می‌رود که میکروارگانیسم‌های موجود در غله بتوانند آنزیم اوره‌آز را تولید و اوره را تجزیه نموده و در نتیجه آب مورد نیاز خود را تأمین نمایند. آمونیاک حاصله از تجزیه اوره روی کنترل و تنظیم فرآیندهای حیاتی دانه مستقیماً اثر داشته و علاوه بر آن تأثیر قارچ کشی و تا حدی باکتری کشی دارد. در این روش نیازی به انبار مخصوص و غیرقابل نفوذ از نظر هوا نمی‌باشد زیرا آمونیاک سبکتر از هوا می‌باشد بنابراین قسمت زیادی از گاز آمونیاک در قسمت سطحی و فوقانی توده غله متراکم شده در حالی که قسمت تحتانی تقریباً عاری از آمونیاک می‌باشد.

برخلاف ذخیره‌سازی از طریق بکارگیری اسیدهای آلی در روش نگهداری غله از طریق اوره درجه حرارت به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. در ضمن برخلاف روش نگهداری شیمیایی، این روش مستلزم تجهیزات و تکنولوژی پیشرفته نمی‌باشد. رطوبت دانه غله در این روش بایستی بیش از ۲۰ درصد باشد لذا این روش نگهداری ظاهراً کاربرد بیشتری داشته و می‌تواند در مناطقی که رطوبت غله در سطح بسیار بالایی بوده و سیلوه‌های نگهداری از نظر ظرفیت و جا و همچنین سیستم‌های خشک کردن با محدودیت‌هایی روبرو می‌باشند مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر است که این نوع روش نگهداری برای غلاتی که مورد مصرف خوراک حیوانات به ویژه نشخوارکنندگان قرار می‌گیرند کاربرد دارد.



## سیلوهای نگهداری گندم

سیستم ایده‌آل برای نگهداری گندم، سیلو می‌باشد. سیلوه‌ها از جنس بتون مسلح و یا فلز ساخته می‌شوند و براین اساس به دو نوع تقسیم می‌شوند:

### الف) سیلوهای بتونی

یکی از مهمترین و مقاوم‌ترین روش ذخیره‌سازی غلات استفاده از سیلوهای بتونی می‌باشد. این سیلوه‌ها از یک و یا تعداد زیادی مخزن استوانه‌ای و یا چند ضلعی که آن را اصطلاحاً کندو می‌نامند تشکیل شده است. قطر هر کندو در حدود ۸ الی ۱۲ متر می‌باشد. کندوها به همدیگر مرتبط بوده و در داخل آن‌ها عوامل مختلف به سادگی کنترل می‌شوند. سیلوه‌ها مجهز به سیستم پنوماتیک هستند از این رو نقل و انتقال مواد داخل آن‌ها به سهولت صورت می‌گیرد.

### مزایا و معایب سیلوهای بتنی

#### مزایا:

- ۱- طول عمر مفید سیلوهای بتونی بسیار زیاد است.
- ۲- گندم در سیلوهای بتونی به ویژه در مناطق مرطوب به راحتی قابل نگهداری است.
- ۳- ضریب انتقال حرارت در سیلوهای بتونی در حد پایین قرار دارد.
- ۴- اختلاط گندم و سایر غلات در این نوع سیلوه‌ها به راحتی صورت می‌گیرد.
- ۵- در مقابل فشار، مقاومت زیادی دارند.
- ۶- جوندگان به راحتی نمی‌توانند به داخل سیلو نفوذ پیدا کنند در نتیجه محافظت و نگهداری گندم بهتر می‌باشد.
- ۷- عملیات فومینگاسیون و ضدعفونی کردن در سیلوهای بتونی آسان است
- ۸- تخلیه و بارگیری بسیار سریع و آسان انجام می‌گیرد.

#### معایب:

- ۱- هزینه سرمایه‌گذاری در این سیلوه‌ها بیشتر می‌باشد.
- ۲- زمان ساخت طولانی‌تر است.
- ۳- تعمیر و نگهداری دشوارتر از سایر سیلوه‌ها و انبارها می‌باشد.
- ۴- احتمال ایجاد ترک در بدنه در اثر زلزله یا سایر عوامل وجود دارد.

### ب) سیلوهای فلزی

جنس سیلوهای فلزی از فولاد و یا آلیاژهای آلومینیوم است. در کشور ما از این سیلوه‌ها برای نگهداری جو، ذرت و غذای دام و طیور استفاده می‌شود. در مناطقی که اختلاف درجه حرارت شب و روز زیاد و رطوبت غله نسبتاً بالا باشد تا جای ممکن نباید از سیلوهای فلزی استفاده کرد مگر اینکه از دستگاه‌های خنک کننده و هوادهی استفاده شود.

### مزایا و معایب سیلوهای فلزی

#### مزایا:

- ۱- ساخت و نصب سریع و آسان سیلو
- ۲- عدم نیاز به پوشش دیواره داخلی و خارجی

#### معایب:

- ۱- خوردگی دیواره داخلی و خارجی (برای جلوگیری از ایجاد خوردگی باید به طور منظم و مرتب به آن ضد زنگ زد)
- ۲- تبادل سریع حرارت و احتمال صدمه دیدگی دانه به ویژه در مناطق گرم که درجه حرارت به بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

## خشک کردن گندم

در صورتی که رطوبت گندم برداشت شده جهت سیلو کردن بالا باشد لازم است قبل از انبار کردن، دانه خشک شده و به رطوبت مناسب برسد. گندم را با استفاده از هوای گرم و یا رادياتور، خشک می کنند. تبخیر رطوبت به وسیله جریان هوا صورت می گیرد. دمای خیلی بالا سبب صدمه دیدن پروتئین می شود و در نتیجه کیفیت پخت تنزل می یابد. گندم مورد استفاده جهت تولید آرد هیچ گاه نباید در شرایطی خشک شود که درجه حرارت هوا بیش از  $66^{\circ}\text{C}$  و یا درجه حرارت غله بیش از  $60^{\circ}\text{C}$  باشد.

نتیجه مثبت آزمایش جوانه زدن گندم گواه بر این است که کیفیت پخت بر اثر حرارت صدمه ندیده است. در آزمایش دیگر از تترازولیوم استفاده می شود.

دانه های گندم در تاریکی با این ماده خیسانده می شوند چنانچه پس از ۲ ساعت رنگ قرمز در انتهای جوانه دانه های غلات ظاهر شود دلیل بر وجود آنزیم دهیدروناز و زنده بودن دانه و عدم ایجاد رنگ قرمز دلیل بر از بین رفتن این آنزیم و زنده نبودن دانه است. ویتاسکوپ ابزار مکانیکی است که برای انجام آزمایش تترازولیوم به کار می رود. از سوی دیگر صدمات حرارتی وارده به پروتئین گندم را از طریق آزمایش کدر شدن که میزان پروتئین های محلول را می سنجد نیز می توان تعیین نمود.

## روش های جستجوی آفات انباری

روش های تشخیص آفات انباری به دو دسته مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می شوند.

**روش های مستقیم:** شامل جستجوی حشرات بالغ و لارو آنها یا مشاهده حشرات مرده در انبار یا گرفتن حشرات و استفاده از دستگاه مکنده می باشد که چندان کارآمد نبوده و بنابراین استفاده نمی شود.

**روش های غیرمستقیم:** یکی اندازه گیری دمای انبار و محتوی بسته هاست که هرچه آلودگی بیشتر باشد به دلیل تنفس، دما را بالا می برند و روش دیگر اندازه گیری نشر دی اکسید کربن است.

روش مهم دیگر استفاده از روش اشمن است در این آزمایش دانه غله به وسیله غلتک روی صفحه کاغذ صافی که آغشته به نین هیدرین<sup>۱</sup> است فشرده می شود. ایجاد لکه ارغوانی روی کاغذ معرف وجود حشره است. از روش های دیگر می توان به آزمون اشعه ایکس، ماورای بنفش و اسیداوریک اشاره کرد.

### آفت زدایی:

برای آفت زدایی از سه روش فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی استفاده می شود.

### الف) روش های فیزیکی

این روش ها شامل استفاده از هوای سرد با دمای کمتر از  $12^{\circ}\text{C}$  و یا هوای گرم  $60^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۰ دقیقه می باشد. به کارگیری این روش محدود است زیرا دمای بالا موجب خشک شدن و شکنندگی و آسیب های فیزیکی دانه می گردد و یا روش های مکانیکی مثل انتقال گندم به روش پنوماتیک که سبب نابودی لاروها می شود اما بر روی آفت بالغ تأثیری ندارد.

<sup>۱</sup>.Ninhydrin

**نکته:** یک روش بسیار مهم استفاده از دستگاه انتولتر<sup>۱</sup> می‌باشد که با نیروی گریز از مرکز سبب نابودی آفات می‌شود.

### (ب) روش‌های شیمیایی

این دسته از مواد که به شکل‌های قرص، گاز و مایع یا پودر استفاده می‌شود خود به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند.  
 الف) موادی که از طریق پوستی مؤثر هستند: مثل مالاتیون، دیازینون و بهترین آن‌ها یعنی پیرتروم<sup>۲</sup>  
 ب) موادی که از طریق تنفس اثر می‌گذارند: متداول‌ترین حشره‌کش مورد استفاده فسفین یا فستوکسین می‌باشد. اکسید اتیلن و اسید هیدروسیانیک نیز از این دسته هستند.

### نمونه‌برداری از گندم برای ارزیابی:

برای آزمون کنترل کیفیت و ارزیابی اقتصادی لازم است از گندم نمونه برداری شود.  
 یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای نمونه‌برداری از گندم استفاده از نيزه‌های مخصوص یا بمبو می‌باشد که از دو لوله مخروطی شکل بلند که یکی از آن‌ها در داخل دیگری قرار گرفته است تشکیل شده‌اند.  
 بعد از نمونه‌برداری بسته به موارد مختلف آزمون‌های متفاوتی بر روی نمونه برداشت شده انجام می‌دهند که یکی از مهم‌ترین آن‌ها آزمون درصد اختلاط گونه‌های گندم است که قبل از آردسازی برای تنظیم فرایند و پیش‌بینی نوع آرد حاصله ضروری است.

### آسیاب کردن گندم<sup>۳</sup>

آسیاب کردن گندم یک عمل فیزیکی است و منظور از این عمل جدا کردن پوسته و جوته از اندوسپرم و تبدیل اندوسپرم به آرد می‌باشد.  
 فرایند آسیابانی از دیدگاه تکنولوژیکی به شرح زیر می‌باشد:  
 الف) به‌وجود آوردن پوسته‌ای سفت، لاستیکی و چرم‌مانند  
 ب) جداسازی پری‌کارپ (اولین پوسته) و تستا (دومین پوسته)  
 ج) جداسازی جوانه و لایه آلرون از اندوسپرم  
 د) پوک و ترد کردن اندوسپرم  
 ه) ریزونرم کردن اندوسپرم و به‌وجود آوردن آردهایی با ویژگی‌های مختلف  
 و) تنظیم رطوبت آرد به‌منظور راحت‌الک کردن آن  
 به‌طور کلی در فرایند آسیاب کردن اولین پوسته، دومین پوسته، جوته و تملی یا قسمتی از لایه آلرون به‌عنوان سبوس جدا می‌شوند  
 آسیابانی دارای مراحل به شرح زیر است:

- ۱ - انتخاب گندم
- ۲ - بوجاری و تمیز کردن
- ۳ - مشروط کردن
- ۴ - آسیاب کردن

<sup>۱</sup> Entolter  
<sup>۲</sup> pyrethrum  
<sup>۳</sup> Wheat Milling

۵ - بسته‌بندی و نگهداری آرد تولید شده.

#### ۱- انتخاب گندم:

گندم مصرفی برای تهیه آرد باید دارای بازده آرد بالا باشد، تمیز و سالم بوده و امکان تهیه آردی با خواص فیزیکی مناسب جهت تولید محصولی خاص از آن وجود داشته باشد.

#### ۲- تمیز کردن گندم<sup>۱</sup>

گندمی که وارد آسیاب می‌شود حاوی ناخالصی‌هایی است که در مزرعه در طی نگهداری و حمل و نقل و یا به طور تصادفی به آن وارد شده‌اند این ناخالصی‌ها شامل بذر علف‌های هرز، دانه‌های سایر غلات، بقایای گیاهی، فضولات جانوری، مواد فلزی و ناخالصی‌های دیگر می‌باشند.

این مواد زائد را افت<sup>۲</sup> می‌نامند و به بیان دیگر عبارتند از کلیه اجزای یک نمونه گندم که جز دانه‌های بی‌عیب و نقص گندم نباشند.

عملیات تمیز کردن در قسمتی از آسیاب انجام می‌شود که در بریتانیا به نام **Screening room** و در امریکا **cleaning house** شناخته می‌شود.

• در بوجاری مقدماتی، تمام مواد خارجی یا افت غیرمفید حذف می‌شوند درحالی‌که در بوجاری اصلی افت مفید تفکیک و خارج می‌گردد.

ناخالصی‌هایی مثل گل، خاک و پرز که به دانه گندم می‌چسبند، به‌وسیله شستشو برطرف می‌شوند و یا در اثر برس‌زنی خشک از گندم کنده می‌شوند.

برای شستشوی گندم آن را در آب غوطه‌ور می‌کنند. برای این کار حدود ۱ لیتر آب برای هر کیلوگرم گندم به کار می‌رود سپس توسط سانتریفوژی به نام ویزر<sup>۳</sup> آب اضافی آن را جدا می‌کنند. در طی این فرایند دانه حدود ۳ درصد رطوبت جذب می‌کند. هر چند ممکن است این روش برای دانه‌های خشک مناسب باشد اما شستشوی گندم امروزه تقریباً منسوخ شده است. در مواردی که دانه‌ها تمیز بوده و نیازی به شستشوی مرطوب نداشته باشند، گرد و خاک سطحی و سایر مواد سبک توسط جریان هوا با شدت‌های متفاوتی به خارج پرتاب می‌شوند. دستگاه روتوپکتور از انواع مدرن دستگاه برس‌زنی - هوادهنده گندم است.

#### جداسازی ناخالصی‌های گندم بر اساس خصوصیات فیزیکی زیر:

۱ - اندازه

۲ - ثقل ویژه

۳ - شکل

۴ - خصوصیات طبیعی

۵ - مقاومت در برابر جریان هوا

۶ - رنگ

<sup>۱</sup>. Wheat Cheaning

<sup>۲</sup>. Besatz or dockage

<sup>۳</sup>. whizer

۱- اندازه<sup>۱</sup>:

در سیستم جداسازی براساس اندازه از دستگاه‌های الک<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. در این روش ناخالصی‌های بزرگتر یا کوچکتر از دانه گندم را به وسیله غربال‌های فلزی جدا می‌کنند. هرچه بذر گردتر و به شکل کروی نزدیک‌تر باشد مثل کلزا و نخود از گندم راحت‌تر جدا شده و هر چه کشیده‌تر باشد مثل دانه یولاف عمل جداسازی سخت‌تر می‌شود. جنس الک‌ها می‌تواند از فولاد، مس و یا برنج باشد. الک‌ها به صورت مورب نگه داشته می‌شوند و دارای حرکت رفت و برگشتی و یا دورانی هستند.

• دانه ذرت که بزرگتر است و نیز دانه‌های کوچکتر را به وسیله الک از گندم جدا می‌کنند.

۲- نقل ویژه<sup>۳</sup>:

جداسازی براساس وزن مخصوص زمانی است که دانه‌های ناخالصی هم اندازه با دانه گندم باشد اما وزن آن‌ها متفاوت است.

۳- شکل<sup>۴</sup>:

در جداسازی ناخالصی‌ها با استفاده از الک کلیه ناخالصی‌ها از گندم جدا نمی‌شود و ممکن است ناخالصی‌هایی مثل جو، چاودار، یولاف و ... که اندازه یکسانی با دانه گندم دارند باقی بماند در چنین حالتی جداسازی براساس شکل امکان‌پذیر می‌باشد. ناخالصی‌ها و ذرات بلندتر و یا کوتاه‌تر از دانه گندم که قطرشان مشابه گندم است را می‌توان به وسیله صفحات دندانه‌دار و استوانه‌های جداکننده به نام تریور<sup>۵</sup> از گندم جدا نمود. سطح این دیسک‌ها دارای فرورفتگی‌هایی است که عمق آن‌ها به اندازه‌ای می‌باشد که فقط برای جاگرفتن ناخالصی‌ها کفایت می‌کند. با این روش ناخالصی‌هایی مثل یولاف و جو که طولی‌تر از گندم هستند جدا می‌شوند.

• تریوری که جهت حذف علف‌های هرز به کار می‌رود در سطح داخلی خود فرورفتگی‌های کمتری نسبت به دانه گندم دارد. دستگاه بعدی سیاه دانه‌گیر یا Helter Skelter است. اساس این روش بر تفاوت سرعت سقوط اجرام کروی یا بیضوی در یک مارپیچ است. اجسام کروی مثل بذر علف‌های هرز در هنگام سقوط سرعت بیشتری گرفته در نتیجه در شعاع بزرگتری به پایین می‌غلطند اما اجسام بیضوی مثل گندم در خط نسبتاً مستقیمی به پایین سقوط می‌کنند.

۴- خصوصیات طبیعی<sup>۶</sup>:

گاهی اوقات قطعات فلزی در محموله وجود دارد که ممکن است به سیستم آسیابانی نظیر غلتک‌ها آسیب برسانند و یا حتی با ایجاد چرکه باعث آتش‌سوزی شود در این سیستم در مسیر عبور گندم آهنرباهای قوی کار گذاشته می‌شوند و به این ترتیب قطعات فلزی جذب آهنربا شده و از محصول حذف می‌شوند.

ناخالصی‌هایی نظیر دانه‌های سیر به دلیل اینکه دارای بافت نرمتری نسبت به گندم هستند به سهولت توسط اشیاء نوک‌تیز سوراخ شده و بر این اساس قابل جداسازی هستند لذا برای این منظور توده گندم را از روی یکسری غلتک‌های خاردار عبور می‌دهند که دانه‌های سیر توسط این خارها از دانه‌های گندم حذف می‌شوند.

<sup>۱</sup>. Size

<sup>۲</sup>. Screen

<sup>۳</sup>. Specific gravity

<sup>۴</sup>. Shape

<sup>۵</sup>. Terieur

<sup>۶</sup>. Natural Peculiarity

## ۵- مقاومت در برابر جریان هوا<sup>۱</sup>:

ناخالصی‌هایی که از گندم سبک‌تر هستند و سطح بیشتری نسبت به آن دارند مانند پوسته دانه‌ها و گرد و غبار همراه گندم در این مرحله جدا می‌شوند. آسپیراتور<sup>۲</sup> دستگاهی است که از آن برای جدا کردن ذراتی که سرعت جدی کمتر از گندم دارند استفاده می‌شود. سرعت حد به وزن ذرات و نسبت سطح به حجم بستگی دارد. بنابراین سرعت حد ذرات فشرده یا کروی بیشتر از سرعت حد ذراتی است که دارای سطح متخلخل هستند. در این روش از جریان هوای بالا برنده استفاده می‌کنند. سرعت جریان هوا طوری تنظیم می‌شود که ذراتی که سرعت حد زیادی دارند سقوط می‌کنند ولی ذراتی که سرعت حد کمتری دارند به سمت بالا رانده می‌شوند. آسپیراتور دستگاهی است که کاربرد گسترده‌ای را در صنایع غلات دارد از جمله کاربردهای آسپیراتور می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

(الف) گردوغبار را جداسازی می‌کند.

(ب) مواد را جابه‌جا و تفکیک می‌کند.

(ج) هوا را می‌مکد.

(د) بازده سایر دستگاه‌ها را افزایش می‌دهد.

به‌طور کلی آسپیراتور جهت تمیز و پاک کردن ناخالصی‌ها در سیلو و آسیاب به‌کار می‌رود.

• اساس کار دستگاه‌هایی مثل دستگاه جدا کننده برحسب وزن مخصوص، میزثقلی، شن‌گیر خشک و دستگاه تعلیق در هوا (آسپیراتور) تفاوت میان وزن مخصوص گندم و ناخالصی‌های آن است. براین اساس سقوط یک ذره در هوای آرام و ساکن بستگی به وزن مخصوص آن دارد.

## ۶- رنگ:

دستگاه الکتریکی تفکیک براساس رنگ یکسری سلول‌های فتوالکتریک دارد که می‌تواند مواد را با رنگ‌های مختلف از هم جدا کند. عیب این روش ظرفیت کم دستگاه می‌باشد.

• از دستگاه‌های دیگر می‌توان به جداکننده الکترواستاتیکی که ناخالصی‌ها را براساس تفاوت هدایت الکتریکی جدا می‌کنند و دستگاه آهن‌گیر<sup>۳</sup> که از چند آهنربا برای جدا کردن ذرات احتمالی آهن در داخل غله استفاده می‌کند، اشاره کرد.

• هیچ دستگاهی به جز جداکننده برحسب وزن مخصوص قادر نیست به تنهایی همه ناخالصی‌ها را جدا کند.

• کل مواد زائد حاصل از غربال کردن چیزی در حدود ۱/۵-۱ درصد وزن مواد ورودی است.

هرگاه دانه‌های خشک گندم جابجا شوند مقداری گرد و غبار در فضا رها می‌شود. بدین ترتیب فضای سیلوهای گندم بسادگی غبارآلوده می‌شود و ممکن است شرایط برای احتراق فراهم شود برای این منظور از سیستم انتقالی به نام سیمپورتر استفاده می‌شود.

## ۳- مشروط کردن<sup>۴</sup>

هدف از واجد شرایط کردن یا نم‌زدن، بهبود شرایط فیزیکی دانه گندم برای آسیاب کردن می‌باشد. به این ترتیب عمل جدا شدن پوسته از اندوسپرم تسهیل شده و هم‌زمان با این عمل شرایط پخت نیز بهبود می‌یابد. واجد شرایط کردن دربرگیرنده دو منظور است:

<sup>۱</sup>. Air Resistance

<sup>۲</sup>. Aspirator

<sup>۳</sup>. Magnet Separator

<sup>۴</sup>. Conditioning

۱- تنظیم رطوبت متوسط توده گندم

۲- تنظیم رطوبت در هر دانه گندم

در هنگام مشروط کردن همگام با افزایش رطوبت گندم، سیوس سفت‌تر و شکنندگی آن کمتر می‌شود، اندوسپرم نرم‌تر و شکننده‌تر شده و چسبندگی بین سیوس و اندوسپرم کمتر می‌شود.

جدا شدن پوسته از دانه در طی این عمل سریع‌تر و راحت‌تر می‌شود و سفت شدن و محکم شدن پوسته سبب کاهش شکنندگی آن خواهد شد در نتیجه از خرد شدن ذرات جلوگیری می‌شود. عوامل مهم در مشروط کردن گندم، دما، رطوبت و زمان می‌باشند.

### الف) رطوبت:

عموماً رطوبت محصول آسیاب شده کمتر از رطوبت گندمی است که به آسیاب وارد شده زیرا در حین آسیاب کردن مقداری رطوبت از محصول تبخیر می‌شود این میزان معمولاً در حدود ۲/۵-۱ درصد است. رطوبت مطلوب در محصول نهایی آرد حدود ۱۴ درصد است. گندم‌های سخت در هنگام آسیاب کردن باید رطوبتی حدود ۱۷-۱۸ درصد و گندم‌های نرم‌تر رطوبتی معادل ۱۶-۱۵ درصد داشته باشند.

اگر مقدار رطوبت گندم در حد مطلوب برای آسیاب کردن نباشد برای مشروط کردن آن مقداری آب به گندم اضافه می‌شود و اگر مقدار رطوبت بیش از حد مطلوب باشد آن را خارج می‌کنند. لایه‌های خارجی سیوس به سرعت رطوبت را جذب می‌کنند اما غشا که نسبتاً غیرقابل نفوذ است مانع از تراوش رطوبت از سیوس به اندوسپرم می‌شود. آبیگری در پوسته گندم‌های سخت سریع‌تر از گندم‌های نرم انجام می‌شود که علت آن نازک بودن پوسته این گندم‌ها می‌باشد اما اندوسپرم گندم‌های نرم آب را با دو برابر سرعت بیشتر نسبت به گندم‌های سخت جذب می‌نماید که علت این امر تراکم و فشردگی بافت گندم‌های سخت است.

### ب) دما:

در واجد شرایط کردن، حرارت به دو منظور زیر به کار می‌رود.

۱- برای شتاب بخشیدن به انتقال رطوبت در دانه گندم

۲- برای ایجاد اثرات مفید در کیفیت پخت آرد.

منظور اول زمانی حاصل می‌شود که درجه حرارت گندم زیر  $46^{\circ}\text{C}$  باشد که این عمل واجد شرایط کردن گرم نامیده می‌شود.

برای تأمین هدف دوم درجه حرارت گندم باید بالاتر از  $46^{\circ}\text{C}$  باشد که این عمل واجد شرایط کردن داغ نامیده می‌شود.

هر چه دما بالاتر باشد زمان خواب یا استراحت کوتاه‌تر و هر چه دما پایین‌تر باشد زمان خواب طولانی‌تر است.

### ج) زمان:

هرگاه مخلوطی از گندم‌های نرم و سخت آسیاب شوند رطوبت دانه‌ها باید به طور متوسط در حد ۱۶/۵ درصد تنظیم شود و زمان خواب دانه نیز بر مبنای دانه‌های سخت‌تر محاسبه می‌شود.

عموماً گندم‌های سخت به مدت زمان و رطوبت بیشتری نسبت به گندم‌های نرم نیاز دارند. گندم‌های سخت به مدت ۱۰ الی ۲۶ ساعت در سیلوهای متعادل کردن نگهداری می‌شوند در حالی که گندم‌های نرم به مدت زمان ۴ تا ۶ ساعت در این مرحله نیاز دارند. البته گندم دوروم که جزء گندم‌های بسیار سخت می‌باشد و جهت تولید سمولینا برای فرآورده‌های خمیری مورد استفاده قرار می‌گیرد از این قاعده مستثنی می‌باشد و عملیات متعادل کردن رطوبت برای این گندم کوتاه‌تر بوده و کمتر از ۶ ساعت می‌باشد. عملیات واحد

شرایط کردن گندم‌های مختلف به طور جداگانه صورت می‌گیرد و اگر نیاز به مخلوط کردن گندم‌ها باشد پس از پایان این مرحله، عمل اختلاط صورت می‌گیرد.  
• مطلوب‌ترین حالت توزیع رطوبت برای گندم ورودی به آسیاب آن است که سیوس کمی مرطوب‌تر از اندوسپرم باشد.

## روش‌های مشروط کردن گندم

### ۱- اختلاط گندم‌ها:

چنانچه گندم‌های مرطوب و خشک را در هم بیامیزیم و به همان حال بگذاریم، رطوبت از دانه‌های مرطوب‌تر به دانه‌های خشک‌تر منتقل می‌شود.

### معایب این روش:

الف) مدت زمان انجام این کار بسیار طولانی است.  
ب) گندم‌های مورد استفاده در این روش حتماً باید از لحاظ سختی ویژگی یکسانی داشته باشند و اگر گندم‌های مختلف با کیفیت‌های متفاوت مورد استفاده شود عمل متعادل شدن به خوبی صورت نخواهد گرفت.

### ۲- مشروط کرن سرد<sup>۱</sup>:

برای افزایش رطوبت گندم خیلی خشک، می‌توان به مقدار لازم آب سرد به آن اضافه کرد. این عمل بین یک تا سه روز طول می‌کشد. در واجد شرایط کردن سرد با به کار بردن مواد فعال در سطح (سورفکتنت) یا بی‌کربنات سدیم در غلظت کم می‌توان تراوش رطوبت به داخل دانه را تشدید کرد.

**نکته:** اگر آب اضافه شده سرد باشد به علمیات اصطلاحاً "tempering" و اگر گرم باشد به آن "Conditioning" گفته می‌شود.

### ۳- واجد شرایط کردن گرم<sup>۲</sup>:

برای جلوگیری از تأخیر یک تا سه روزه مشروط کردن سرد می‌توان گندم مرطوب را به مدت ۱-۱/۵ ساعت در حرارت  $46^{\circ}\text{C}$  به طریق گرم مشروط کرد.

### ۴- واجد شرایط کردن داغ<sup>۳</sup>:

در این روش از دمای  $60^{\circ}\text{C}$  استفاده می‌کنند. کنترل این روش بسیار مشکل است.

### ۵- واجد شرایط کردن با بخار:

این روش بسیار سریع می‌باشد و از نظر انتقال رطوبت به داخل دانه‌ها به مراتب مناسب‌تر از سایر روش‌ها است.

**نکته:** در صورت استفاده از آب گرم یا بخار آب، بخشی از گلوتم و دناتوره می‌شود. چنین گلوتمی قابلیت کشش خود را تا حدی از دست خواهد داد و خصوصیات پخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

<sup>1</sup>.Cold Conditioning

<sup>2</sup>.Warm Conditioning

<sup>3</sup>.Hot Conditioning



#### ۴- آسیاب کردن گندم

آرد گندم محصولی است که از سائیدن یا آسیاب کردن دانه گندم معمولی تهیه می‌شود، به طوری که مقداری از سبوس و جوانه‌اش جدا و مابقی تا درجه نرمی مناسبی خرد می‌شود. اندازه ذرات اندوسپرم در آرد خوب باید حدود ۱۴۰ میکرون باشد.

اندوسپرم خرد شده را آرد اطلاق می‌کنند و جوانه و سبوس و مابقی اندوسپرم که به آن‌ها چسبیده‌اند محصول جانبی هستند. در قدیم از آسیاب‌های چکشی<sup>۱</sup> برای آرد کردن گندم استفاده می‌شد. در این روش جدا کردن آرد و سبوس به دلیل یکسان بودن اندازه‌شان عملی نیست. هم‌چنین جوانه وارد آرد می‌شود و همین عامل به شدت کیفیت آرد را کاهش می‌دهد. امروزه برای آسیاب کردن گندم از روشی که ترکیبی از بزیدن، خراشیدن و خرد کردن است، استفاده می‌شود. انجام این روش با استفاده از آسیاب‌های غلتکی<sup>۲</sup> میسر شده است. در آسیاب کردن سه فرآیند اساسی وجود دارد که شامل موارد زیر است :

##### الف) ساییدن:

خرد کردن دانه گندم به نحوی که اجزای آن تا حدی از هم جدا شوند.

##### ب) الک کردن<sup>۳</sup>:

طبقه‌بندی کردن مخلوط‌هایی از ذرات که اندازه‌های متفاوتی دارند.

##### ج) تصفیه:

جداسازی مخلوط ذرات سبوس و اندوسپرم با توجه به سرعت حد آن‌ها به وسیله جریان هوا.

طی این مراحل جدا کردن پوسته کار مشکلی است زیرا لایه خارجی آن ترد و شکننده و لایه داخلی محکم و چسبیده به اندوسپرم می‌باشد اما جدا کردن جوانه کار ساده‌تری است به دلیل این که مجتوی مقادیر زیادی چربی است که سبب نرم شدن و پهن شدن آن در اثر وارد کردن نیرو می‌شود.

فرایند آسیاب غلتکی و مدرن برای تهیه آرد را فرایند نرم کردن تدریجی می‌نامند زیرا دانه گندم و اجزای آن در مراحل متوالی ساییده شده و در همه مراحل از آسیاب‌های غلتکی استفاده می‌شود. محصولی که از هر مرحله ساییدن حاصل می‌شود شامل مخلوطی از ذرات درشت، متوسط و ریز است که مقداری از آنرا آرد تشکیل می‌دهد بنابراین پس از هر مرحله ساییدن یک مرحله الک کردن وجود دارد.

مراحل ساییدن در سه سیستم دسته‌بندی می‌شود که شامل خرد کردن، خراشیدن و نرم کردن است.

#### سیستم خرد کننده<sup>۴</sup>:

این سیستم شامل چهار یا پنج مرحله خرد کردن یا ساییدن در آسیاب غلتکی است که پس از هر بار ساییدن یک مرحله غربال کردن وجود دارد. تعداد غلتک‌های مورد استفاده در این سیستم بستگی به نوع گندم مورد استفاده و درصد استخراج آرد تولیدی دارد.

<sup>۱</sup> Hammer milling

<sup>۲</sup> Roller milling

<sup>۳</sup> Sieving

<sup>۴</sup> Break rolls

به طور کلی هرچه تعداد غلتک‌ها بیشتر باشد، آرد روشن‌تری استحصال می‌شود و نشاسته کمتر صدمه می‌بیند. در اولین خردکننده هدف شکافته شدن دانه کامل گندم و در خردکننده‌های بعدی هدف جدا شدن اندوسپرم از سبوس است. آسیاب‌های غلتکی خردکننده به صورت یک جفت غلتک هستند که در انگلستان به صورت شیب‌دار و در امریکا به حالت افقی نصب می‌شوند. جهت چرخش غلتک‌ها مخالف یکدیگر است. یکی از غلتک‌ها سریع‌تر از دیگری می‌چرخد. اختلاف سرعت در غلتک آسیاب‌های غلتکی خردکننده به نسبت ۲/۵ به ۱ است. یعنی غلتک بالایی سریع‌تر از غلتک پایینی حرکت می‌کند. تمام سطح غلتک‌های خردکننده شیاردار است و موقع حرکت با ایجاد نیروی برشی<sup>۱</sup> دانه را خرد می‌کنند. این شیارها به صورت مارپیچی در طول غلتک امتداد یافته‌اند. هنگامی که غلتک‌ها می‌چرخند شیارها در مقابل هم قرار گرفته و باعث خرد شدن دانه‌ها می‌شوند.

حالت مارپیچی قرارگرفتن شیارها روی یک جفت غلتک این مزیت را دارد که از بسته شدن و قفل کردن غلتک‌ها حین کار جلوگیری می‌کند. تعداد شیارها در سیستم خرد کننده در بین غلتک‌های اولیه تا غلتک‌های نهایی رفته‌رفته افزایش می‌یابد. ماده خرد شده که غلتک را ترک می‌نماید Break chop نامیده می‌شود و وارد غربال‌ها می‌گردند. مواد باقی‌مانده بروی غربال، وارد غلتک خردکننده بعدی می‌شود. این غلتک‌ها مثل غلتک‌های اولی هستند با این تفاوت که فاصله آن‌ها از هم کمتر می‌باشد.

در ضمن عمل غربال‌ها ذرات عمدتاً به دو دسته تقسیم می‌شوند. بخشی که اندازه بزرگتر از ذرات آرد دارد و به آن Break middling می‌گویند و بخشی از اندوسپرم که تحت تأثیر عمل غلتک‌های خردکننده به صورت آرد درآمده و اصطلاحاً به آن Break Flour می‌گویند.

ایده‌آل‌ترین دما جهت اولین خرد کردن دانه  $25^{\circ}\text{C}$  است.

اندوسپرم به شکل ذرات درشت (خالص و یا آغشته به سبوس و جوانه) از سیستم خردکننده به دست می‌آید. سمولینا از گندم دوروم به دست می‌آید. محصول مشابهی که از تریتیکوم کمپکتوم و یا تریتیکوم ولگار بدست می‌آید فارینا نام دارد.

### تصفیه:

از دستگاه پیوریفایر برای درجه‌بندی ذرات حاصل از غلتک‌های خردکننده استفاده می‌شود و به وسیله هوا این ذرات را از هم جدا می‌کنند. ذرات خیلی سبک و عاری از جوانه در قسمت پائین الک و جوانه و پوسته متصل به اندوسپرم بر روی سطح الک باقی می‌مانند. اساس کار دستگاه تصفیه‌کننده جداسازی مواد براساس ابعاد، درشتی و ریزی و نیز وزن مخصوص است. اگر بخواهیم جداسازی براساس اندازه باشد جریان هوا باید ثابت باشد و اگر بخواهیم براساس وزن مخصوص باشد شدت جریان هوا را تغییر می‌دهیم. در این دستگاه‌ها درشت‌ترین الک در قسمت زیرین و ریزترین الک‌ها در قسمت فوقانی قرار دارد.

### سیستم خراشنده<sup>۲</sup>:

این مرحله شامل دو تا چهار مرحله ساییدن است. تفاوت این غلتک‌ها با غلتک‌های خردکننده در این است که سطح استوانه آن‌ها دارای شیارهای بسیار ریزی است.

<sup>۱</sup>. Shear force

<sup>۲</sup>. scratch rolls

هدف این سیستم این است که اندوسپرم از سیوس تراشیده شود بدون این که مقادیر زیادی از مواد نرم ایجاد گردد و هدف دیگر این است که ذرات بسیار بزرگ سمولینا را کوچک تر کند. شیارهای این سیستم بسیار ظریف تر از شیارهای غلتک های خردکننده است.

### سیستم غلتک های نرم کننده<sup>۱</sup>:

این سیستم شامل هشت تا شانزده مرحله ساییدن است. از غلتک های نرم کننده برای خرد کردن اجزای دانه استفاده می شود اما سطح این غلتک ها صاف و به ندرت کمی زبر می باشد. اختلاف سرعت بین دو غلتک و نیز فاصله بین دو غلتک کم است. موادی که به این غلتک ها وارد می شوند عبارتند از سمولینا، Dust و Middling.

غلتک های نرم کننده در دو نوع نرم و زبر ساخته می شوند. زبری و نرمی در رابطه با سطح غلتک نبوده چرا که سطح اکثر آن ها صاف می باشد بلکه مربوط به فاصله غلتک ها است. یعنی اگر فاصله غلتک ها کم باشد ذرات نرم تولید نموده و به آن غلتک نرم گفته می شود و اگر فاصله غلتک ها زیاد باشد ذرات درشت تولید کرده و به آن غلتک زبر می گویند.

غلتک زبر برای یکنواخت کردن اندازه ذرات اندوسپرم مورد استفاده قرار می گیرد و پس از آنکه ذرات از غلتک های زبر عبور نمود و یکنواخت شد آنگاه از غلتک های نرم عبور داده می شود تا تبدیل به آرد گردد.

محصول خارج شده از غلتک های نرم به وسیله الک ها براساس اندازه طبقه بندی می شوند و قسمت هایی که به اندازه کافی نرم شده اند و به صورت آرد درآمده اند جدا شده و ذرات درشت تر به غلتک های نرم کننده برگردانده می شوند.

**نکته:** مهم در این رابطه این است که فشار غلتک های نرم کننده می بایستی در حد مطلوب باشد در غیر این صورت به ذرات و گرانول های نشاسته آسیب وارد می نماید.

### آسیاب کردن گندم دوروم:

مدت زمان عمل مشروط کردن در گندم دوروم برای ماکارونی سازی کمتر می باشد. همچنین در این مورد تعداد دستگاه های خردکننده بیشتر از کارخانه آرد است و غلتک های نرم کننده نیز وجود ندارند. قطر غلتک های خردکننده دوروم کمتر از غلتک های آرد است. برای این که آرد کمتری بوجود آید و سمولینای بیشتری تولید شود باید دستگاه ها آرام تر و با بازده کمتری کار کنند. در واقع آن چه که از غلتک های خردکننده خارج می شود همان محصول نهایی است که ذرات اندوسپرم یکنواختی به نام سمولینا می باشد. ساختار شیشه ای گندم دوروم سبب می شود که به راحتی بتوان از این گندم سمولینا تهیه نمود. سمولینا ذراتی با ابعاد ۳۵۰-۱۵۰ میکرومتر می باشد.

سیستم الک کردن در آسیاب تولیدکننده سمولینا با آسیاب های تولیدکننده آرد نیز تفاوت دارد در آسیاب های تولیدکننده سمولینا الک های طبقه ای کمتر به کار می رود و بیشتر از الک های نوسانی استفاده می شود.

### درجه استخراج آرد<sup>۲</sup>:

درصد استخراج عبارتست از وزن آرد حاصل از ۱۰۰ قسمت گندم تمیز شده و بدون ناخالصی.

دانه گندم حاوی حدود ۸۲ درصد اندوسپرم نشاسته ای سفید است بنابراین عملاً با توجه به محدودیت های مکانیکی، حد استخراج

آرد سفید در حدود ۷۵ درصد است.

<sup>۱</sup>. Reduction Rolls

<sup>۲</sup>. Extraction rate

با افزایش درجه استخراج، آرد تیره‌تر، زبرتر و حاوی مقدار بیشتری پروتئین، املاح، ویتامین‌ها، فیبر و اسیدفیتیک است و برعکس آرد با درجه استخراج پایین، نرم‌تر، سفیدتر، دارای مقدار املاح و پروتئین کمتر و مناسب برای تولید فرآورده‌های صنعتی می‌باشد.

**نکته:** درجه استخراج رابطه مستقیمی با تیره شدن رنگ آرد دارد.

اصولاً آرد را بر مبنای خاکستر طبقه‌بندی می‌کنند، املاح معدنی در لایه آرون و پوسته دانه بیشتر از اندوسپرم نشاسته‌ای آن است بنابراین از روی میزان خاکستر آن می‌توان پی برد که آرد، بیشتر از کدام یک از لایه‌ها تشکیل شده است. در ایران غالباً چهار نوع آرد به شرح زیر تولید می‌شود:

- ۱- آرد کامل با درصد استخراج ۹۷-۹۵ درصد برای نان سنگک،
- ۲- آرد سبوس گرفته با درصد استخراج ۸۷/۵ درصد برای نان‌های لواش و تافتون
- ۳- آرد ستاره با درصد استخراج ۷۸ درصد برای نان بربری و انواع باگت
- ۴- آرد نول با درصد استخراج ۷۲ درصد برای مصارف صنعتی.

### نگهداری آرد:

در طی زمان نگهداری، آرد دستخوش تغییرات وسیعی قرار می‌گیرد. در این مدت اجزای تشکیل‌دهنده آرد به‌خصوص لیپیدها، گلوتن (پروتئین) و آنزیم‌ها تغییر می‌کنند. مجموع این تغییرات باعث رسیدن آرد می‌شود.

در اثر رسیدن آرد، کیفیت و عمل‌آوری آن بهبود می‌یابد.

تغییرات گلوتن رابطه نزدیکی با تغییرات لیپیدها دارد.

با افزایش زمان نگهداری، مقدار اسیدهای چرب غیراشباع آزاد زیاد می‌شود که این امر به سبب عمل آنزیم لیپاز می‌باشد که بستگی به درجه حرارت محیط دارد در نتیجه عدد اسیدی آرد افزایش می‌یابد.

در اثر عمل آنزیم لیپوکسی ژناز اسیدهای چرب غیراشباع اکسید شده و تبدیل به هیدروپراکسید می‌شوند، در هنگام تجزیه هیدروپراکسید، اکسیژن آزاد می‌شود که گروه سولفیدریل (SH) گلوتن را اکسید نموده و پیوندهای دی‌سولفید به‌وجود می‌آیند.

به طور کلی بین فساد لیپیدها و رسیدن آرد رابطه مستقیمی وجود دارد.

آرد در تابستان به علت بالا بودن درجه حرارت محیط سریع‌تر می‌رسد و گلوتن زودتر سفت می‌شود. در تابستان عمل رسیدن می‌تواند در زمانی در حدود ۵-۳ روز انجام شود ولی در زمستان این کار حداقل به ۱۰ روز زمان نیاز دارد. بنابراین وقتی حرارت و رطوبت بالا رود آرد سریع‌تر می‌رسد.

از طرف دیگر رسیدن آرد به تهویه نیز بستگی دارد. آرد در محیطی که تهویه آن به خوبی انجام شود زودتر می‌رسد.

حمل و نقل آرد به‌وسیله نقاله‌های پنوماتیک بدلیل هوادهی، سبب تسریع رسیدن آن می‌شود.

تغییر دیگری که در طی نگهداری آرد اتفاق می‌افتد، تنفس است. در این مدت گلوکز موجود در آرد تحت تأثیر اکسیژن هوا قرار گرفته و تبدیل به گاز دی‌اکسیدکربن و آب می‌شود به این جهت آرد انبار شده کاهش وزن پیدا می‌کند.

رطوبت مطلوب برای انبار کردن با توجه به طول مدت نگهداری و رطوبت نسبی و دمای محیط تعیین می‌شود.

اگر آرد ظرف چند هفته به مصرف برسد، با رطوبت ۱۴ درصد می‌تواند نگهداری شود ولی در مدت زمان طولانی‌تر نگهداری، در رطوبت بیش از ۱۳ درصد موجب کپک‌زدگی و فساد آرد می‌شود.

در رطوبت کمتر از ۱۲ درصد نیز خطر اکسیداسیون چربی‌ها و ایجاد فساد افزایش می‌یابد.

هر قدر که درجه حرارت بیشتر شود و یا درجه استخراج آرد بیشتر باشد، سرعت افزایش اسیدیته بیشتر می‌شود بنابراین عمر نگهداری آردهای کامل و قهوه‌ای‌رنگ کوتاه‌تر از آرد سفید است.

نگهداری آرد در کندو و حمل آن در مخازن به صورت فله بهتر از نگهداری و حمل آن در کیسه است. در دمای بیش از  $20^{\circ}\text{C}$  آرد کامل برای حدود ۳۰ روز و آرد روشن برای حدود چهارماه قابل نگهداری است اما قابلیت نگهداری آردهای با درصد استخراج پایین تر، طولانی تر بوده و به بیش از شش ماه می رسد. به طور کلی رطوبت آرد در سیلو نباید هیچ گاه از  $14/5$  درصد تجاوز نماید. در کارخانه آرد، سمپاشی همیشه به طور منظم انجام می گیرد در حالی که فومیگاسیون یا ضدعفونی زمانی انجام می شود که قسمت های داخلی کارخانه دچار آلودگی شدید به حشرات و کنه ها شود. در گذشته از متیل پروماید استفاده می شد که امروزه به دلیل اثرات خوردگی که بروی قسمت های فلزی ایجاد می کند چندان متداول نیست و اکثراً از فسفین استفاده می شود. فسفین یا فسفوکسین متداول ترین حشره کش مورد استفاده است که ظرف ۳-۵ روز حشرات را نابود می کند. در ضمن برای حشره زدایی از آرد از دستگاهی به نام انتولیترا استفاده می شود که در آن آرد با سرعت حدود ۳۰۰۰ دور در دقیقه می چرخد و در این شرایط حشرات و حتی لارو و تخم آن ها نابود می شود.

### کیفیت آرد گندم:

کیفیت آرد عبارتست از مشخصات و خصوصیات از آرد که روی مصرف نهایی آن اثر دارد و می بایستی دارای وضعیت و مشخصات مخصوصی باشد که برای تولید آن محصول مناسب باشد. کیفیت آرد را می توان به وسیله ارزیابی حسی و نیز از طریق دستگاهی و به کارگیری مواد شیمیایی تعیین نمود. البته ارزیابی حسی و یا استفاده از وسایل و دستگاه ها به منظور تعیین کیفیت آرد به تنهایی نمی تواند کیفیت نهایی و ارزش پخت آرد را به طور کامل روشن کند. دقیق ترین روش برای تعیین کیفیت آرد، آزمایش پخت است اما از آن جایی که این کار مستلزم زمان و دقت و تجربه زیادی است، بنابراین جهت ارزیابی کیفی آرد به آزمایش های فیزیکوشیمیایی به شرح زیر اکتفا می کنیم:

### الف) تعیین میزان رطوبت آرد

رطوبت آرد را می توان از طریق خشک کردن و توزین و یا سایر روش های دیگر تعیین نمود. از روی درصد رطوبت آرد می توان به قابلیت نگهداری آن پی برد.

### ارزیابی قابلیت نگهداری آرد :

رطوبت بیش از ۱۶ درصد : آرد قابل نگهداری نمی باشد.  
 رطوبت حدود ۱۵ درصد : آرد به طور محدود قابل نگهداری است.  
 رطوبت کمتر از ۱۴ درصد : آرد قابل نگهداری است.

### ب) تعیین درجه اسیدیته آرد:

از روی درجه اسیدیته می توان تا اندازه ای به میزان فساد و قابلیت پخت آرد پی برد.

### ج) تعیین مقدار گلوتن آرد:

بر اساس روش شستشو می‌توان گلوتن آرد گندم را استخراج و اندازه‌گیری نمود از روی مقدار گلوتن آرد گندم می‌توان به برخی از عوامل تعیین‌کننده کیفیت پخت پی برد.

### ارزیابی گلوتن مرطوب:

گلوتن بیش از ۲۷ درصد : زیاد

گلوتن حدود ۲۰-۲۷ درصد : متوسط

گلوتن کمتر از ۲۰ درصد : کم

در صورتی که گلوتن مرطوب کمتر از ۲۰ درصد باشد نشان‌دهنده این است که آرد، آب کمتری جذب می‌کند و خمیر حاصل از آن مرطوب، شل و وارفته می‌شود. در نتیجه نان حاصل دارای حجم کم، سطحی نامنظم و غیریکنواخت می‌باشد. این نوع آردها جهت تولید نان‌های ماشینی مناسب نیستند. در این صورت جهت اصلاح این آردها باید از اختلاط آن‌ها با آردهایی که دارای گلوتن زیادتری هستند کمک گرفت و هم‌زمان مدت زمان تخمیر، به‌ویژه تخمیر نهایی را قدری کوتاه‌تر نمود.

وزن گلوتن خشک،  $\frac{1}{3}$  گلوتن مرطوب می‌باشد.

### د) ارزیابی مقدار پروتئین:

مقدار پروتئین آرد گندم با مقدار گلوتن رابطه دارد و به شرح زیر مقدار پروتئین مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

پروتئین کمتر از ۱۱ درصد : کم

پروتئین حدود ۱۱-۱۳ درصد : متوسط

پروتئین بالاتر از ۱۳ درصد : زیاد

لازم به ذکر است که با دستگاهی مثل فارینوگراف نیز به‌وسیله تعیین میزان جذب آب، مدت مناسب برای خمیر کردن و ثبات خمیر می‌توان کیفیت گلوتن را تعیین نمود. همانطور که قبلاً ذکر شده با روش‌هایی مثل آزمون زلنی و تعیین ویسکوزیته سوسپانسیون آرد می‌توان کیفیت پروتئین آرد (گلوتن) را تعیین نمود.

### رنگ آرد:

رنگ پوسته و اندازه ذرات دارای اهمیت می‌باشد. هر چه ذرات سبوس ریزتر و رنگ آن تیره‌تر باشد رنگ آرد تیره‌تر دیده می‌شود. رنگ آرد، ناشی از گزانتوفیل می‌باشد. برای تعیین رنگ آرد از آزمون پکار که یک تست بصری است استفاده می‌شود. هم‌چنین به‌وسیله دستگاه کنت جونز و یا اسپکتروفوتومتر نیز می‌توان رنگ آرد را با دقت کافی تعیین نمود.

- آردهای زبر تیره‌تر از آردهای نرم دیده می‌شوند. هم‌چنین آردی که مرطوب است اغلب تیره‌تر از آرد خشک دیده می‌شود.

### تعیین عدد فالینگ:

اصولاً جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی آرد از دو تست آمیلوگراف و فالینگ نامبر استفاده می‌شود. اساس کار هر دو شبیه هم است و به صورت افزایش ویسکوزیته مخلوط آب و آرد ناشی از ژلاتینه شدن آرد در حضور حرارت و سپس بررسی نحوه کاهش ویسکوزیته تحت تأثیر فعالیت آنزیم می‌باشد.

عدد فالینگ عددی است که از طریق آن می‌توان به فعالیت آمیلازی و به ویژه آلفا آمیلاز پی برد جهت انجام این آزمایش، آرد و آب را در حالی که داخل یک لوله قرار دارند به صورت مخلوط در آورده و آن را در یک حمام آب جوش گرم می‌کنند در اثر این امر نشاسته ژلاتینه می‌شود. مخلوط به مدت ۶۰ ثانیه برای اطمینان از یکنواختی آن هم زده می‌شود در پایان میله همزن به بالا برده شده و در آنجا رها می‌شود مدت زمانی را که به طول می‌انجامد (برحسب ثانیه) تا هم‌زن در داخل مخلوط سقوط نماید را عدد فالینگ می‌نامند.

چنانچه آلفا آمیلاز به مقدار کافی در محیط موجود باشد نشاسته ژلاتینه شده پس از مدت کوتاهی نرم شده و مقاومت خود را از دست می‌دهد در نتیجه همزن سریع‌تر سقوط می‌کند اما اگر مقدار آلفا آمیلاز کم باشد این عمل در زمان طولانی‌تری اتفاق می‌افتد. بنابراین در عمل از روی زمان لازم برای نرم شدن نشاسته ژلاتینه شده می‌توان به طور غیرمستقیم به مقدار آنزیم آلفا آمیلاز پی برد. عدد فالینگ کمتر از ۱۵۰ ثانیه: فعالیت آمیلازی بالا - تخمیر به سرعت انجام می‌شود و نان تازه خواهد بود و رنگ آن تیره و قهوه‌ای می‌شود.

عدد فالینگ ۲۵۰-۲۰۰ ثانیه: فعالیت آمیلازی متوسط - تخمیر حالت طبیعی و نرمال دارد. و نان حاصل از آن کاملاً مطلوب است.

عدد فالینگ بیش از ۳۰۰ ثانیه: فعالیت آمیلازی پائین - تخمیر به کندی صورت می‌گیرد و فرایند بیاتی تسریع می‌شود. چنانچه عدد فالینگ کمتر از ۱۵۰ ثانیه باشد نشان‌دهنده این است که آرد از گندم جوانه زده به دست آمده است در نتیجه فعالیت زیاد آمیلاز قندهای قابل تخمیر به مقدار زیادی تشکیل می‌شود. رنگ نان حاصل به علت وجود مقدار زیادی از قندهای قابل تخمیر، تیره و سطح نان نامنظم و غیریکنواخت بوده و نان تردی و پوکی خود را از دست می‌دهد. اختلاط آرد سالم با این آرد می‌تواند عیوب ایجاد شده در نان را برطرف نماید.

عدد فالینگ بین ۴۰۰-۲۶۰ ثانیه نشان‌دهنده این است که تخمیر نمی‌تواند به خوبی بالا بیاید. از طرف دیگر نان حاصل قهوه‌ای کم‌رنگ، سطح آن چروکیده، حجم نان کمتر و پوسته آن سخت و شکننده می‌گردد. اکثر آردهای ایران از نظر فعالیت آمیلازی در سطح بسیار پائینی می‌باشد.

### ارزیابی عدد مالتوز:

از روی عدد مالتوز نیز می‌توان به فعالیت آنزیماتیک آرد و برخی از عوامل کیفی آرد پی برد.

عدد مالتوز کمتر از ۱/۸ درصد: کم

عدد مالتوز حدود ۲/۲-۱/۸ درصد: متوسط (کیفیت نان تولیدی مطلوب می‌باشد)

عدد مالتوز بیش از ۲/۵ درصد: زیاد (آرد حاصل از گندم جوانه زده می‌باشد)

چنانچه عدد مالتوز کمتر از ۱/۸ درصد باشد رنگ پوسته نان قهوه‌ای، حجم نان کوچک، سطح پوسته درخشندگی و شفافیت مناسب نداشته و سخت و شکننده می‌شود.

در صورتی که عدد مالتوز بیش از ۲/۵ درصد باشد، خمیر شل، وارفته و مرطوب شده رنگ پوسته قهوه‌ای پررنگ، سطح نان ناهموار، حجم نان کم و فاقد پوکی و تردی مطلوب خواهد بود.

### تعیین مقاومت خمیر در مقابل زدن:

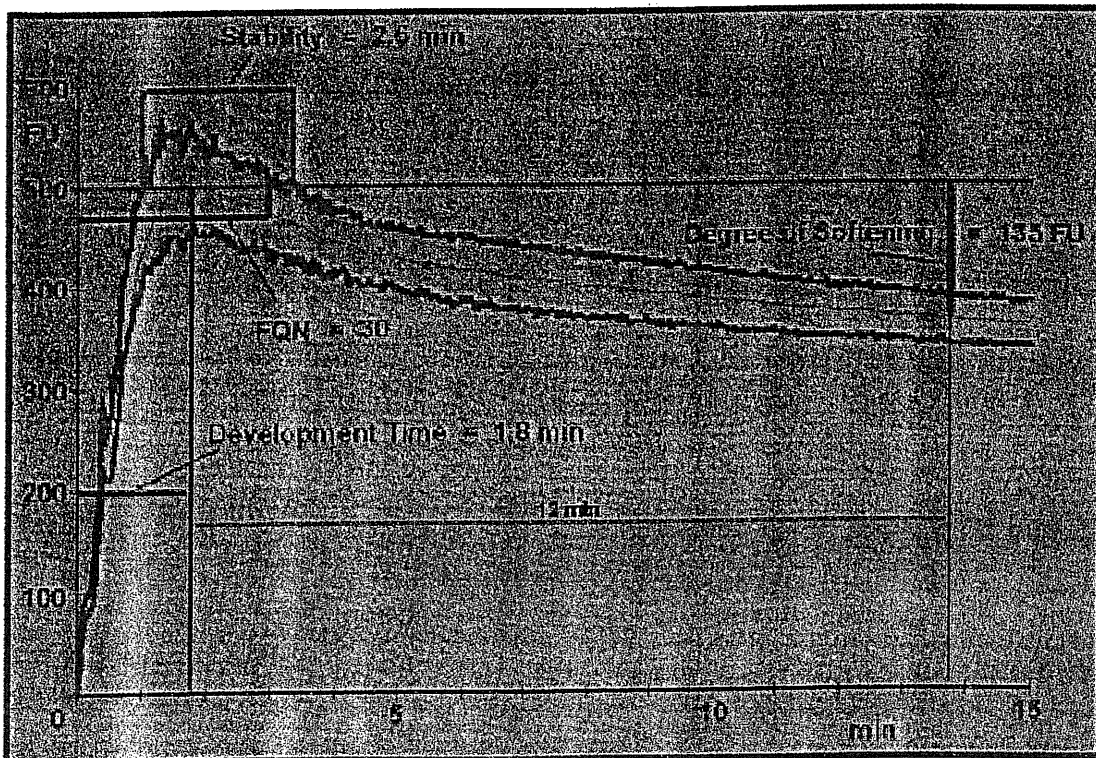
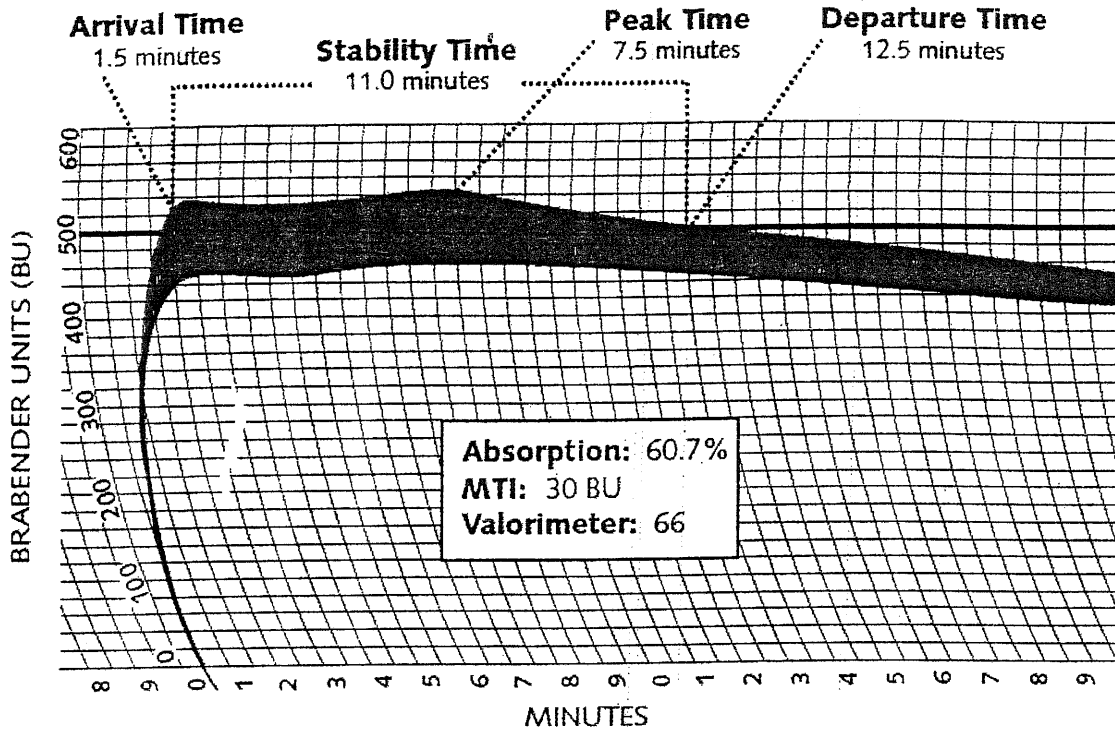
مقاومت خمیر در مقابل زدن توسط دستگاهی به نام فارینوگراف<sup>۱</sup> تعیین می‌شود. از طریق فارینوگرام می‌توان به مقاومت و سفتی خمیر، بازدهی و زمان گسترش، زمان ایتیمم زدن خمیر و درجه سست شدن خمیر پی برد. هم‌چنین درصد جذب آب آرد نیز به این طریق تعیین می‌شود.

فارینوگراف وسیله‌ای جهت سنجش خصوصیات فیزیکی - دینامیکی آرد بوده و اساساً نوعی مخلوط کن بشمار می‌آید که وظیفه آن اندازه‌گیری و ثبت نحوه حرکت خمیر تحت تأثیر به هم‌زن می‌باشد. بدین ترتیب که خمیر در یک درجه حرارت ثابت به آرامی و به صورت ممتد بهم زده شده و مقاومت آن در مقابل حرکت تیغه‌ها به بخشی از دستگاه به نام دینامومتر که خود به بازو و سیستم سنجش و یک ثبات که قادر به رسم منحنی است، منتقل می‌گردد. دستگاه از ۸ قسمت اساسی شامل: کاسه مخلوط کن، دینامومتر، بازوها، سیستم اندازه‌گیری ثبات، dashpot، ترموستات و بورت تشکیل شده است. کاسه مخلوط کن دارای دو تیغه است. از dashpot به منظور به حداقل رساندن حرکت بازوها استفاده می‌شود و درجه حرارت آن مطابق با درجه حرارت کاسه مخلوط کن بوده، از طریق جریان آب و ترموستات کنترل می‌شود، بورت نیز درست بر بالای کاسه مخلوط کن قرار دارد و توسط آن درصد جذب آب خمیر مشخص می‌گردد. منحنی حاصل از دستگاه فارینوگراف، فارینوگرام نامیده می‌شود.

<sup>۱</sup>.Farino graph



تفسیر فارینوگرام :



دو نمونه فارینوگرام

به هنگام تفسیر فارینوگرام، شاخص‌های چندی مورد بررسی قرار می‌گیرند که به شرح تعدادی از آن‌ها که از اهمیت بیشتری برخوردارند پرداخته می‌شود.

#### ۱- زمان دستیابی<sup>۱</sup>

عبارت است از مدت زمانی که طی آن منحنی به خط مورد نظر (معمولاً ۵۰۰ برابندر) می‌رسد و نشان دهنده سرعت نفوذ آب در ذرات آرد است. یعنی هر چه این زمان کوتاه‌تر باشد ذرات سریع‌تر آب جذب نموده‌اند. معمولاً در یک رقم خاص از گندم، رابطه مستقیمی بین زمان دستیابی و مقدار پروتئین وجود دارد.

#### ۲- زمان عزیمت یا ترک<sup>۲</sup>

مدت زمان برحسب دقیقه، از لحظه افزودن آب تا هنگامی که منحنی، خط مورد نظر (مثلاً ۵۰۰ برابندر) را ترک می‌نماید و می‌توان آنرا جمع زمان‌های دستیابی (A.T) و مقاومت خمیر دانست. هر چه این زمان طولانی‌تر باشد، آرد قوی‌تر است.

#### ۳- زمان گسترش خمیر<sup>۳</sup>

مدت زمانی است که طی آن خمیر به حداکثر قوام خود و یا به عبارت دیگر کمترین تحرک، می‌رسد و می‌توان آنرا به صورت نقطه‌ای که بلافاصله بعد از آن اولین علائم ضعف در خمیر مشاهده خواهد شد نیز تعریف نمود. به زمان گسترش خمیر، زمان مخلوط کردن<sup>۴</sup> و زمان اوج<sup>۵</sup> نیز گفته می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که زمان گسترش خمیر و پروتئین آرد گندم با یکدیگر همبستگی داشته و ضریب آن حدود ۰/۸۸ می‌باشد.

• هم‌چنین ما بین جذب آب خمیر و زمان گسترش یک رابطه خطی برقرار می‌باشد، به طوری که با افزایش درصد جذب آب، زمان گسترش نیز افزایش می‌یابد.

#### 4- Stability

#### ۴- مقاومت<sup>۶</sup>؛

مدت زمانی است که طی آن منحنی روی خط مورد نظر (مثلاً ۵۰۰ برابندر) توقف می‌کند و عموماً بیانگر تحمل آرد نسبت به مخلوط شدن است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که عرض منحنی در این قسمت ممکن است بین ۲۰ تا ۲۵۰ واحد برابندر تغییر نماید، در این حالات مقاومت خمیر نیز بین ۳ تا ۱۴ دقیقه متفاوت خواهد بود.

• به عبارت دیگر هر قدر، عرض منحنی کمتر شود، مقاومت آرد مورد آزمون نیز کمتر می‌باشد.

#### ۵- درجه نرم شدن خمیر<sup>۷</sup> (Drop - off)

فاصله مرکز منحنی از خط مورد نظر بعد از ده یا بیست دقیقه را گویند و برحسب واحد برابندر بیان می‌شود. گاهی نیز آنرا بدین صورت تعریف می‌نمایند:

فاصله مرکز منحنی در نقطه اوج با مرکز منحنی در دقیقه بیستم، بدیهی است که هر چه عدد حاصله بزرگ‌تر باشد، آرد ضعیف‌تر خواهد بود.

<sup>1</sup>. Arrival Time

<sup>2</sup>. Departure Time

<sup>3</sup>. Dough Development time

<sup>4</sup>. mixing time

<sup>5</sup>. peak time

<sup>6</sup>.Stability

<sup>7</sup>. Degree of softening

### ۶- شاخص تحمل به مخلوط شدن (MTI)<sup>۱</sup>

تفاوت ما بین قسمت بالای منحنی در نقطه اوج با قسمت بالای منحنی درست ۵ دقیقه بعد از نقطه اوج را MTI می‌گویند. مطالعات نشان می‌دهد که هر گاه عرض منحنی از ۲۰ به ۲۵ واحد برابندر تغییر نماید، MTI نیز از ۵۰ به ۱۰۰ واحد برابندر تغییر خواهد داشت. به بهر حال آردهایی که دارای تحمل خوبی به مخلوط شدن هستند MTI پائینی داشته و بالعکس، MTI بالا نشان دهنده ضعف آرد خواهد بود.

### ۷- زمان شکست<sup>۲</sup>

از جمله جدیدترین شاخص‌هایی است که از منحنی فارینوگرام به‌دست می‌آید و آن عبارت است از مدت زمانی که طی آن مرکز منحنی باندازه ۳۰ واحد برابندر از خط مورد نظر فاصله می‌گیرد. برای تعیین آن یک خط افقی ۳۰ واحد برابندر از خط مورد نظر رسم می‌شود. این خط در نقطه‌ای مرکز منحنی را قطع خواهد نمود. فاصله این نقطه با شروع مخلوط نمودن آب و آرد را زمان شکست می‌نامند.

**نکته:** از روی منحنی فارینوگراف و به کمک وسیله‌ای به نام والوریمتر می‌توان قوت دینامیکی خمیر را به صورت یک عدد به نام ارزش والوریمتری آرد تعیین نمود.

### تعیین کشش و مقاومت به کشش خمیر:

اکستنسوگراف<sup>۳</sup> دستگاهی است که از آن برای تعیین قابلیت کشش خمیر یا به عبارت دیگر قابلیت کش آمدن خمیر در اثر نیروی وارده به آن تا حد پاره شدن و مقاومت خمیر در مقابل کشش و نسبت این دو به یکدیگر یعنی  $\frac{\text{قابلیت کشش}}{\text{مقاومت به کشش}}$  و اثر تخمیر بر این عوامل استفاده می‌شود. هدف دیگر تعیین الاستیسیته خمیر است. دیاگرام کشش را اکستنسوگرام می‌نامند.

از روی اکستنسوگرام می‌توان کم و بیش به ویژگی‌های خمیر، عمل‌آوری، قدرت نگهداری گاز توسط خمیر و تولرانس آن یا به عبارت دیگر تحمل خمیر در مقابل تخمیر و نیز حجم نان حاصل پی برد.

در منحنی اکستنسوگرام، محور Xها زمان قابلیت کشش و روی محور Yها انرژی لازم برای کشش است. در آردهای قوی منحنی دارای سطح زیر منحنی و ارتفاع زیاد و نسبت ارتفاع به طول متعادل است. در حالی که در آردهای ضعیف سطح زیر منحنی کم، ارتفاع کم و منحنی خوابیده و نسبت ارتفاع به طول آن کم است.

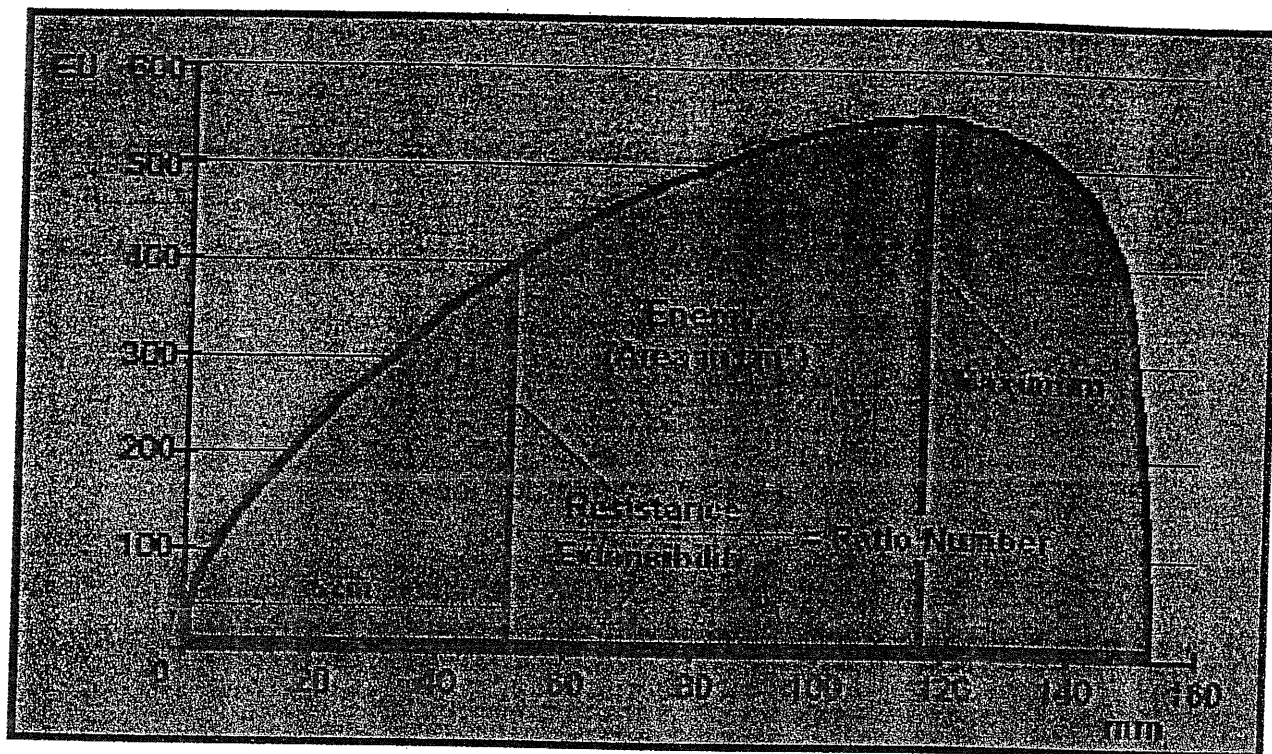
دستگاه از چندین قسمت تشکیل شده است. خمیر که به صورت لوله درآمده در یک محفظه مخصوص قرار گرفته و دو سر آن توسط گیره‌هایی ثابت می‌شود. این خمیر توسط چنگک به پایین کشیده شده و هم‌زمان، تغییرات به بازوها، سیستم اندازه‌گیری و بالاخره ثبات منتقل می‌گردند و در نهایت منحنی به‌دست می‌آید.

<sup>۱</sup>. Mixing Tolerance Index

<sup>۲</sup>. Time to Breakdown

<sup>۳</sup>. Extensograph

## تفسیر اکستنسوگرام



در این زمینه نیز چند شاخص وجود دارد. که به آن‌ها اشاره می‌گردد.

### ۱- مساحت یا انرژی<sup>۱</sup>:

سطح زیر منحنی را می‌گویند و به وسیله پلانیمتر<sup>۲</sup> اندازه‌گیری شده، برحسب سانتی‌متر مربع بیان می‌گردد و نشان دهنده کل انرژی مصرفی برای کشیدن خمیر است و با A نمایش داده می‌شود.

### ۲- مقاومت خمیر به کشش<sup>۳</sup>

ارتفاع منحنی بعد از ۵ دقیقه و یا حداکثر ارتفاع منحنی که برحسب واحد اکستنسوگراف بیان می‌شود. مقاومت در ۵ دقیقه را با R5 و در نقطه حداکثر با Rm نشان می‌دهند.

### ۳- قابلیت کشش خمیر<sup>۴</sup>

تمامی طول منحنی برحسب میلی‌متر یا سانتی‌متر را قابلیت کشش خمیر می‌گویند و با E بزرگ نشان می‌دهند.

با استفاده از دو فاکتور اخیر و تقسیم مقاومت به قابلیت کشش، ضریبی بدست می‌آید که معمولاً با استفاده از آن آردهای مختلف، با یکدیگر مقایسه می‌شوند این ضریب را با حرف D نشان می‌دهند.

براساس این آزمون گلوتن به چند دسته تقسیم می‌شود:

الف) گلوتن ضعیف: به گلوتنی اطلاق می‌شود که کشش آن پایدار نباشد.

1. Area  
2. planimeter  
3. Resistance  
4. Extensibility

ب) گلوتن سیال: به گلوتهنی اطلاق می‌شود که کشش آن بسیار کم یا فاقد قابلیت کشش باشد.

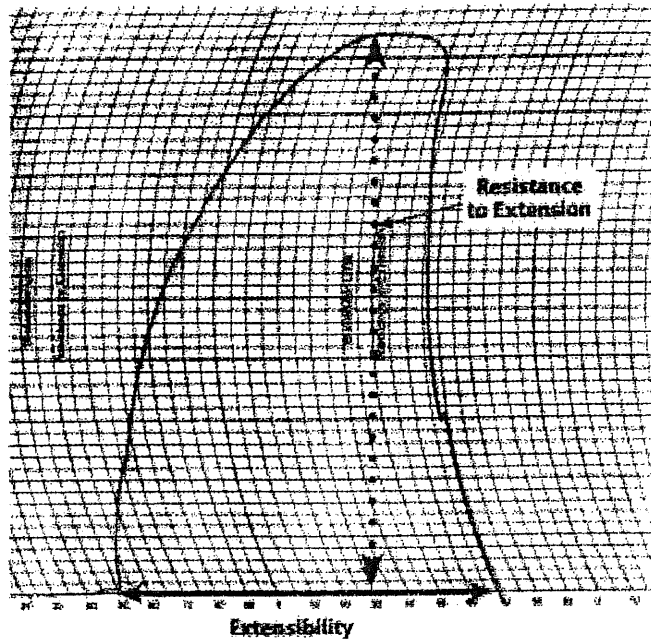
ج) گلوتن طبیعی: به گلوتهنی اطلاق می‌شود که کشش آن بالا بوده و قابلیت نگهداری گاز را دارد.

د) گلوتن سخت: به گلوتهنی اطلاق می‌شود که کشش آن کم باشد.

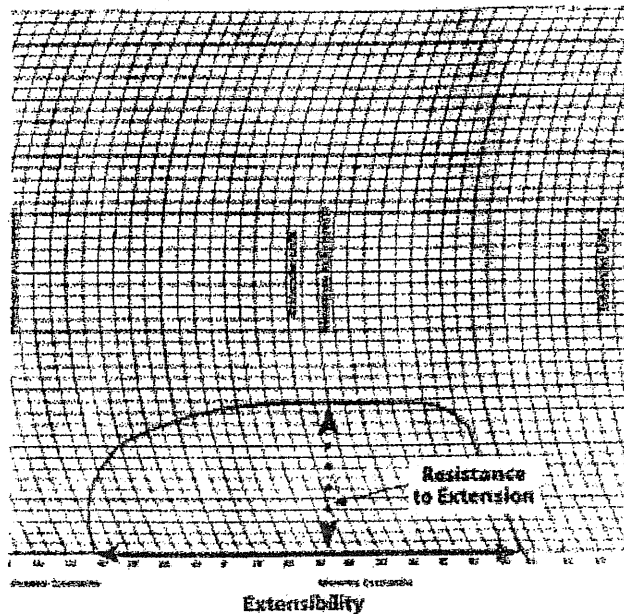
هـ) گلوتن خیلی سخت: به گلوتهنی اطلاق می‌شود که قابلیت کشش آن خیلی کم باشد و پاره شود.

• از روی منحنی فارینوگرام و اکستنسوگرام می‌توان به‌طور غیرمستقیم به کیفیت گلوتهن آرد پی برد.

• اکستنسوگراف، پهن کردن دستی خمیر در حرفه نانوايي را تقلید می‌کند و به این ترتیب مقاومت به کشش و گسترش‌پذیری تا نقطه پارگی خمیر را تقلید می‌کند.



**Strong Gluten Flour**

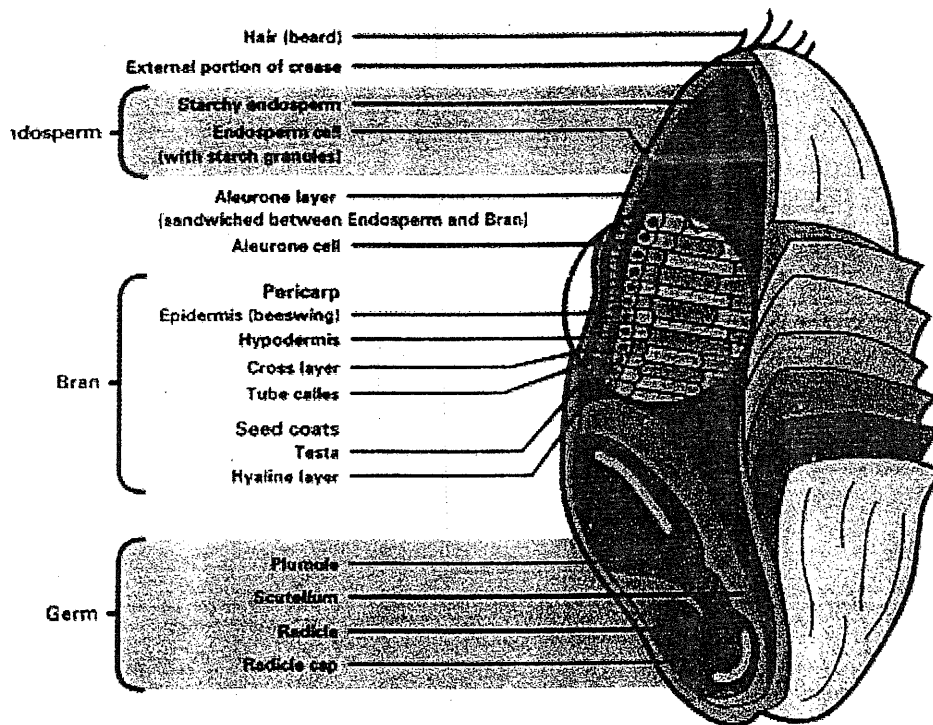


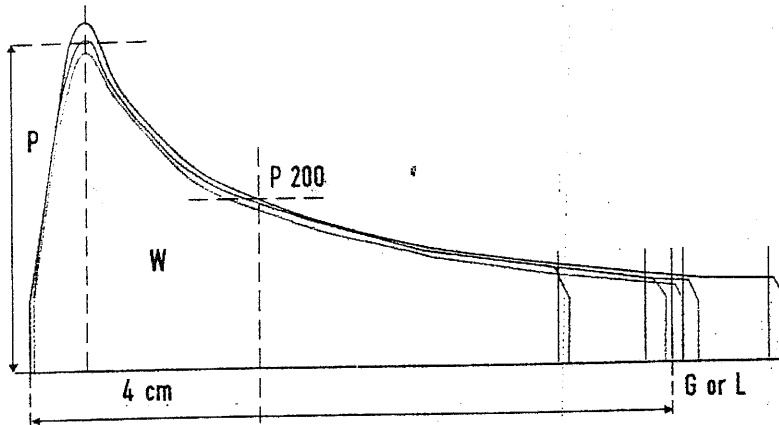
**Weak Gluten Flour**

## آمیلوگراف<sup>۱</sup>:

برای پیش‌بینی برخی از ویژگی‌های پخت مثل ژلاتینه شدن نشاسته، بافت مغز نان و حالت اسفنجی آن و نیز روند بیاتی از آمیلوگراف استفاده می‌شود که در واقع نوعی ویسکومتر ثابت است.

آردی که منحنی آمیلوگراف کوتاهی دارد، دارای فعالیت آنزیماتیک بالایی است و در نتیجه خمیر آن چسبناک می‌باشد. اگر منحنی بلند باشد فعالیت آنزیمی کم است و این حالت هم مطلوب نیست زیرا در چنین حالتی در اثر کمی آلfa آمیلاز مولکول‌های نشاسته به اندازه کافی شکسته نشده و مخمرها نمی‌توانند قند لازم برای رشد خود را تهیه کنند. در این دستگاه هر چه زمان کاهش ویسکوزیته طولانی‌تر باشد نشان از فعالیت کمتر آنزیم است.





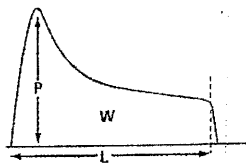
The following parameters are obtained from the Alveograph curves:

- P : tenacity (maximum pressure required for the deformation of the sample)
- L or G : extensibility (length of the curve)
- W : baking strength (surface area of the curve)
- P/L : configuration ratio of the curve
- Ie :  $(P200/P) \times 100$ . Elasticity index (P200: pressure at 4 cm from the beginning of the curve)

### Typical characteristics of different wheat varieties

Suitable for bread flour – makes strong elastic dough and has excellent bread-making potential.

- high pressure (P)
- long time (L) to burst

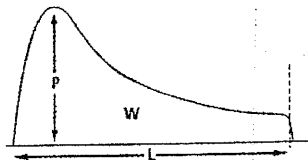


#### Typical range

|                |           |
|----------------|-----------|
| Alveograph P/L | 0.5 - 0.9 |
| Alveograph W   | >200      |

Suitable for bread and baking flours – most varieties having bread-making potential.

- low P/L ratio important

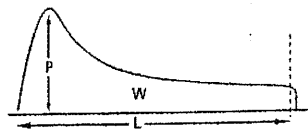


#### Typical range

|                |           |
|----------------|-----------|
| Alveograph P/L | 0.4 - 0.9 |
| Alveograph W   | 170 - 310 |

Suitable for biscuit and blending flours – makes extensible dough, good for biscuits and blending with strong wheats.

- low pressure (P)
- long time (L)
- area under the curve (W) less critical

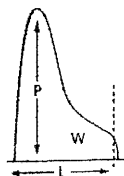


#### Typical range

|                |           |
|----------------|-----------|
| Alveograph P/L | 0.2 - 0.4 |
| Alveograph W   | 70 - 100  |

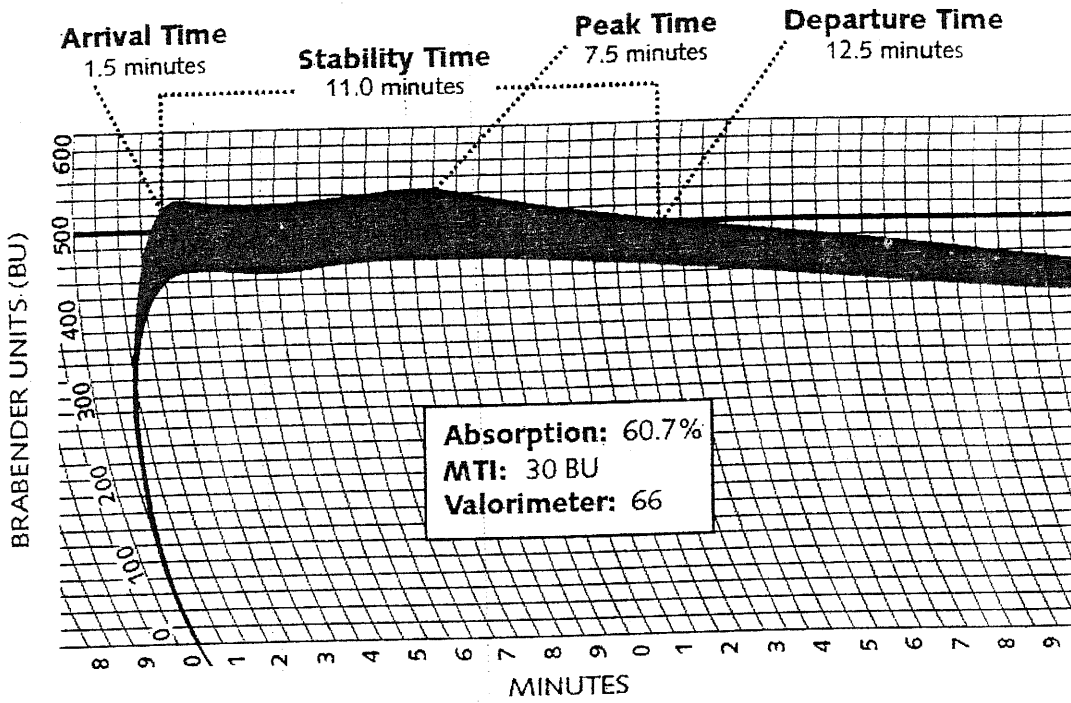
Suitable for animal feed only – makes tough, inelastic dough

- high pressure (P)
- short time (L) to burst

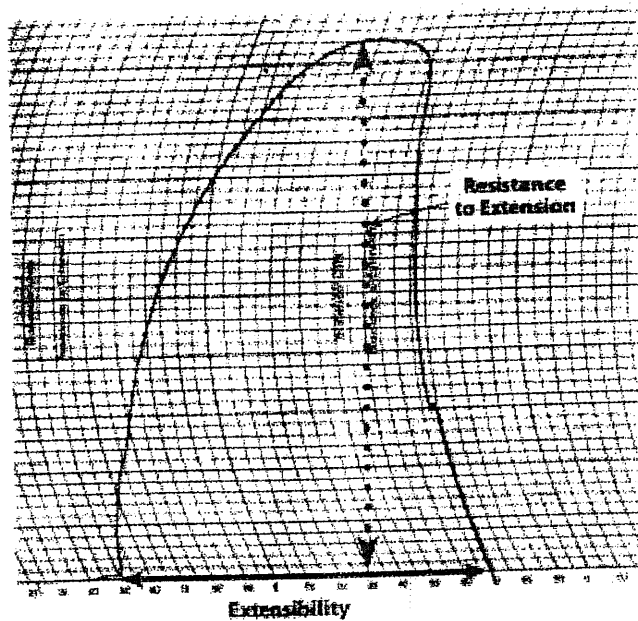


#### Typical range

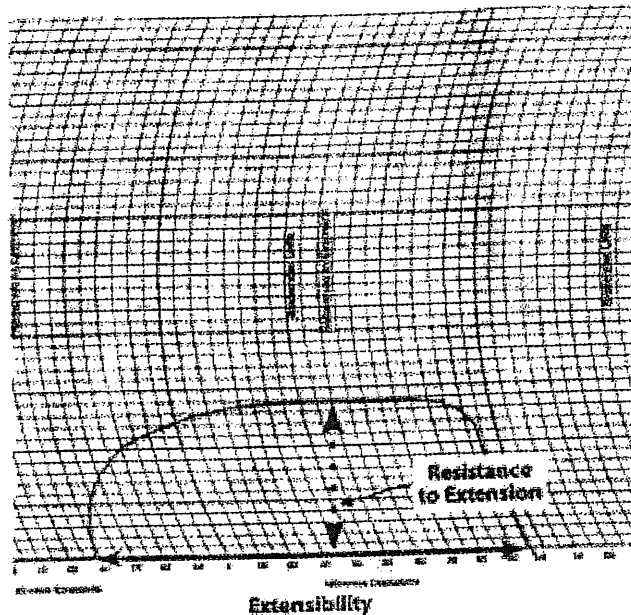
|                |           |
|----------------|-----------|
| Alveograph P/L | 0.3 - 1.5 |
| Alveograph W   | 60 - 140  |



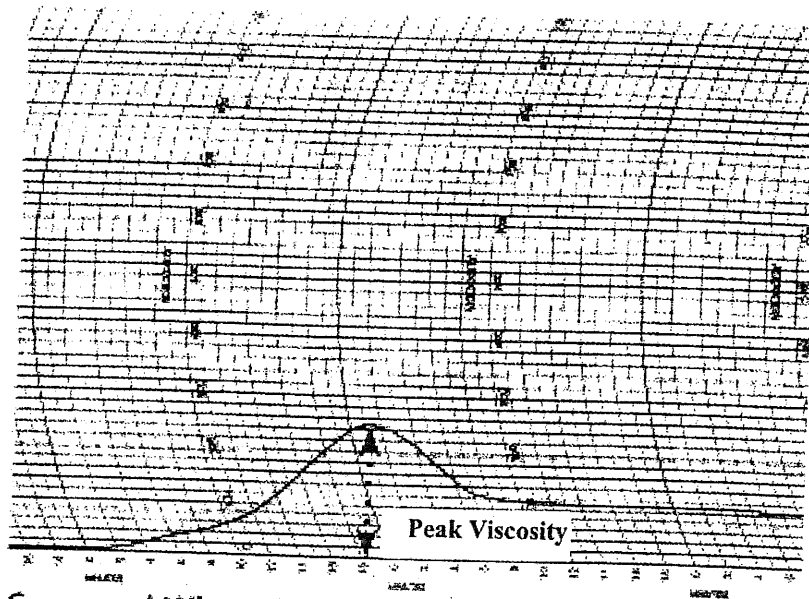




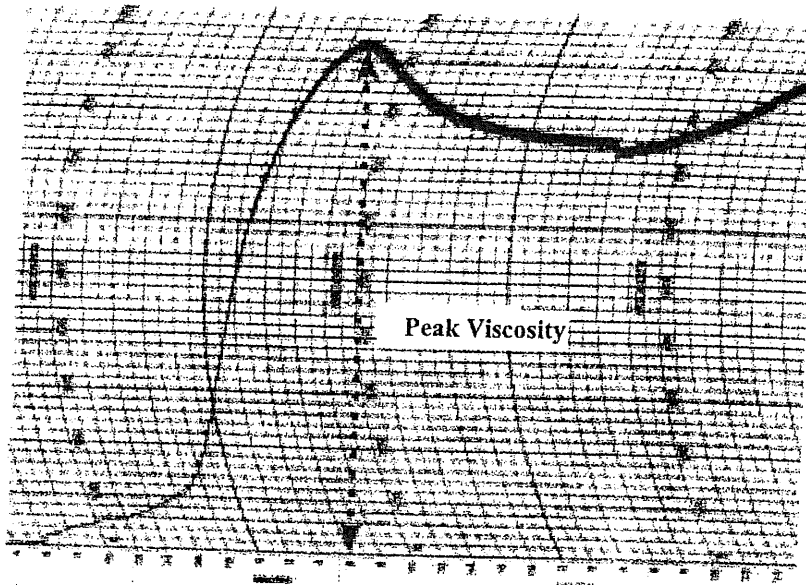
**Strong Gluten Flour**



**Weak Gluten Flour**



**Sprouted Wheat Flour**

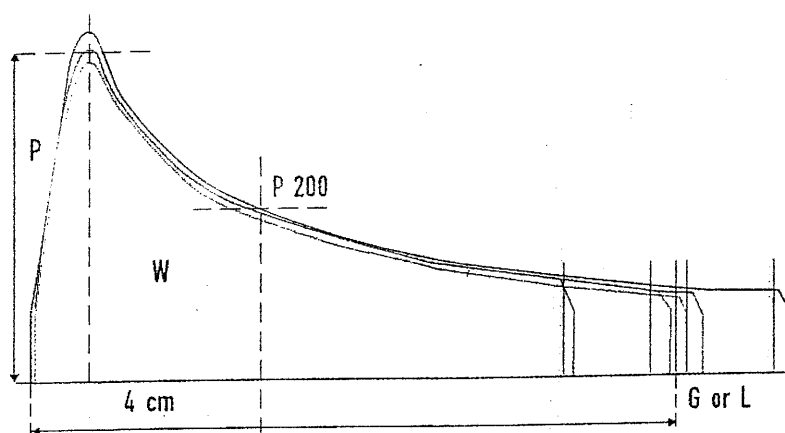


**Sound Wheat Flour**

## آلوئوگراف<sup>۱</sup>

آلوئوگراف دستگاهی است که در آن خمیر را به وسیله نوعی صفحه گردان با ضخامت معینی به صورت ورقه درآورده سپس ورقه‌ها روی دیسک ویژه‌ای قرار گرفته و هوای فشرده وارد آن می‌شود تا به صورت کروی بزرگ شود. انتهای کار زمانی می‌باشد که خمیر پاره شود. از دستگاه مربوطه نوعی منحنی به دست می‌آید که در آن مقاومت به کشش با اندازه‌گیری بالاترین ارتفاع (P) و پلاستیسیته با اندازه‌گیری طول منحنی (L) و قوت خمیر از زمان وارد شدن هوا به آن تا خارج شدن هوا از آن و با اندازه‌گیری سطح زیرمنحنی (W) محاسبه می‌شود.

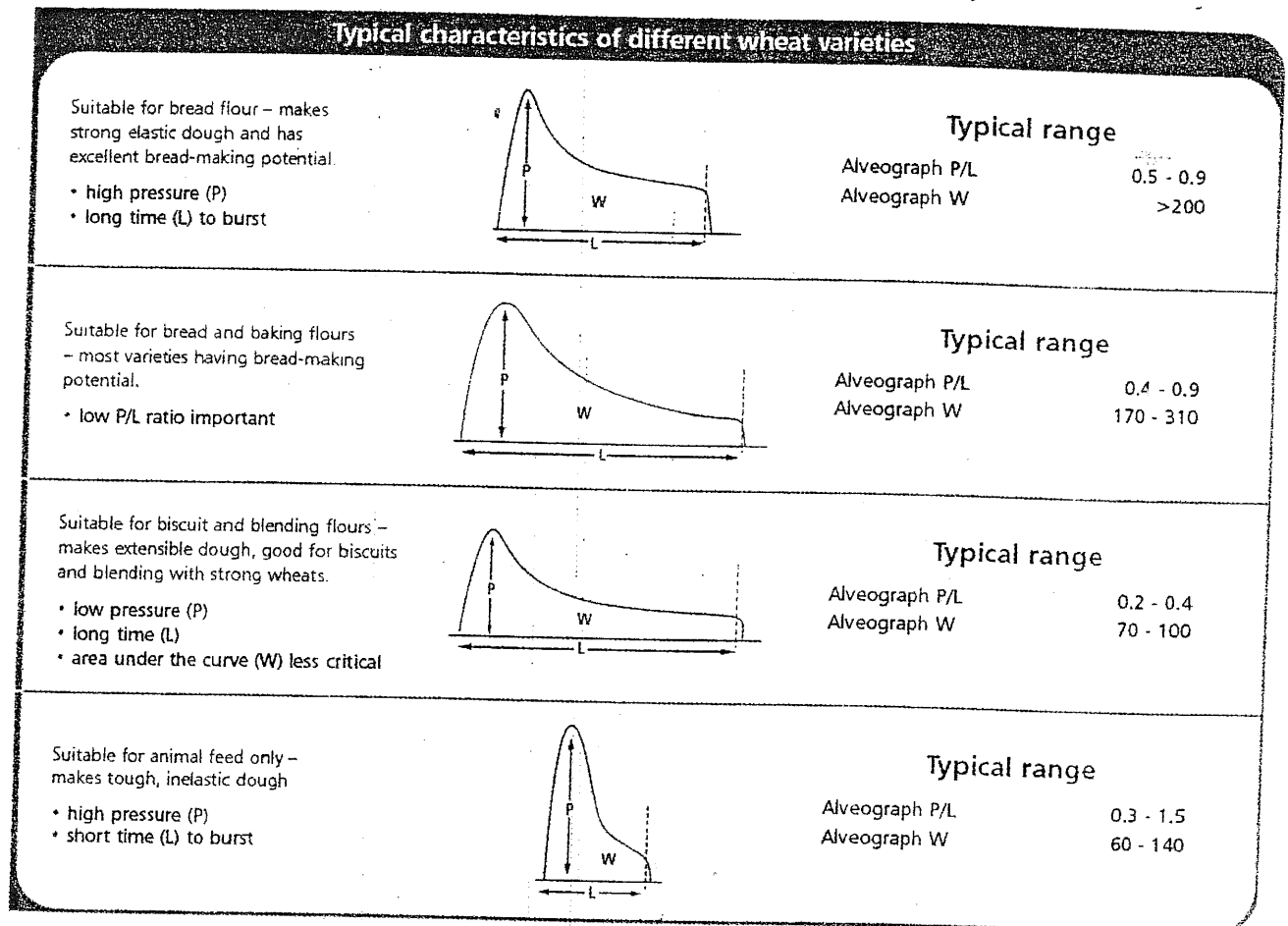
اگر در آزمون نوعی آرد (W) بیش از ۵۰ و نسبت (P) به (L) بیش از ۰/۸ باشد آرد قوی است و اگر (W) کمتر از ۰/۸ و نسبت (P) به (L) کمتر از ۰/۵ باشد آرد ضعیف است.



The following parameters are obtained from the Alveograph curves:

- P : tenacity (maximum pressure required for the deformation of the sample)
- L or G : extensibility (length of the curve)
- W : baking strength (surface area of the curve)
- P/L : configuration ratio of the curve
- Ie :  $(P200/P) \times 100$ . Elasticity index (P200: pressure at 4 cm from the beginning of the curve)

<sup>۱</sup>Alveograph



آلوئوگراف چند نمونه آرد

## جذب آب آرد:

مقدار جذب آب یکی از عوامل مهم در کیفیت آرد به شمار می‌رفته و بیان‌کننده بازدهی آرد می‌باشد. برای تعیین مقدار جذب آب آرد از دستگاه فارینوگراف استفاده می‌شود.

آردهایی که دارای جذب آب بالایی هستند خمیرشان دارای قوام زیادی است که در نتیجه موجب نگهداری گاز در خمیر می‌شود که این عامل خود به افزایش حجم نان کمک می‌کند. مقدار جذب آب آرد تابع فاکتورهای مختلفی است:

### ۱- مقدار پروتئین آرد:

گلوتن ۲/۸ برابر وزن خشک خود آب جذب می‌کند در حالی که مقدار جذب آب نشاسته در حدود ۳۵ درصد یا  $\frac{1}{3}$  وزن خود است. اما

از آن جایی که مقدار نشاسته در آرد بسیار بیشتر از پروتئین است بنابراین اصلی‌ترین عامل جذب آب خمیر نشاسته می‌باشد.

### ۲- نشاسته صدمه‌دیده:

نشاسته آسیب دیده نسبت به نشاسته سالم ظرفیت جذب آب بیشتری دارد.

### ۳- اندازه ذرات آرد:

که مربوط به جذب سطحی ذرات است بنابراین هر قدر آرد دارای ذرات ریزتری باشد حجم آب بالاتری خواهد داشت.

## قدرت تحمل تخمیر آرد:

این موضوع توسط آزمون‌های زیر مشخص می‌شود.

### ۱- آزمون پلشنک:

این آزمون برای تخمین زمان و قدرت تحمل تخمیر آرد به کار می‌رود. عدد پلشنک تابعی از کمیت و کیفیت گلوتن موجود در آرد می‌باشد.

### ۲- آزمون تحمل تخمیر با استفاده از تریکلوگراف:

علاوه بر تعیین قدرت تحمل تخمیر آرد با این دستگاه می‌توان حجم تولید گاز را محاسبه نمود.

### ۳- آزمون تحمل تخمیر با استفاده از دستگاه فارینوگراف.

### pH آرد:

در حالت عادی pH آرد حدود ۶/۲-۶/۱ است. اما چنانچه آرد فاسد شده باشد pH آن کم می‌شود.

### میزان نشاسته آسیب‌دیده:

میزان گرانول‌های نشاسته که در طی آسیاب کردن، آسیب مکانیکی می‌بیند بستگی به شدت عملیات آسیاب کردن و نیز سختی اندوسپرم دارد و مقدار نشاسته آسیب دیده در آرد نان حدود ۱۰ - ۵ درصد برآورد می‌شود.

نشاسته گندم‌های سخت در حین آسیابانی نسبت به گندم‌های نرم آسیب بیشتری می‌بیند زیرا اندوسپرم آن به غلتک سنگین‌تری نیاز دارد تا به نرمی مناسب برسد.

بین صدمه دیدگی نشاسته و میزان پروتئین رابطه مستقیمی وجود دارد. درصد صدمه دیدگی ایتیمم نشاسته به صورت

بیان می‌شود. بنابراین اگر آردی دارای 11 درصد پروتئین باشد درصد ایتیمم آسیب دیدگی نشاسته آن  $\frac{(\text{میزان پروتئین})^2}{6}$

برابر 20 و اگر آردی دارای 12 درصد پروتئین باشد این میزان برابر 24 درصد است.

محتویات سلولی اندوسپرم گندم را عمدتاً گرانول‌های نشاسته و نیز پروتئین تشکیل می‌دهد، به طوری که گرانول‌های نشاسته در بستری از پروتئین قرار دارند که در فاصله بین گرانول‌های نشاسته قرار گرفته است که آن را پروتئین زمینه‌ای یا پروتئین زویکل می‌نامند.

آردی که به طور معمول در آسیاب تهیه می‌شود شامل مخلوطی از ذرات است که از نظر اندازه و ترکیب شیمیایی با هم متفاوتند که آن‌ها را از نظر اندازه می‌توان به سه بخش اصلی زیر تقسیم کرد:

۱- سلولهای کامل اندوسپرم، قطعاتی از سلول‌های اندوسپرم و انبوهی از گرانول‌های نشاسته و پروتئین که همگی قطری تا ۳۵ میکرومتر دارند.

۲- گرانول‌های بزرگ و متوسط نشاسته که در بعضی موارد پروتئین هم به آن‌ها چسبیده است (به قطر ۱۵ تا ۳۵ میکرومتر).

۳- تکه‌های کوچک پروتئین و گرانول‌های جدا و کوچک نشاسته با قطر کمتر از ۱۵ میکرومتر.

عملیات الک کردن معمولاً برای جدا کردن ذرات کوچک‌تر از ۸۰ میکرومتر کاربرد ندارد و ابعاد کوچک‌تر (بین ۱۵ تا ۳۵ میکرومتر) را با هوا طبقه‌بندی می‌کنند.

در فرآیند طبقه‌بندی توسط هوا، نیروی سانتریفوژی و نیروی مقاومت هوا در جهت خلاف یکدیگر بر هر یک از ذرات وارد می‌شوند. پس از طبقه‌بندی با هوا ذرات بین ۱۷-۰ میکرومتر را همراه با گرانول‌های آسیب‌دیده نشاسته که قدرت جذب آب بالایی دارند برای آرد نانوايي به کار می‌برند. این گروه دارای بالاترین میزان پروتئین هستند.

بخش ۱۷-۳۵ میکرومتر دارای کمترین میزان پروتئین می‌باشند و سپس از کلرینه شدن برای تولید کیک‌های اسفنجی مناسب است و بخش درشت (بیش از ۳۵ میکرومتر) را به خاطر یکنواختی اندازه ذرات و ساختمان گرانولی برای بیسکویت‌سازی مناسب می‌دانند.

**نکته:** هرچه ذرات آرد ریزتر باشند، دارای مقادیر بیشتری پروتئین بوده و یا گرانول‌های کوچک نشاسته به صورت متصل با پروتئین دیده می‌شوند. با افزایش اندازه ذرات، سهم گرانول‌های عاری از پروتئین نشاسته رو به افزایش می‌گذارد.

## مواد افزودنی به آرد<sup>۱</sup>:

### الف) مواد سفید کننده<sup>۲</sup>:

آرد، رنگدانه‌های زردرنگی دارد که حدود ۹۵ درصد آن را گزانتوفیل یا استرهای آن تشکیل می‌دهند و علاوه بر این که از نظر تغذیه‌ای هیچ اهمیتی ندارند در هنگام پخت سبب تیره شدن رنگ آرد نیز می‌شوند. معمولاً این رنگدانه‌ها را به نحوی از بین می‌برند. یکی از مرسوم‌ترین سفیدکننده‌های آرد، **بنزوئیل پراکسید**<sup>۳</sup> است که بهتر است آن را در آسیاب به آرد اضافه کنند. در آردی که به این وسیله اصلاح شده آثار اسیدبنزوئیک به جا می‌ماند.

معمولاً این ماده را با حجیم‌کننده‌های غیرآلی که فعالیت شیمیایی ندارند مثل فسفات کلسیم و یا سولفات سدیم - آلومینیوم مخلوط می‌کنند.

**نکته:** بنزوئیل پراکسید روی آرد تنها اثر سفیدکنندگی دارد و هیچ‌گونه نقش بهبوددهندگی ندارد.

در صنعت نانوايي مواد دیگری هستند که علاوه بر بی‌رنگ کردن آرد سبب بهبود ویژگی‌های آن نیز می‌شوند یعنی سبب اکسیدنموندن گروه‌های سولفیدریل (SH) و تبدیل آن‌ها به باندهای دی‌سولفید (S-S) می‌شوند که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود:

### ۱- گاز کلر:

استفاده از گاز کلر در آرد کیک مجاز است، ولی در آرد بیسکویت مجاز نمی‌باشد. کلرینه کردن آرد، امکان افزودن شکر و مقداری مایع به منظور تولید کیک که نسبت بالا (High Ratio) نامیده می‌شود را می‌دهد (در این نوع کیک که میزان شکر و آب هر دو از مقدار آرد بیشتر است) مزیت مهم و اصلی این نوع کیک آن است که میزان رطوبت محصول را می‌توان بدون آن که اثر منفی روی مدت ماندگاری کیک داشته باشد، افزایش داد. میزان رطوبت بالا نوعی تردی به محصول نهایی می‌دهد pH آردهای رنگبری شده کاهش می‌یابد که این امر به عنوان اندازه‌گیری اولیه از میزان کلرینه شدن به کار می‌رود.

### ۲- پراکسید ازت:

این ماده را از طریق واکنش شیمیایی و یا به وسیله قوس الکتریکی می‌توان تولید کرد.

1. Flour Additives

2. Color - removing Agents (Bleachers)

3. Benzoin Peroxide

### ۳- تری کلرید ازت:

این گاز به نام آزن معروف است. تری کلرید ازت با متیونین که یکی از اسیدهای آمینه موجود در پروتئین گندم است وارد واکنش می شود و مشتقی سمی به نام متیونین سولفوکسی مین تولید می کند.

### ۴- دی اکسید کلر:

این ماده با نام Dyox معروف است و در حال حاضر پرمصرف ترین سفیدکننده و بهبوددهنده آرد است. دی اکسید کلر، توکوفرول را از بین می برد.

### ۵- استون پراکساید:

ماده سفیدکننده و بهبوددهنده ای است که به شکل پودر خشک با نام تجاری کیتوکس<sup>۱</sup> که مخلوطی از استون پراکسید و رقیق کننده ای به نام دی کلسیم فسفات یا نشاسته است، به مصرف می رسد.

### (ب) اصلاح کننده ها یا بهبوددهنده ها:

مواد بهبود دهنده، سیستین سولفیدریل یا گروه تیول (SH) موجود در گلوتن گندم را اکسید نموده و پیوندهای دی سولفید جدیدی بین مولکول های گوگرد تشکیل می دهند و در نتیجه گلوتن سفت تر شده و حجم خمیر زیاد می شود.

**نکته:** مواد بهبوددهنده موجب ازدیاد تولید دی اکسید کربن در خمیر نمی شوند بلکه به واسطه تقویت حالت کشسانی در خمیر قدرت نگهداری گاز آن را بالا برده و در نتیجه حجم نان افزایش می یابد.

### ۱- برومات پتاسیم:

به عنوان بهبوددهنده نان، مصرف تجاری دارد. این ماده که با نام تجاری گلو تکس به فروش می رسد پس از تهیه خمیر اثر اکسیدکنندگی بر روی آن می گذارد و خاصیت کشسانی گلوتن را افزایش و قابلیت اتساع آن را کاهش می دهد. از آن جایی که این ماده در آرد خشک غیرفعال است موقع تهیه آرد در آسیابانی هم می توان آن را اضافه نمود.

### ۲- یدات پتاسیم:

اثر این ماده برعکس گلو تکس، سریع است استفاده از این ماده در بعضی از کشورها مجاز نیست زیرا پس از تهیه خمیر، هنوز باقی مانده و از نظر فیزیولوژیکی فعال است.

### ۳- اسید اسکوریک یا ویتامین C:

این ماده بیشتر در فرآیندهای مکانیکی تهیه نان کاربرد دارد. ویتامین C در اثر فعالیت کاتالیتیکی آنزیم اسکوریک اسیداز یا مجاورت با اکسیژن هوا اکسید شده و تبدیل به دهیدرواسکوریک اسید می شود و در حقیقت این ماده است که اثر بهبود دهنده یا اکسنده دارد. اسکوریک اسید گلوتن را تقویت می کند و در نتیجه قدرت نگهداری گاز بهبود می یابد و حجم نان بزرگ تر می شود. اما این ماده ور آمدن خمیر را تسریع نمی کند.

**نکته:** در سیستم های بسته یا مخلوط کن هایی که تحت خلأ عمل می کنند، از آن جایی که اسکوریک اسید تبدیل به دهیدرواسکوریک اسید نمی شود بنابراین در این حالت اسید اسکوریک به صورت یک احیا کننده عمل می کنند.

<sup>۱</sup>. Keetox

<sup>۲</sup>. Improvers

#### ۴- آزدی کاربوناامید<sup>۱</sup>:

این ماده رساننده آرد با نام تجاری ماتوراکس<sup>۲</sup> به بازار عرضه می‌شود این ماده گروه‌های سولفیدریل را اکسید می‌کند و اثر بهبوددهنده روی آرد دارد.

#### ۵- استاروئیل لاکتیلات‌ها:

کلسیم و سدیم استاروئیل ۲- لاکتیلات‌ها نمک‌هایی هستند که در اثر واکنش بین اسیدلاکتیک و اسیداستتاریک تولید می‌شوند. این مواد بهبود دهنده و ضد بیاتی بوده و قدرت نگهداری گاز در خمیر را بالا می‌برند. زمان ور آمدن خمیر را کوتاه می‌کنند و حجم قرص نان را افزایش می‌دهند و نیز مقاومت خمیر را در مقابل زدن بیشتر می‌کنند. با استفاده از این مواد می‌توان نسبت استفاده از آرد غلات غیر از گندم را در آردهای مرکب بالا برد.

#### (ج) مواد احیا کننده<sup>۳</sup>:

این دسته از مواد در آردهای قوی که دارای گلوتن بالایی هستند مصرف می‌شوند و سبب شکستن باندهای دی‌سولفیدپروتئین آرد و کاهش الاستیسیته خمیر، در نتیجه افزایش حلالیت و نرم شدن گلوتن و کاهش زمان مخلوط کردن مخصوصاً در روش‌های مکانیکی تهیه خمیر می‌شوند. از این دسته مواد می‌توان به سیستئین و  $SO_2$  و گلوپتایون اشاره کرد.

#### L - سیستئین:

L سیستئین یک آمینواسید طبیعی است که نقش احیاکننده دارد. معمولاً نمک هیدروکلراید این اسید آمینه که تحت عنوان L-سیستئین هیدروکلراید می‌باشد استفاده می‌شود زیرا حلالیت بیشتری دارد. این آمینواسید واکنش‌های داخل مولکولی و بین مولکولی را در خمیر تسریع می‌کند و سبب بهبود خواص ویسکوالاستیک و نگهداری گاز در خمیر می‌شود. با افزودن سیستئین می‌توان مدت تخمیر یک جا را کوتاه کرد این ماده که یک احیاکننده سریع است در سیستم تولید نان به روش مکانیکی همراه با پرومات پتاسیم و یا ویتامین C که اکسیدکننده‌های کندی هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اثر نرم‌کنندگی سیستئین بروی خمیر نیروی کار لازم برای تولید خمیر کاملاً رسیده را تقلیل می‌دهد. میزان مصرف سیستئین بستگی به کیفیت و قدرت آرد دارد هم‌چنین هرچه دور مخلوط‌کن سریع‌تر باشد میزان افزودن سیستئین به آرد کمتر می‌باشد.

#### (د) آنزیم‌ها:

گندم به‌دست آمده از مناطق خشک محتوی مقدار کمی آنزیم است برای جبران این نقیصه در مراحل تهیه نان از روش‌هایی مثل اضافه کردن آلفا آمیلاز، اضافه کردن آرد مالت و اضافه کردن آمیلاز قارچ‌هایی از گونه اسپیرژیلوس و آمیلاز سنتز شده از گونه‌های باسیلوس استفاده می‌شود.

مقدار آلفا آمیلاز در گندم و آرد باید در حدی باشد که مقدار کافی قند ساده به عنوان پیش‌ساز مواد مؤثر در رنگ، طعم نان و سایر فرآورده‌ها و برای تغذیه مخمرها و سرعت عمل و بهبود وضعیت تخمیر در خمیر حاصل شود. مقدار زیاد آن موجب دکسترینه شدن نشاسته می‌شود که خود عامل چسبندگی خمیر و جدا شدن پوسته نان از بافت خارجی آن می‌شود.

<sup>1</sup>. Azodicarbonamide

<sup>2</sup>. Maturax

<sup>3</sup>. Redueing Agents



گاهی اوقات نیز در صورت قوی بودن بیش از حد گلوتن و یا مثلاً در کارخانجات بیسکویت‌سازی در صورت قوی بودن بیش از حد آرد از پروتئاز استفاده می‌کنند که از یک سو گلوتن را تجزیه نموده و سبب شل شدن بافت خمیر می‌شوند و از طرف دیگر مقداری اسیدآمینه حاصل می‌شود که در واکنش میلارد کاربرد دارند.

آنزیم لیپوکسی ژناز استحصال شده از سویا برای اکسید کردن کاروتنوئیدهای آرد و بی‌رنگ کردن آن استفاده می‌شود. اما در فرآیند ماکارونی‌سازی چون رنگ زرد ماکارونی مطلوب است وجود لیپوکسی ژناز یک عامل منفی تلقی می‌شود.

#### ه) مواد ضد کپک:

##### اسید پروپیونیک:

پروپیونات‌ها برای مصرف در نان و فرآورده‌های تخمیری شیرین به عنوان نگهدارنده کاملاً مناسب می‌باشند. اثر آن‌ها بیشتر بر روی کپک‌هاست و عملاً هیچ‌گونه تاثیری بر مخمرها ندارند.

فعالیت آن وابسته به pH بوده و معمولاً در محصولات که pH آن‌ها تا حدود پنج است کاربرد آن توصیه می‌شود. میزان مصرف آن تابع ضوابط و مقررات هر کشور است ولی معمولاً نمک کلسیم آن را به مقدار ۰/۱ تا ۰/۲ درصد به آرد می‌افزایند.

در کیک‌ها بیشتر از پروپیونات سدیم استفاده می‌شود و علت آن جلوگیری از مزاحمت احتمالی نمک کلسیم بر روی پودر نانوائی (Baking powder) مصرف شده در فرمول کیک می‌باشد.

##### اسید سوربیک:

سوربات‌ها نیز بیشتر بر قارچ و ضمناً مخمر مؤثرند هر چند که بر باکتری‌ها نیز بی‌تأثیر نمی‌باشند از آن‌ها در تهیه انواع کیک استفاده می‌گردد. با توجه به اثری که سوربات‌ها روی مخمرها دارند موجب کاهش حجم نان (به مقدار خیلی کم) می‌شوند بنابراین، برای محصولات تخمیری مناسب نمی‌باشند و نمی‌توان مانند پروپیونات‌ها با افزایش زمان تخمیر و بهبود اثر سوربات‌ها، اثر نامطلوب آن‌ها بر روی مخمر را کاهش داد.

##### دی‌استات سدیم:

دی‌استات سدیم نیز مانند پروپیونات‌ها روی قارچ‌ها و باکتری‌ها موثر بوده ولی فعالیت مخمرها را متوقف نمی‌نماید. برای تهیه کیک نیز از آن می‌توان استفاده نمود هر چند بوی تند سرکه‌ای آن مانع بزرگی خواهد بود.

#### و) مواد مغذی<sup>۱</sup>:

از آنجایی که بیشتر مواد مغذی (ویتامین‌ها و مواد معدنی) غلات در پوسته آن‌ها قرار دارد و بالطبع همراه با سبوس از آرد خارج می‌شوند، در بسیاری از کشورها پس از تعیین مقدار ماده مغذی که طی عمل آسیاب کردن گندم و تولید آرد حذف شده‌اند مقادیر حذف شده را دوباره به آرد اضافه می‌کنند تا مواد مغذی از دست رفته جبران شوند. این عمل را **Flour Enrichment** می‌گویند.

گاهی مواد مغذی براساس کمبودهای موجود در یک کشور یا یک منطقه خاص به آرد اضافه می‌شود، که به این عمل **Flour Fortification** می‌گویند.

غنی کردن آرد با پروتئین‌ها، آهن، کلسیم، ویتامین، ریوفلاوین، ویتامین C و ویتامین A مرسوم است.

**نکته:** برای غنی کردن آرد با مواد مغذی یا اضافه کردن هر ماده افزودنی دیگر در آسیاب از دستگاه **Pulsefeeder** و **Microfeeder** استفاده می‌شود که مقدار کم این مواد را به‌طور یکنواخت به حجم زیادی آرد اضافه می‌کند.

## ن) هوادهنده‌ها یا حجم‌دهنده‌ها<sup>۱</sup>:

این دسته، موادی هستند که در طول پخت دی‌اکسیدکربن تولید نموده و سبب باد کردن و حجیم شدن خمیر می‌شوند. از آن جایی که در صورت استفاده از این مواد تولید و افزایش گاز در طول پخت سریع است لذا خمیر باید به خوبی متورم و حجیم شود و از سوی دیگر به قدر کافی قوی باشد که بتواند گاز را در خود حفظ کند. این گروه از مواد شامل یک ماده قلیایی و یک ماده اسیدی است که در حضور آب و اعمال حرارت، دی‌اکسیدکربن به وجود می‌آورند.

این گروه شامل اسید تارتاریک به صورت پتاسیم هیدروژن تارتارات (PHT) است که اصطلاحاً کرم تارتار نامیده می‌شود و در عمل مقداری دی‌اکسیدکربن آزاد کرده موجب حجیم شدن خمیر می‌شود از مواد دیگر می‌توان به فسفات اسید کلسیم، پیروفسفات اسید سدیم، گلوکونودلتا لاکتون و بی‌کربنات آمونیوم اشاره کرد.

## ن) امولسیون‌کننده‌ها:

این مواد در بافت خمیر بین دو فاز غیر قابل اختلاط قرار گرفته و با کم کردن کشش سطحی بین مولکول‌های دو فاز سبب آسان شدن اختلاط آن‌ها و تشکیل امولسیون پایدار می‌شوند.

مهمترین نقش امولسیون‌کننده در فرآورده‌های پخت عبارت است از:

- کمک به کمپلکس شدن نشاسته و پروتئین، واکنش با پروتئین‌ها، تغییر ویسکوزیته خمیر، هوادهی و کف‌کنندگی خمیر، تغییر بافت فرآورده، روان شدن شبکه گلوتن، مرطوب‌کنندگی، به تأخیر انداختن بیاتی و بهبود کام‌پذیری فرآورده نهایی.
- از امولسیفایرهای موثر در فرآورده‌های پخت می‌توان به مونو و دی‌گلیسریدها، سدیم استئاروئیل لاکتیلات (SSL)، لسیتین، استرهای اسید ستریک اشاره کرد.

در صنایع پخت لسیتین مهمترین امولسیون‌کننده می‌باشد که موجب بهبود تخمیر و آزاد شدن بیشتر  $CO_2$  می‌شود. لسیتین قادر است آب آزاد خمیر را جمع کرده و آن را خشک کند که در نتیجه کار با چنین خمیری آسان‌تر می‌شود. با مصرف آب می‌توان مصرف چربی را در فرمول غذاهای رژیمی کم‌چربی و کم‌کالری کاهش داد. لسیتین می‌تواند با نشاسته کمپلکس تشکیل داده و دمای ژلاتینه شدن آن را کم کند.

## روش‌های فیزیکی برای اصلاح آرد:

انبار کردن طولانی مدت آرد سبب اکسیداسیون طبیعی آن می‌شود و هم‌چنین با استفاده از خمیر کن‌های با دور زیاد می‌توان میزان استفاده از مواد اکسیدکننده را کاهش داد. گاهی نیز خمیر را هوا می‌دهند یعنی مقداری از آرد را با آب مخلوط می‌کنند و به شدت هم می‌زنند تا مقدار زیادی هوا وارد فاز مایع شود سپس باقی‌مانده آرد را اضافه می‌کنند در این روش اکسیژن هوا به کمک آنزیم لیپوکسی‌ژناز عمل اکسیداسیون را انجام می‌دهد.

## تکنولوژی تولید نان<sup>۲</sup>:

هدف از عمل نانواپی و پخت نان این است که آرد غلات در شکلی جذاب، قابل مصرف و قابل هضم عرضه شود.

نان از پخت خمیری حاصل می‌شود که مواد اصلی تشکیل‌دهنده آن آرد گندم، آب، مخمر و نمک است. سایر موادی که ممکن است به آن اضافه شوند شامل آرد سایر غلات، چربی، آرد مالت، مواد تخمیری، امولسیفایر، شیر و قند می‌باشد.

<sup>1</sup>. Aerating Agents

<sup>2</sup>. Bread making Technology

سه شرط لازم در تهیه نان از آرد گندم به شرح زیر می‌باشند:

- ۱- تشکیل شبکه گلوتن در اثر جذب آب توسط پروتئین موجود در آرد
- ۲- ایجاد حباب هوا در مخلوط در نتیجه تولید گاز و در نتیجه ایجاد بافتی اسفنجی و حجیم در محصول
- ۳- منعقد شدن کل سیستم توسط حرارت که شامل انعقاد گلوتن و ژلاتینه شدن نشاسته می‌باشد.

## مواد تشکیل دهنده نان:

### ۱- آرد:

آرد مهم‌ترین جز ساختمانی خمیر و نان است هم‌چنین عامل اساسی در تشکیل خمیر چسبنده با قابلیت کششی که بتواند گاز را در خود نگهدارد می‌باشد.

آرد گندم مناسب برای تهیه نان بایستی ویژگی‌های زیر را دارا باشد:

- از آرد قوی با پروتئین بالا (بالاتر از ۱۱ درصد) که گلوتن آن در حد مطلوب باشد استفاده شود.
- فعالیت آنزیمی آرد باید در حد مناسب باشد:

رقم فالینگ نامبر مطلوب بین ۴۰۰-۲۰۰ بوده و میزان رطوبت آن بیش از ۱۴ درصد نباشد. البته گاهی برای تولید نان به روش شیمیایی می‌توان از آرد گندم‌های سفید نرم که پروتئین کمی دارند هم استفاده کرد.

آسیب دیدن بخشی از گرانول‌های نشاسته در مراحل استحصال آرد برای اثر آنزیم‌ها و تولید قندهای ساده و در نهایت قدرت تولید گاز در خمیر، زمینه مناسبی را به وجود می‌آورد. علاوه بر آن میزان جذب آب آرد را نیز افزایش می‌دهد. در صورتی که آسیب دیدگی نشاسته بیش از حد باشد از چنین آردی خمیری چسبنده به دست می‌آید که بر کیفیت نان اثر منفی خواهد گذارد. در مورد درصد استخراج آرد از گندم باید توجه نمود که در استخراج با درصد بالا هرچند کیفیت رنگ آرد بهتر خواهد شد و از مقدار اسیدفیتیک نیز کاسته می‌شود، اما از سوی دیگر بخشی از ارزش غذایی آرد کاهش می‌یابد.

### ۲- مخمر:

در کلیه روش‌های پخت نان از مخمر برای ایجاد حجم، بهبود طعم و کیفیت گلوتن و افزایش قابلیت هضم نان حاصل استفاده می‌شود.

#### ۱- بهبود عطر و طعم نان:

در جریان تخمیر، مواد آروماتیک پیچیده‌ای توسط مخمرها سنتز می‌شود که باعث افزایش عطر و طعم فرآورده نهایی می‌گردد.

#### ۲- بهبود رنگ پوسته نان:

در اثر فعالیت مخمرها آنزیم‌هایی سنتز می‌شود که برخی از این آنزیم‌ها باعث آزاد شدن قندهای احیا کننده می‌شوند که این قندهای احیا کننده با مواد پروتئینی خمیر به ویژه در قسمت‌های سطحی که بیشتر تحت تأثیر حرارت فر یا کوره پخت می‌باشد ترکیب شده و باعث قهوه‌ای شدن پوسته نان می‌شود که در اثر واکنش میلارد رخ می‌دهد. این واکنش تولید ترکیبات آروماتیک نیز می‌کند که همگی در عطر و طعم نان نقش بسزایی دارند.

#### ۳- افزایش ارزش غذایی نان:

اسید فیتیک موجود در خمیر توسط آنزیم فیتاز تولید شده توسط مخمر تجزیه می‌شود. در غیر این صورت وجود اسید فیتیک به عنوان یک عامل بازدارنده از جذب یون‌هایی نظیر کلسیم و آهن در بدن جلوگیری می‌کند به ویژه در مورد آردهایی با درجه استخراج

بالا (آردهای تیره یا کامل) این امر بیشتر به چشم می‌خورد لذا در این مورد با استفاده از تخمیر و افزایش مدت زمان آن می‌توان اسید فیتیک و نمک‌های آن را تجزیه نمود و بدین ترتیب ارزش غذایی نان را افزایش داد.

#### ۴- افزایش قابلیت هضم نان:

گاز دی‌اکسید کربن تولید شده توسط مخمرها باعث متخلخل و حجیم شدن محصول نهایی می‌گردد و سطح تماس آن با شیرهای گوارشی را در بدن افزایش می‌دهد به این ترتیب قابلیت هضم نان بهبود می‌یابد.

مخمر نانوائی از جنس ساکارومیسس سرویزیه است که در pH کمتر از ۶ فعالیت می‌کند و علاوه بر ایجاد حجم یکسری ویتامین و آنزیم هم در خمیر تولید می‌کند. از مهم‌ترین این آنزیم‌ها فیتاز است که سبب شکستن اسیدفیتیک می‌شود. همچنین انورتاز، مالتاز و زیماز (آنزیم‌هایی که بر روی قند انورت اثر می‌کنند) نیز از آنزیم‌های دیگر ترشح شده به وسیله مخمر است.

مقدار مخمیری که مورد استفاده قرار می‌گیرد با طول مدت تخمیر نسبت عکس دارد. همچنین شدت فعالیت مخمر با افزایش حرارت به سرعت افزایش می‌یابد و بنابراین در مدت ثابت تخمیر مقدار مخمر لازم با افزایش دمای خمیر کاهش می‌یابد.

مخمرهای نانوائی با روش‌های مختلفی تولید می‌شوند که متداول‌ترین آن‌ها عبارتند از:

**الف) مخمر خشک فعال:** از طریق انجماد و خلاء، خشک می‌شود و دارای ۵/۴، ۴، ۲/۲ درصد رطوبت می‌باشد. هنگام مصرف با ۱۰ برابر وزنش آب مخلوط می‌شود و به صورت فعال در می‌آید.

**ب) مخمر فشرده:** دارای ۶۹-۷۱٪ رطوبت می‌باشد.

**ج) مخمر خشک غیر فعال:** به وسیله حرارت، سلول‌های زنده آن کشته شده و استفاده محدودتری دارد.

#### نمک:

نمک را به منظور بهبود طعم به خمیر اضافه می‌کنند. همچنین نمک تا حدودی اسیدهای حاصل از تخمیر را خنثی نموده و از ترشی نان حاصل جلوگیری می‌کند. این امر به ویژه در مواردی که مدت زمان تخمیر طولانی است دارای اهمیت می‌باشد. نمک شدت تخمیر را نیز کاهش می‌دهد و نیز سبب سفت شدن گلوتن می‌شود و از چسبندگی خمیر می‌کاهد. علاوه بر اینها نمک از رشد و نمو باکتری‌های غیرمجاز می‌کاهد و در نهایت سبب بهبود رنگ محصول نیز می‌شود.

مقدار نمک مورد استفاده معمولاً بین ۱/۸ - ۱/۲ درصد وزن آرد است.

نمک‌طعام یکی از موادی است که در تهیه نان به کار می‌رود. درصد کمی کلرورسدیم، خمیر را سفت نموده و حالت چسبندگی آن را کاهش می‌دهد. کلرور سدیم حلالیت پنتوزان‌های موجود در خمیر را زیاد می‌کند. کارایی کلریدسدیم در آردهای روشن نسبت به آردهای تیره‌رنگ بیشتر است. در خمیر حاصل از آرد گندم جوانه زده، نمک موجب مهار فعالیت آنزیمی و واکنش‌های ناخواسته آن می‌گردد و بالاخره در مواردی که از آب دارای سختی کمتر از حد معمول استفاده شود نمک می‌تواند موجب بهبود کیفیت شبکه گلوتن شود.

یکی از مشکلات استفاده از کلریدسدیم کلوخهای شدن آن در اثر بالا رفتن رطوبت نسبی هوا است. برای جلوگیری از این نقص می‌توان از نمک‌های کلسیم، پتاسیم و سدیم هگزاسیانوفرات استفاده نمود.

بررسی‌های انجام شده با دستگاه اکستنسوگراف نشان می‌دهد که افزودن نمک نه تنها مقاومت خمیر را افزایش می‌دهد بلکه قابلیت کشش آن را نیز زیاد می‌کند. در حالی که مواد اکسیدکننده مقاومت را زیاد ولی قابلیت کشش را کم می‌کنند.

مکانیزم اثر نمک بر کیفیت خمیر را بر معنای خواص الکترواستاتیکی آن توجیه می‌کنند. در حالتی که pH خمیر بالاتر یا پایین‌تر از pH ایزوالکتریک (که در آن pH پروتئین‌ها رسوب می‌کنند) باشد، مولکول‌های پروتئین دارای بارهای الکتریکی هم‌نام می‌باشند و دافعه متقابل بارها، از رسوب پروتئین‌ها و در نتیجه سفت شدن آن جلوگیری می‌نمایند. ولی اگر از یک الکترولیت مناسب مانند نمک

که بتواند هم‌چون سپر بین بارهای هم‌نام قرار گیرد، استفاده شود، مولکول‌های پروتئین تا حدی به هم نزدیک شده و در پروتئین سفتی ایجاد می‌شود.

## آب:

آب مورد استفاده جهت تولید خمیر باید عاری از آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی زیاد باشد و سختی آن از ۱۵۰-۱۰۰ ppm تجاوز ننماید، سختی کمتر از ۱۰۰ ppm نیز مطلوب نیست زیرا در این صورت موجب چسبندگی خمیر می‌شود. آب‌های سخت نیز موجب تأخیر در عمل تخمیر شده و در نتیجه مقاومت گلوتن را افزایش می‌دهند. با توجه به این‌که pH مناسب برای تخمیر بین ۵ تا ۶ است، آب مناسب برای تخمیر باید pH در حدود خنثی یا کمی اسیدی داشته باشد.

دمای آب مصرفی جهت تهیه خمیر را از طریق فرمول زیر به دست می‌آورند.

$$(\text{دمای محیط} + \text{دمای آرد}) - (\text{دمای مناسب خمیر}) \times 3 = \text{دمای آب مصرفی}$$

مقدار و نوع مواد آلی و املاح محلول با آب می‌تواند بر طعم، رنگ و خصوصیات فیزیکی، شدت تورم، تخمیر و ... در آرد اثر بگذارد. مهم‌ترین اثر املاح موجود در آب بر خصوصیات مکانیکی خمیر، و بافت آن ظاهر می‌شود. مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که املاحی مانند اکسید کلسیم، کربنات کلسیم، سولفات کلسیم، کلرور منیزیم و بیکربنات سدیم می‌توانند بر تخمیر اثر بگذارند. بدین ترتیب که املاح قلیایی موجود در آب، اسیدیته حاصل از انجام فرآیند تخمیر در خمیر را کاهش می‌دهند. این عمل به نوبه خود بر سرعت فعالیت آنزیم‌ها اثر نهاده و کل فرآیند تخمیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وجود حالت قلیایی در خمیر بر مخمرها اثرات جانبی نیز دارد زیرا بعضی از گونه‌های مخمرها تا حدودی تحت تأثیر این حالت قرار می‌گیرند.

استفاده از آب‌های فاقد املاح کافی به خمیر حاصله حالت چسبندگی بیش از حد لزوم می‌دهد. با افزودن املاح مناسب مانند کلسیم منوفسفات در آب می‌توان بر این حالت غلبه نمود.

از سوی دیگر افزودن املاح کلسیم و منیزیم به آب، منجر به سفت‌تر شدن خمیر می‌گردد که آن را ناشی از واکنش گلوتن با کاتیون‌ها می‌دانند.

در مورد بیکربنات سدیم، مطالعات نشان داده است که اگر مقدار آن تا حد 1000 PPM باشد تأثیری بر تخمیر نخواهد داشت. هم‌چنین اکسید منیزیم در صورتی که کمتر از 500 PPM باشد اثر سوئی نخواهد داشت اگر مقدار آن از این حد فراتر رود، باعث کاهش حجم نان خواهد شد، در مورد کلرورها و سولفات‌های قلیایی خصوصاً سولفات کلسیم، اعتقاد بر این است که وجود آن‌ها به دلیل آن‌که می‌توانند گلوتن را سفت‌تر نمایند می‌تواند تا حدودی مفید واقع شود.

کلرورها و فلوئورها نیز اثر کمی بر خمیر نان دارند. کلر موجود در آب تا حدی زمان تخمیر را کاهش می‌دهد و حتی در صورتی که آرد ضعیف باشد می‌تواند کیفیت آن را بهبود بخشد.

در بعضی موارد مقادیر ناچیز املاح آب می‌تواند بر کیفیت خمیر اثر بگذارد. وجود کمتر از 1 PPM وانادیوم، می‌تواند خصوصیات خمیر را تغییر دهد. کادمیوم نیز از اثر قابل توجهی برخوردار است. ورود مقدار کمی کادمیوم از تیغه‌ها به هم‌زن جهت ایجاد تأخیر در تخمیر، کافی خواهد بود.

وجود آهن و منیزیم در آب، باعث بدرنگ شدن محصول نهایی می‌گردد. هر چند مقدار آن‌ها در آب آن‌قدر زیاد نیست که بتواند اثراتی بر بافت خمیر و یا نان داشته باشد.

به طور خلاصه می‌توان نقش عمده آب در خمیر را به صورت زیر خلاصه نمود:

- کمک به تشکیل شبکه گلوتن
- کنترل ویسکوزیته و قوام خمیر
- کنترل دمای خمیر برای فعالیت مخمرها
- پخش یکنواخت مواد افزودنی آرد در خمیر
- مرطوب نمودن نشاسته و کمک به تورم آن
- کمک به فعالیت‌های آنزیمی در خمیر

### چربی:

چربی معمولاً به نسبت یک درصد وزنی به آرد اضافه می‌شود و سبب بهبود کیفیت و ویژگی‌های شبکه گلوتن و بافت نان حاصل می‌شود. اضافه کردن چربی سبب تأخیر بیاتی نان نیز می‌شود. چربی از سختی پوسته نان کاسته و سبب می‌شود که دیواره سلول‌های مغز نان نازک‌تر و در نتیجه بافت نان، نازک‌تر شده و بریدن آن آسانتر شود. چربی اضافه شده باعث می‌شود که خمیر نرم‌تر شده و به راحتی فرم بگیرد. افزودن بیش از حد چربی باعث کاهش فعالیت تخمیری و تولید  $CO_2$  در خمیر شده و مدت زمان تخمیر را طولانی می‌کند. در این حالت می‌توان مقدار آب را به اندازه ۴۰٪ وزن چربی اضافه شده کاهش داد.

نکته: اضافه کردن لیپیدهای قطبی به خمیر سبب افزایش حجم خمیر می‌شوند در حالی که لیپیدهای غیرقطبی سبب کاهش حجم خمیر می‌شوند.

### پودرهای نانوائی<sup>۱</sup>:

از پودرهای نانوائی برای افزایش حجم خمیر و بهبود رنگ پوسته، تردی بافت، بالا بردن قابلیت کشش شبکه گلوتن خمیر و به طور کلی اصلاح پاره‌ای از ویژگی‌های خمیر استفاده می‌شود. پودرهای نانوائی از بی‌کربنات سدیم و نوعی اسید ضعیف تشکیل شده‌اند که در اثر جذب آب تولید دی‌اکسیدکربن می‌کنند و این گاز موجب افزایش حجم و اسفنجی شدن بافت نان می‌شود. بی‌کربنات سدیم در آب کاملاً محلول است و به هنگام مخلوط نمودن خمیر سریعاً در آب حل می‌شود. پودرهای نانوائی معمولاً براساس ۴۰ درصد اسید، ۲۰ درصد بی‌کربنات سدیم و ۴۰ درصد ماده پرکننده یا Filler مثل نشاسته ترکیب می‌شوند. این ترکیب ۱۰ درصد دی‌اکسیدکربن تولید می‌کند که مقدار مطلوبی است. تنظیم مقدار  $CO_2$  تولیدی با میزان جوش شیرین است. واکنش تولید گاز به هنگام تهیه خمیر آغاز شده و توسط حرارت و در هنگام پخت محصول تکمیل می‌گردد. این واکنش ممکن است در حد فاصل بین مخلوط کردن و پخت نیز انجام شود که به آن اصطلاحاً فعالیت در دوره استراحت یا **bench time** می‌گویند. انتخاب اسید به عواملی مثل سرعت آزاد شدن گاز، تناسب آن با محصول و زمان مخلوط کردن، درآمدن و پخت محصول بستگی دارد.

بی‌کربنات سدیم موجود در پودر پخت توسط حرارت تبدیل به دی‌اکسیدکربن و کربنات سدیم می‌شود و در صورتی که روغن در محیط باشد کربنات سدیم تولید شده با آن ترکیب شده و ایجاد صابون می‌کند. به همین جهت پودرهای نانوائی را با نوعی اسید مخلوط می‌کنند تا از ایجاد صابون جلوگیری شود. به طور کلی برحسب نوع و میزان تاثیر، پودرهای نانوائی را به صورت زیر طبقه‌بندی می‌کنند:

### ۱- موادی که سریع عمل می‌کنند<sup>۱</sup>:

این دسته پس از مخلوط شدن با آب و آرد، مقدار نسبتاً زیادی CO<sub>2</sub> تولید می‌کنند بعضی از آن‌ها مثل تارتارات خیلی سریع عمل می‌کنند بنابراین برای تولید نان مناسب نیستند و برخی نیز عمل نسبتاً سریعی دارند مثل فسفات اسیدکلسیم هیدراته.

### ۲- مواد با اثر کند:

این دسته CO<sub>2</sub> خود را تا زمانی که محصول وارد کوره پخت نشده آزاد نمی‌کنند از این دسته می‌توان به پیروفسفات کلسیم و پیروفسفات سدیم همراه با بی‌کربنات سدیم و نشاسته ذرت اشاره کرد.

**نکته:** مشکل عمده سدیم اسید پیروفسفات بروز پدیده **Aftertaste** است که بر روی دندان‌ها باقی می‌گذارد این طعم اصطلاحاً **pyro** نامیده می‌شود و به دلیل جایگزینی کلسیم سطح دندان با سدیم می‌باشد.

فسفات مضاعف سدیم و آلومینیوم و یا سولفات مضاعف سدیم و آلومینیوم، سولفات مضاعف سدیم و آلومینیوم از مواد دیگر هستند.

در عمل برای نتیجه‌گیری بهتر از موادی که سریع اثر می‌کند و موادی که دیر اثر می‌کند، به صورت توأم استفاده می‌شود. از گلوکونودلتالاکتون به عنوان عامل اسیدی کننده استفاده می‌شود.

درصد مواد اولیه در پودرهای نانوائی با توجه به عدد خنثی‌کنندگی محاسبه می‌شود که عبارتست از مقدار وزنی جوش شیرین لازم برای خنثی کردن ۱۰۰ واحد وزنی مواد اسیدی تحت شرایط استاندارد. مقدار جوش شیرین در فرمول ساخت نباید از ۳۰ درصد تجاوز نماید.

استفاده نادرست از مواد حجم دهنده قلیایی و اسیدی ممکن است موجب پیدایش نقاط تیره روی سطح محصول، سبز شدن بافت به دلیل بالا رفتن مقدار بی‌کربنات، تغییر طعم و ایجاد طعم قلیایی در اثر کمی مصرف اسیدکننده‌ها شود.

### آماده کردن خمیر<sup>۲</sup>:

آماده کردن خمیر عبارت است از مجموعه تغییراتی که باعث شکل‌گیری شبکه گلوتنی و انجام واکنش‌های شیمیایی به ویژه واکنش‌های پروتئولیتیک می‌گردد. عمل‌آوری خمیر شامل سه مرحله به شرح زیر است:

### ۱- تعدیل دمای آب و آرد:

مقدار آبی که لازم است با آرد مخلوط شود تا خمیری با قوام استاندارد بوجود آید معمولاً ۵۵ تا ۶۱ لیتر به ازاء ۱۰۰ کیلوگرم آرد است. هر چه پروتئین و نشاسته صدمه‌دیده بیشتری در آرد باشد نسبت افزودن آب بیشتر می‌شود بنابراین آرد حاصل از گندم قوی و آرد گندم سخت که مقدار نشاسته آسیب‌دیده بیشتری دارد در مقایسه با آردهای ضعیف و نرم به آب بیشتری نیاز دارند.

<sup>۱</sup>. Fast Acting

<sup>۲</sup>. Dough Development

آرد را یک روز قبل از تهیه خمیر در محل تهیه خمیر قرار می‌دهیم تا دمای آن در حد لازم بالا برود.

## ۲- مخلوط کردن اجزای خمیر: Mixing

در این حالت بایستی ابتدا تمام اجزاء خشک بدون اضافه کردن آب با هم مخلوط شوند و پس از یکنواخت شدن آن‌ها، آب و سایر مواد مایع اضافه شوند. سوسپانسیون مخمر نیز پس از تهیه خمیر و در اواخر مرحله مخلوط کردن اضافه می‌شود. چربی نیز پس از افزودن مخمر اضافه می‌شود.

در صورتی که کلیه مواد افزودنی به طور همزمان اضافه شوند در این صورت مخمر فرصت کافی برای آداپته شدن با محیط و قدرت جذب آب را نداشته و عمل تخمیر به خوبی صورت نخواهد گرفت لذا بهتر است مخمر را به طور جداگانه در آب ولرم خیس کرده و بعد از شروع فعالیت همراه آب به خمیر اضافه کرد. از طرفی اگر تمام اجزاء خمیر یک جا با هم مخلوط شوند مخمرها طی رشد و نمو و فعالیت خود با سنتز آنزیم‌های آمیلولیتیک روی ترکیبات نشاسته‌ای اثر کرده و باعث تضعیف آن‌ها خواهند شد همچنین با تولید اسیدهای آلی باعث ترش شدن خمیر می‌شوند.

در هنگام تهیه نان، آب، آرد و اجزاء دیگر را با یکدیگر مخلوط می‌کنند. تشکیل یک خمیر الاستیک و چسبنده فقط مربوط به گندم است. در واقع خمیر چیزی فراتر از مخلوط آرد و آب می‌باشد. در جریان مخلوط کردن این دو تغییرات زیادی مشاهده می‌شود. بدین ترتیب که ابتدا یک مخلوط آبکی به دست می‌آید که رفته رفته سفت شده و حتی ممکن است حالت پودری به خود گیرد. (در صورتی که مقادیر آرد بسیار زیاد باشد).

با ادامه هم زدن تغییرات قابل ملاحظه دیگری اتفاق خواهد افتاد. مجموعه مخلوط آب و آرد یا سیستم متشکله حالت سفتی و رطوبت زیاد خود را از دست می‌دهد و به نظر می‌رسد که آب در سیستم به کلی ناپدید شده است. بدین ترتیب یک خمیر چسبنده به دست می‌آید. در این مرحله خمیر نسبت به کشش مقاومت می‌نماید و این مقاومت با هم زدن بیشتر خمیر افزایش می‌یابد. مکانیزم عمل بدین ترتیب است که به هنگام افزودن آب به آرد، سطح ذرات آرد به وسیله آب به سرعت احاطه می‌شود، اما از آن جا که در ابتدا مقدار آب بیش از سطح ذرات است، سیستم حالت کاملاً مایع و آبکی داشته و به در مقابل کشش نیز مقاومت نمی‌نماید و به سرعت توده تشکیل شده از هم متلاشی می‌شود.

در صورتی که عمل اختلاط انجام نشود، بروز تغییرات در خمیر ناچیز خواهد بود، خصوصاً اگر دانه گندم از نوع سخت باشد، آب به درون ذرات به کندی نفوذ می‌کند، با هم زدن خمیر سرعت نفوذ آب به درون ذرات بیشتر شده و آن را کاملاً هیدراته می‌نمایند. هم‌چنان که آب به درون ذرات نفوذ می‌نماید، مقاومت سیستم به کشش نیز بتدریج افزایش می‌یابد. جنبه مهم دیگر در پدیده مخلوط شدن، مشارکت هوا است، بتدریج که حالت به هم چسبندگی خمیر بیشتر می‌شود هوا در درون بافت بیشتر محبوس شده و در نتیجه وزن مخصوص خمیر را کاهش می‌دهد.

علاوه بر نشاسته، گلوتن موجود در آرد نیز شروع به جذب آب نموده و بر حجم خود می‌افزاید. با جذب آب، گلوتن ابتدا تشکیل یک شبکه دو بعدی را می‌دهد که قادر به حفظ و نگهداری گاز نمی‌باشد. با کمی بهم زدن که به آن ورز دادن<sup>۱</sup> گفته می‌شود کار تبدیل شبکه دو بعدی به سه بعدی گلوتن انجام خواهد شد.

## ۳- عمل آوری خمیر:

از سه روش جهت عمل آوری خمیر استفاده می‌کنند که شامل موارد زیر است:

۱- عمل آوری بیولوژیکی: به وسیله مخمر مثل فرایند تخمیر یک جا (طولانی) و یا سیستم اسفنج و خمیر

۲- عمل آوری مکانیکی: به وسیله مخلوط کردن شدید و استفاده از عوامل اکسیدکننده مثل فرایند نان کورلی وود



۳- عمل آوری شیمیایی: استفاده از عوامل احیا و اکسیدکننده مثل فرایند گسترش خمیر فعال شده

### ۱- عمل آوری بیولوژیکی:

عمل آوردن بیولوژیکی خمیر، یا توسط خمیر ترش (خمیر شب مانده) و یا توسط مخمرها انجام می‌شود. در خمیر ترش، باکتری‌های مولد اسید و مخمرها به طور هم‌زیست فعالیت می‌نمایند.

سه عمل عمده میکروارگانیزم‌های خمیر ترش عبارتند از:

۱- تشکیل گاز دی‌اکسیدکربن به منظور پوک کردن خمیر

۲- تشکیل اسید که اثری مثبت در نابودی مواد مضر در خمیر دارد.

۳- تشکیل مواد معطره که عامل بوی مطبوع نان به شمار می‌آیند.

در روش تهیه خمیر با مخمر، به علت فعالیت آنزیماتیکی، قسمتی از قندهای قابل تخمیر توسط مخمر مصرف می‌شود در نتیجه کاهش وزنی که اصطلاحاً آن را «کاهش وزن تخمیر» می‌نامند به وجود می‌آید. این کاهش وزن به روش تهیه خمیر، مدت زمان تخمیر، مواد اولیه، درجه حرارت و سایر عوامل بستگی دارد. درصد نوسان کاهش وزن تخمیر بین ۰/۵ تا ۵ درصد است.

هرچه مدت زمان تخمیر کوتاه‌تر باشد درصد کاهش وزن تخمیر کمتر و هرچه طولانی‌تر باشد درصد آن بیشتر است.

روش تهیه خمیر از طریق عمل آوری بیولوژیکی می‌تواند به روش‌های زیر انجام پذیرد:

الف) تخمیر یک‌جا (طولانی):

در این روش تمام اجزای خمیر و مخمر مخلوط شده و برای مدت معینی در دمای  $27^{\circ}\text{C}$  قرار می‌گیرند سپس آن را در فر می‌گذارند تا نان تهیه شود. در این روش از مخمر به میزان کم استفاده می‌شود.

ب) سیستم مستقیم (بدون خمیر اولیه):

در این سیستم که به فرایند تخمیر سه ساعته نیز موسوم است پس از ۲ ساعت خمیر را بر می‌گردانند تا گاز تولید شده خارج شود و خمیر به اصطلاح خفه نشود و نیز توزیع دما در سراسر خمیر یکنواخت شده و اختلاط کامل‌تری در خمیر انجام شود.

در تهیه خمیر به این روش باید به نکات ذیل توجه نمود:

الف) برای ایجاد پوکی بیشتر خمیر، میزان مخمر و درجه حرارت باید اندکی افزایش یابد.

ب) درجه حرارت آب مورد استفاده نسبتاً بالا باشد.

ج) تا حد ممکن از به‌کارگیری آرد با کیفیت و کمیت پروتئینی ضعیف اجتناب شود.

این روش دارای مزایا و معایبی است که به طور جداگانه به آن‌ها اشاره می‌شود:

مزایا:

• صرفه‌جویی در نیروی انسانی و زمان.

• کاهش تأثیر عوامل خارجی بر روی خمیر به علت کوتاه بودن زمان.

• جلوگیری از کاهش وزن خمیر در طی تخمیر.

معایب:

• تشکیل کمتر اسید و ترکیبات آلی که این خود روی عطر و بو و طعم و مزه نان اثر منفی دارد.

• گرفتن طعم و بوی بیشتر مخمر در نان.

• حجم نان تولیدی در این روش کمتر از حجم نان تهیه شده به روش غیرمستقیم خواهد بود.

• افزایش مصرف مخمر

(ج) روش غیر مستقیم (اسفنج و خمیر):

فرق این سیستم با سیستم خمیر مستقیم در این است که در این روش در ابتدا فقط قسمتی از آرد را در ابتدا با همه مخمر و با مقدار کافی آب مخلوط می‌کنند تا خمیر بسازند. این خمیر را برای چند ساعت می‌گذارند تا تخمیر شود (به این خمیر اولیه که به آرد قوی‌تری نیاز دارد اسفنج اطلاق می‌شود). سپس اسفنج را به هم می‌زنند و بقیه آرد و همه نمک و روغن را اضافه می‌کنند تا خمیری با قوام لازم تهیه شود.

در این سیستم به علت پائین بودن ویسکوزیته و مواد جامد محلول و غیرمحلول و نمک در محیط عمل، تخمیر به نحو بهتر و سریع‌تری انجام می‌گیرد و ضمناً از اثر آنزیم‌های مختلف بروی تمام شبکه گلوتن جلوگیری می‌شود. در مرحله تخمیر مقداری گاز کربنیک و در حدود ۳/۳ درصد وزن آرد، الکل تولید می‌شود که موجب تخلخل خمیر می‌شوند، قسمت عمده این ترکیبات در حین پخت خارج می‌شوند. هم‌چنین مقداری اسید هم تولید می‌شود که این اسیدها بر روی الاستیسیته و حالت کلونیدی گلوتن و نیز بر روی قدرت و فعالیت آنزیم‌ها اثر منفی دارند بنابراین باید در خمیر سیستم بافری وجود داشته باشد.

مزایای روش غیرمستقیم تهیه خمیر:

- صرفه‌جویی در مصرف مخمر.
- کوتاه شدن زمان تخمیر نهایی.
- به تأخیر افتادن زمان بیاتی نان به علت متورم شدن بهتر نشاسته.
- ایجاد طعم و بوی خوب در نان.
- بهبود الاستیسیته و ایجاد خلل و فرج ظریف در بافت نان.

معایب روش غیرمستقیم تهیه خمیر:

- اضافه‌شدن حجم کار.
- نیاز بیشتر به نیروی انسانی و وسایل کار.
- کاهش وزن زیاد خمیر در طی تخمیر

## ۲- عمل آوری مکانیکی<sup>۱</sup>:

در این روش مواد پوک‌کننده (در مواردی گاز اکسیدکربن یا بخار آب) از طریق به هم‌زدن سریع و شدید خمیر وارد آن می‌شود. در انجام این روش باید به دو نکته توجه نمود. اول آنکه خمیر دچار شکستگی ناشی از سرعت بالای مخلوط کن نشود و ثانیاً خمیر فوراً به نان تبدیل شود، که در غیر این صورت گازها خارج می‌شوند. برخی از فرایندهای تولید نان با این روش به شرح زیر هستند:

### ۱- فرایند نان کورلی وود<sup>۲</sup> (CBP):

در این روش عمل آوردن و آماده کردن خمیر جهت پخت به وسیله روش‌های مکانیکی صورت می‌گیرد. برای این منظور احتیاج به مخلوط‌کن‌های بسیار قوی می‌باشد. پس گسترش خمیر طی به هم زدن شدید مکانیکی در مدت کوتاهی حاصل می‌شود. برای اکسیداسیون گروه‌های سولفیدریل و سفت‌تر شدن شبکه گلوتنی از ویتامین C به تنهایی یا همراه با برومات پتاسیم استفاده می‌شود. مقدار آب به کار رفته تقریباً ۳/۵ درصد بیشتر از روش معمولی (عمل آوری با تخمیر بیولوژیکی) می‌باشد. مقدار مخمر مورد نیاز در این

سیستم نیز تقریباً دو برابر روش‌های دیگر است. هم‌چنین می‌توان از آردهای ضعیف‌تر نیز استفاده کرد اما به دلیل این‌که زمان تخمیر کوتاه است، مخمرها قادر نیستند به میزان کافی فیتاز ترشح کنند در نتیجه اسیدفیتیک در محصول باقی می‌ماند.

## ۲- خمیرسازی مداوم<sup>۱</sup>

در این روش که فقط مخصوص مواقع ضروری است مقدار مخمر ۲/۵ درصد بوده و تخمیر در دمای بالاتر (۳۲°C) و در مدت یک‌ساعت انجام می‌گیرد. نان حاصل از این سیستم دارای تخلخل کمتر و حباب‌هایی با دیواره ضخیم‌تر است و بیاتی آن با سرعت بیشتری انجام می‌گیرد.

## ۳- عمل آوری شیمیایی:

در این روش برای عمل آوردن خمیر از یک ماده احیاء‌کننده قوی و سریع مثل سیستین و از یک یا چند اکسنده که به کندی اثر می‌کنند نظیر ویتامین C استفاده می‌شود. در این روش مواد مؤثر در طعم و بوی نان حاصل نشده و قسمت عمده‌ای از اسیدفیتیک آن در خمیر باقی می‌ماند.

## مشت زدن به خمیر<sup>۲</sup>:

در طی این عمل خمیر از یک طرف طرف به سمت دیگر منتقل می‌شود و هدف انجام این کار یکنواخت کردن دمای خمیر برای رشد و نمو یکسان مخمرها و خارج کردن گاز کربنیک و وارد کردن اکسیژن تازه برای تنفس مخمرها می‌باشد. مراحل بعدی شامل شکل دادن به خمیر، چونه‌گیری (تقسیم خمیر به قطعات مساوی و یکنواخت) و گرد کردن خمیر می‌باشد. قطعات خمیر هنگام خروج از دستگاه چونه‌گیری یکنواخت نیستند و دارای سطحی نامنظم و چسبیده هستند و اگر به همین صورت وارد مرحله تخمیر شوند قسمت عمده گازهای آن از خمیر خارج می‌شوند برای جلوگیری از این کار در مرحله گرد کردن قطعات خمیر را مالش می‌دهند و گرد می‌کنند.

## تخمیر میانی<sup>۳</sup>:

قطعات خمیر پس از خارج شدن از دستگاه گردکننده تقریباً عاری از گاز هستند و نیز گلوتن قابلیت اتساع خود را از دست داده است. بنابراین لازم است خمیر مدت کوتاهی یعنی بین ۸-۱۲ دقیقه به حال خود رها شود تا حجم آن به سبب ایجاد گاز ناشی از تخمیر افزایش یابد.

رطوبت نسبی محلی که تخمیر میانی در آن انجام می‌شود حدود ۷۵ درصد است.

در مورد نان‌های قالبی پس از مرحله تخمیر میانی آن‌ها قالب‌گذاری می‌شوند اما در مورد نان‌های مسطح این مرحله وجود ندارد.

## تخمیر نهایی<sup>۴</sup>:

آخرین مرحله‌ای است که خمیر قبل از ورود به فر طی می‌کند و یکی از حساس‌ترین مراحل می‌باشد که در طی آن حجم خمیر افزایش می‌یابد دمای مناسب این مرحله حدود ۳۶-۳۵°C و رطوبت نسبی مناسب آن ۸۵-۸۰ درصد است.

<sup>1</sup>. Emergency no-time dough

<sup>2</sup>. Punching

<sup>3</sup>. proofing

<sup>4</sup>. Final Proofing

چنانچه این عمل با موفقیت انجام نگیرد یعنی گازهای تولید شده به طور یکنواخت در داخل قرص خمیر توزیع نشود قرص نان حاصل دارای پخت یکنواخت نخواهد بود زیرا قسمت‌هایی که دارای مقدار گاز کمتری هستند به صورت خمیر باقی مانده و قسمت‌هایی که دارای مقدار گاز بیشتری هستند بهتر پخت می‌شوند. به علاوه اگر حجم گازهای تولید شده به اندازه کافی نباشد نان کم حجم و سنگین حاصل می‌شود که سطح خارجی آن به خوبی پخته شده و حتی سوخته در حالی که قسمت‌های مغز نان خمیر خواهد شد. مصرف چنین نانی موجب اختلالات گوارشی می‌گردد زیرا اولاً پخت آن کامل نیست و ثانیاً سطح تماس آن با آنزیم‌های گوارشی کم است و در نتیجه عمل هضم آن به خوبی صورت نمی‌گیرد.

### پخت نان<sup>۱</sup>:

عمل پخت سبب بوجود آمدن نانی سبک با حالت اسفنجی، مطبوع و خوشمزه و قابل هضم از خمیر می‌شود. تغییراتی که در حین پخت انجام می‌شود شامل مراحل زیر است:

۱- در ابتدای این مرحله برای زمان کوتاهی (در نتیجه افزایش دما) فعالیت مخمرها و آنزیم‌ها تشدید می‌شود و در نتیجه تولید گاز و فعالیت‌های پروتئولیتیکی و آمیلولیتیکی افزایش می‌یابد این پدیده‌ها زمانی که دمای خمیر به حدود  $55^{\circ}\text{C}$  برسد متوقف می‌شود.

۲- حجم دی‌اکسیدکربن حاصل در اثر بالارفتن دما، افزایش یافته و منجر به بزرگ شدن حفره‌های داخلی و تخلخل بیشتر محصول می‌گردد.

۳- الکل حاصل از تخمیر در این دما تبخیر می‌شود.

۴- گرانول‌های نشاسته در دمای حدود  $50^{\circ}\text{C}$  آماس کرده و به شبکه گلوتن می‌چسبند.

مهم‌ترین ترکیب کربوهیدراتی آرد، نشاسته است که هر چند در آب سرد نامحلول است اما در محیط آلی، بخشی از آن، به مرور آب جذب نموده و شروع به ازدیاد حجم و متورم شدن می‌نماید این عمل با افزایش درجه حرارت بیشتر شده در نهایت نشاسته ژلاتینه می‌شود. ژلاتینه شدن نشاسته امکان افزایش حجم نان را میسر می‌سازد. و با ایجاد شبکه‌ای مقاوم، ساختمان داخلی نان را پس از سرد شدن، محافظت می‌نماید.

میزان آب جذب شده توسط نشاسته بستگی به میزان آسیب دیدگی نشاسته دارد. در هنگام آسیاب کردن گندم، تعدادی از گرانول‌های کروی شکل نشاسته، تحت تأثیر غلتک‌ها، به طور فیزیکی دچار آسیب می‌شوند. میزان این آسیب دیدگی متغیر است. نشاسته آسیب دیده در حین پخت و یا به هنگام ژلاتینه شدن نقش مهمی در میزان جذب آب به عهده دارد. ثابت شده است که گرانول‌های آسیب دیده با  $0/5$  ثانیه قرار گرفتن در مجاورت با آب شروع به جذب آب می‌نمایند. هم‌چنین با تأثیر آنزیم‌های آمیلازی بر گرانول‌های آسیب دیده، و آزاد شدن مقداری آب، قوام خمیر کاهش می‌یابد. و بنابراین ضروری است که در صورت آسیب دیدگی شدید نشاسته، از آب کمتری استفاده شود، زیرا وجود مقادیر زیاد نشاسته آسیب دیده، سبب کاهش حجم، و خرابی وضعیت مغز و بافت و نهایتاً نزول کیفیت نان می‌شود. تئوری مطرح شده در این زمینه آن است که نشاسته شدیداً آسیب دیده، بیش از حد ژلاتینه شده و سطح آن به شدت افزایش می‌یابد و بدین ترتیب گلوتن موجود، جهت پوشش نشاسته و انجام واکنش متقابل با آن کفایت نخواهد کرد. نشاسته که در حین مخلوط کردن مقداری هوا را در خود نگه می‌دارد، پس از ژلاتینه شدن و به هنگام پخت سفت می‌شود و با پیدا کردن حالت ثابت بخشی از هوا و گاز  $\text{CO}_2$  را در خود محبوس می‌نماید و بدین ترتیب به سبک‌تر شدن نان کمک می‌کند. هم‌چنین نشاسته ژلاتینه با حفظ بخشی از رطوبت، باعث نرمی و تازگی نان خواهد شد که البته به مرور زمان، این وضعیت دچار تغییر می‌شود.

۵- در ابتدای کار مقداری از رطوبت گلوتن تبخیر شده در نتیجه گلوتن الاستیسیته بیشتری پیدا می‌کند. در این حالت حفظ حالت فیزیکی نان به عهده نشاسته ژلاتینه شده است و با تشکیل ژل مقدار بیشتری از رطوبت گلوتن جذب می‌شود و در نتیجه گلوتن رطوبت از دست داده و منعقد می‌شود و سرانجام حجم قرص خمیر تثبیت می‌گردد.

در اوایل پخت نان به دلیل تبخیر آب و الکل دمای خمیر از  $100^{\circ}\text{C}$  تجاوز نمی‌کند ولی در مراحل بعدی دما افزایش یافته و به حدود  $250^{\circ}\text{C}$ - $200^{\circ}\text{C}$  می‌رسد و در نتیجه نشاسته دکستریزیزه و کاراملیزه شده و موجب ایجاد رنگ پوسته می‌شود. البته رنگ اول پوسته نان ناشی از واکنش میلارد می‌باشد. اگر در فرمولاسیون خمیر نان، از شکر هم استفاده شده باشد ساکاز تحت اثر آنزیم انورتاز به گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌شود که این قندها توانایی شرکت در میلارد را دارند.

در طی مرحله پخت نان عمل نم‌زنی یا اسپری کردن آب انجام می‌شود. این آب در اطاقک مخصوص تخمیر باعث ایجاد رطوبت بیشتر هوا می‌شود.

البته در مواردی که فر دارای رطوبت کافی است این عمل حذف می‌شود.

اسپری کردن یا فرچه‌زدن دارای مزایای زیر است:

۱- سطح خمیر گسترش بیشتری پیدا کرده، فرم و شکل نان بهتر می‌شود.

۲- حجم نان بیشتر می‌شود.

۳- پوسته نان ترک نمی‌خورد.

۴- رنگ نان به دلیل تشکیل دکستریزین، قهوه‌ای می‌شود.

۵- سطح نان براق و درخشان می‌شود.

۶- پخش و هدایت حرارت بهتر انجام می‌شود.

۷- پوسته دیرتر سفت می‌شود.

اصولاً هرچه درجه حرارت پخت پایین‌تر باشد مقدار نم‌زدن باید کمتر شده و هرچه درجه حرارت بالاتر باشد مقدار آن باید بیشتر گردد. نم‌زدن روی کیفیت نان حاصل اثر فراوانی دارد. در صورتی که مقدار نم‌زدن زیاد باشد، باعث می‌شود نان از درخشندگی زیاد و ترک خوردگی عرضی بالا و سطح زیرین صافی برخوردار شود، در حالی که اگر نم‌زدن به میزان کم صورت گیرد موجب درخشندگی کمتر پوسته، روشن‌تر شدن رنگ نان و ترک خوردگی طولی در سطح و برآمدگی کمتر نان می‌گردد.

عوامل تعیین‌کننده کیفیت نان در فرایند پخت شامل، درجه حرارت و میزان رطوبت هوای موجود در فر می‌باشد.

رطوبت هوای داخلی فر پخت نان باید در حدود  $70\%$ - $80\%$  درصد باشد. به‌طور کلی به ازای هر  $100$  کیلوگرم نان به  $3$  کیلوگرم آب

جهت تبخیر در فضای فر نیاز داریم.

هرچه چانه کمتر تخمیر شده باشد، درجه حرارت پخت باید پایین‌تر و رطوبت هوا بیشتر باشد و هرچه تخمیر چانه بیشتر انجام

شده باشد درجه حرارت پخت باید بالاتر و رطوبت هوا کمتر باشد.

**نکته:** به‌طور کلی هرچه نان کوچک‌تر باشد مقدار آبی که در ابتدای فر باید اسپری گردد بیشتر است علت این امر به سطح بیشتر

چانه در نان‌های کوچک مربوط می‌شود.

اصولاً زمان پخت به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- نوع آرد و ویژگی‌های خمیر

۲- وزن و فرم چانه

۳- درجه پوکی چانه

#### ۴- ترکیب خمیر و مواد مصرفی آن

##### سرد کردن نان:

منظور از سرد کردن، کم کردن حرارت نان است بدون اینکه تغییر زیادی در میزان رطوبت آن ایجاد شده و نیز کیفیت مطلوب محصول حفظ شود. حرارت عمق نانی که از فر خارج می‌شود حدود  $98^{\circ}\text{C}$  و رطوبت آن حدود ۴۵ درصد است. پوسته نان داغتر و بسیار خشک‌تر از مغز نان است به طوری که پوسته فقط حدود ۲-۱ درصد رطوبت دارد و به سرعت سرد می‌شود. خشک شدن بیش از حد در طی سرد شدن سبب کاهش وزن محصول می‌شود.

##### بیات شدن نان<sup>۱</sup>:

بیات شدن نان عبارتست از سفت شدن مغز نان و در واقع از دست رفتن رطوبت علت واقعی بیاتی نیست. علت اصلی بیاتی نان تغییر آهسته نشاسته در حرارت‌های زیر  $55^{\circ}\text{C}$  است که در طی آن رشته‌های آمیلوپکتین نشاسته به یکدیگر نزدیک شده و بین آنها اتصالات هیدروژنی بوجود می‌آیند البته رشته‌های آمیلوزی قبلاً طی رتروگراواسیون به هم متصل شده‌اند. بنابراین بیات شدن نان توأم با از دست دادن رطوبت است.

**نکته:** مقدار آبی که طی عمل بیات شدن از نشاسته خارج می‌شود جذب گلوٹن می‌گردد.

**نکته:** برای اندازه‌گیری میزان بیاتی نان‌های حجیم می‌توان از دستگاه ویسکوالاستوگراف<sup>۲</sup> استفاده کرد.

#### برای ممانعت از بیاتی از راه‌های زیر استفاده می‌شود

##### ۱- بهبود کیفیت پخت نان و کنترل شرایط پخت:

میزان رطوبت نان پس از خروج از تنور یا فر در این امر دخالت زیادی دارد و هرچه رطوبت کمتر باشد بیاتی دیرتر انجام می‌شود. در نان‌های کاملاً خشک مسئله بیاتی منتفی است. زیرا امکان تحرک و نزدیک شدن رشته‌های آمیلوپکتینی به هم وجود ندارد.

##### ۲- نگهداری نان در دمایی کمتر از $20^{\circ}\text{C}$ و یا بالاتر از $55^{\circ}\text{C}$ :

درجه حرارت یخچالی بیاتی را تسریع می‌کند. بهترین روش حفظ تازگی نان منجمد کردن آن در دمای  $20^{\circ}\text{C}$ - است.

##### ۳- استفاده از ترکیبات شیمیایی:

استفاده از موادی مثل گلوٹن، آرد سویا، شیر، آمیلوز، نشاسته هیدرولیز شده که سبب افزایش ظرفیت جذب آب می‌گردند سبب تأخیر بیاتی خواهد شد. استفاده از صمغ‌ها نیز مانع از بیاتی می‌شوند. رنگ پوسته نان اکثراً ناشی از واکنش میلارد می‌باشد البته کمی از رنگ نیز ناشی از کاراملیزه شدن قندها می‌باشد. طعم نان نیز که عمدتاً در پوسته آن است ناشی از واکنش میلارد و نیز محصولات حاصل از عمل تخمیر می‌باشد.

<sup>۱</sup>. Bread Staling  
<sup>۲</sup>. Viscoelastograf

در اثر طولانی شدن تخمیر در قالب پخت، رطوبت زیاد در اطاقک تخمیر نهایی، کهنگی و یا تازگی زیاد خمیر و کاهش مقدار بخار در فر پخت، سطح نان دچار ترک خوردگی می‌شود.

## تکنولوژی محصولات خمیری

اصولاً محصولات خمیری به دو دسته تقسیم می‌شوند:

### ۱- محصولات اکستروود شده:

این گروه شامل محصولات اکستروود شده بلند (اسپاگتی<sup>۱</sup>، ماکارونی و ورمیشل<sup>۲</sup>) و محصولات اکستروود شده کوتاه (نودل<sup>۳</sup>) می‌باشد.

### ۲- محصولات غلتکی:

در محصولات غلتکی معمولاً خمیر به وسیله غلتک‌های مخصوص نازک شده و به وسیله نوار نقاله حمل شده و توسط فرم دهنده‌ها شکل مورد نظر را می‌یابد.

اختلاف زیادی بین محصولات غلتکی با محصولات اکستروود شده وجود دارد که به شرح زیر می‌باشد.

۱- در سیستم غلتکی به سبب اینکه خمیر روی نوار نقاله مدتی حمل می‌گردد بنابراین از حالت تراکم و فشردگی خارج می‌شود به همین دلیل اغلب آب‌گیری این محصولات در مقایسه با انواع اکستروود شده در فرایند پخت بیشتر بوده و تراکم و فشردگی کمتری داشته و به همین دلیل این محصولات در حین پخت مواد خشک بیشتری را در آب از دست می‌دهند.

۲- pH محصولات غلتکی به سبب فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تولید گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به انواع اکستروود شده پایین‌تر است.

۳- معمولاً لبه‌ها و قسمت‌های کناری محصولات غلتکی به دلیل فرم‌پذیری خاصی که دارند، نسبتاً تیز بوده و بنابراین به علت سطح زیادتر آب بیشتری را جذب می‌کنند در نتیجه موقع پخت دچار وارفنگی می‌شوند.

۴- به دلیل برگشت قسمت‌هایی از خمیر، کیفیت محصولات غلتکی یکنواخت نیست ضمناً هرچه ضخامت و ابعاد این محصولات افزایش یابد کیفیت محصولات نهایی کاهش می‌یابد.

۵- بازده تولید محصولات غلتکی نسبت به محصولات اکستروود شده پایین‌تر است.

<sup>۱</sup>.Spaghetti

<sup>۲</sup>.Vermicelli

<sup>۳</sup>.Noodle

## تکنولوژی ماکارونی<sup>۱</sup>

### مواد اولیه ماکارونی به شرح زیر می باشد:

#### ۱- سمولینا<sup>۲</sup>

بهترین ماکارونی از سمولینای گندم تریتیکوم دوروم که نوعی گندم سخت می باشد به دست می آید. این گونه از نظر گیاهشناسی تتراپلوئید با تعداد  $2n=28$  کروموزوم و ژنوم AABB می باشد. در حالی که گندم نان دارای  $2n=42$  کروموزوم بوده و از نظر ژنتیکی هگزاپلوئید است. جوانه زدن دانه در فعالیت های آنزیماتیک و بازدهی سمولینا اثر منفی دارد.

گندم دوروم مناسب برای ماکارونی سازی باید به طور متوسط دارای ۱۵-۱۴ درصد پروتئین و سمولینای حاصل از آن هم حدود ۱۳-۱۳/۵ درصد پروتئین باشد. مقدار پروتئین باید حتماً بیش از ۱۲ درصد و گلوتن مرطوب باید بیش از ۳۰ درصد باشد. سمولینای با پروتئین بالا و کیفیت گلوتن بالا دارای نشاسته کمتری است و بنابراین جذب آب آن یکنواخت تر است. رنگ سمولینای مناسب برای ماکارونی زرد تند و روشن می باشد که مربوط به گزانتوفیل گندم است. به طور کلی هر چه اندازه ذرات کوچک تر باشد رنگ آن ها روشن تر است.

وجود آنزیم لیپوکسی ژناز در سمولینای ماکارونی سازی سبب از بین رفتن رنگ زرد مطلوب آن می شود، بنابراین این آنزیم در سمولینا باید در کمترین حد خود باشد. بدیهی است با افزایش درجه استخراج گندم میزان آنزیم لیپوکسی ژناز بیشتر می شود که نامطلوب است.

وزن هکتولیتزر گندم های دوروم بالاتر از گندم های مخصوص نان است. گندم هایی که وزن هکتولیتزر بیش از ۷۸ کیلوگرم و عدد فالینگ آن ها بیش از ۲۳۰ ثانیه باشد به سبب این که سمولینای مناسبی تولید می کنند، جهت ماکارونی سازی بسیار مناسب هستند. به طور کلی آردهایی که دارای زمان طولانی تر مخلوط شدن و هیدراتاسیون بوده و قوی تر باشند، برای ماکارونی مناسب تر هستند. حداکثر استفاده از ۱۰ درصد آرد سایر گونه های گندم جهت تولید ماکارونی مجاز است.

در فرایند تهیه سمولینا هدف بدست آوردن بیشترین مقدار سمولینا و کمترین مقدار آرد است. عمل مشروط کردن به نحوی انجام می گیرد که رطوبت اندوسپرم ۱۵ و رطوبت پوسته ۱۸ درصد باشد. سیستم آسیاب کردن دوروم فاقد غلتک های نرم کننده می باشد. هم چنین طی آسیاب کردن باید از آسیب دیدگی نشاسته جلوگیری شود زیرا در این صورت آسیب نشاسته، سبب نشست آمیلوز هنگام پخت گشته و در نتیجه مقدار نشاسته در آب پخت افزایش می یابد و این عمل سبب بهم چسبیدن رشته ها می شود. به همین دلیل در آسیابهای سمولینا تعداد غلتک های خردکننده افزایش داده می شود.

وجود ذرات درشت سمولینا به علت تأخیر در جذب آب موجب پیدایش لکه های سفید در محصول می شود. چنانچه اندازه ذرات درشت شوند مقدار بیشتری پوسته وارد سمولینا نشده و در نتیجه مقدار خاکستر افزایش می یابد. در صورتی که نسبت گلوتن به گلیادین در خمیر بیشتر باشد کیفیت پخت بهبود می یابد.

#### ۲- آب:

آب لازم جهت تهیه خمیر ماکارونی باید دارای شرایط بهداشتی مناسب و عاری از یون های فلزی باشد، چون این یون ها بر روی رنگ ماکارونی اثر نامطلوبی دارند.

دمای مطلوب آب جهت تهیه خمیر ماکارونی حدود  $38^{\circ}\text{C}$  است.

<sup>1</sup>.Pasta Product Technology

<sup>2</sup>.Semolina



برای سالم‌سازی آب بهتر است از ترکیبات کلر استفاده نشود و به جای آن از اشعه UV استفاده می‌گردد. تهیه برای خمیر ماکارونی، مقدار آب با توجه به مقدار گلوتن آرد، اندازه ذرات، آسیب‌دیدگی نشاسته و مقدار رطوبت سمولینا یا آرد با روش‌های ساده و به‌ویژه فارینوگراف تعیین می‌شود. بهتر است آب به‌صورت اسپری و با فشار ثابت روی آرد پاشیده شود که این امر به یکنواختی خمیر کمک می‌کند.

### ۳- تخم‌مرغ:

تخم‌مرغ، بعد از آرد مهم‌ترین ماده اولیه فرآورده‌های Pasta و بویژه ماکارونی‌های تخم‌مرغی می‌باشد. مقدار تخم‌مرغ اضافه‌شده به این فرآورده‌ها ۶-۵ درصد وزنی است. تخم‌مرغ در افزایش ارزش غذایی محصول، بهبود رنگ و کیفیت خمیر موثر است. سفیده تخم‌مرغ قابلیت پخت محصول یا پتانسیل پخت را بهبود بخشیده، روی ثبات و پایداری محصولات خمیری اثر مثبت و فراوانی دارد در حالی که زرده تخم‌مرغ چنین اثری را ندارد بلکه بیشتر روی فرم‌پذیری خمیر و فشار اکسترودر و خروج بهتر و راحت‌تر خمیر اثر مثبتی دارد. بنابراین بهتر است در محصولات خمیری از تخم‌مرغ کامل استفاده نمود.

### ۴- مواد افزودنی مجاز:

گاهی اوقات می‌توان از مونوگلیسریدهای تجاری برای کم کردن چسبندگی خمیر و مقاومت آن در مقابل پخت اضافی استفاده نمود. گاهی نیز از دی‌سدیم استات استفاده می‌شود که یون‌های فلزی را مهار نموده و سبب بهبود رنگ آن‌ها شده و نیز سبب تأخیر در اکسیداسیون آرد هم می‌شود.

## فرایند تولید ماکارونی<sup>۱</sup>:

فرایند تولید ماکارونی به یکی از دو روش غیر پیوسته و یا پیوسته انجام می‌شود:

### الف) روش غیر پیوسته<sup>۲</sup>:

در این روش سمولینا پس از الک شدن با مقدار ۳۰-۲۵ درصد وزنی خود آب که دارای دمای  $32-38^{\circ}\text{C}$  است، ترکیب شده و به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه مخلوط می‌شود به حدی که رطوبت خمیر در انتهای عمل مخلوط کردن به ۳۱ درصد برسد. مرحله بعدی ورز دادن با kneader است که خمیر ضمن حرکت به جلو تحت فشار قرار می‌گیرد. سپس از روی خمیر رفع فشار شده و خمیر وارد قالب پرس می‌شود و باز تحت فشار قرار می‌گیرد.

هدف از اعمال فشار زیاد خروج حباب‌های ریز هوا از داخل شبکه گلوتن و در نتیجه استحکام رشته‌ها و براق شدن آن‌ها و نیز جلوگیری از ریزش و ترک خوردن آن‌ها طی خشک شدن می‌باشد.

در جریان شکل‌دهی به خمیر، دمای آن نباید از  $57^{\circ}\text{C}$  تجاوز کند.

### ب) روش پیوسته یا مداوم<sup>۳</sup>:

در این مرحله نیز ابتدا مواد اولیه مخلوط می‌شوند. در انتهای قسمت مخلوط‌کن خمیر به داخل دستگاه اکسترودر منتقل می‌شود که در آن فشرده می‌شود. فشار بالا موجب خروج هوا و شکل‌گیری خمیر به نحو مطلوب می‌شود و در ضمن سبب براق شدن خمیر می‌گردد.

<sup>۱</sup>. Macaroni Production

<sup>۲</sup>. Batch Process

<sup>۳</sup>. Continious Process

در سیستم‌های مدرن تولید ماکارونی تمام و یا قسمتی از دستگاه مخلوط‌کن و پرس تحت خلأ انجام می‌شود که باعث خروج حباب‌های هوای محبوس شده در داخل بافت خمیر، براق شدن، خوش‌رنگی و استحکام بافت رشته‌های ماکارونی می‌شود. به طور کلی تولید ماکارونی و فرآورده‌های مشابه آن براساس عمل اکستروژن انجام می‌شود. پس از این مرحله خمیر قالب‌بندی می‌شود. امروزه از قالب‌های تفلونی استفاده می‌شود که نسبت به قالب‌های برنجی دارای ضریب فرسایشی کمتر است.

### خشک کردن ماکارونی<sup>۱</sup>:

یکی از مهم‌ترین مراحل تولید ماکارونی خشک کردن آن است در طی این مرحله هدف کاهش مقدار رطوبت ماکارونی از ۳۱ درصد به ۱۰ درصد می‌باشد. برای خشک کردن ماکارونی‌های بلند از خشک‌کن‌های چند مرحله‌ای استفاده می‌شود. در مرحله اول رطوبت محصول از ۳۱ به ۲۴ درصد می‌رسد در طی این مرحله سطح خارجی محصول خشک شده و از کپک‌زدگی آن جلوگیری می‌شود. در مرحله دوم یا مرحله تعریق از هوای سردتر با رطوبت نسبی بالاتر (حدود ۹۵ درصد) برای مدت ۱/۵ ساعت استفاده می‌شود استفاده از این روش سبب تسهیل خروج رطوبت قسمت‌های مرکزی ماکارونی می‌شود. در مرحله بعدی از هوای خشک‌تر با رطوبت ۸۳ درصد و در مرحله آخر از هوای با رطوبت نسبی ۷۰ درصد استفاده می‌شود که طی آن رطوبت محصول به ۱۲ درصد یا کمتر می‌رسد. سرعت خشک کردن بستگی به شکل و ضخامت محصول، رطوبت، دما و سرعت گردش و رطوبت نسبی هوای خشک‌کن دارد. برای خشک کردن ماکارونی‌های کوتاه نیز محصول را به صورت لایه‌ای کم‌عمق روی سینی‌های غربالی می‌ریزند و آن‌ها را داخل فر قرار می‌دهند. البته امروزه از سیستم مایکروویو<sup>۲</sup> نیز برای تسریع عمل خشک کردن استفاده می‌کنند. اگر خشک کردن محصول به صورت آرام صورت گیرد سبب بالا رفتن رطوبت در گرم‌خانه می‌شود و کپک‌زدگی محصول و در نتیجه تغییر رنگ و ترش شدن آن می‌شود. باکتری *Aerobacter cloacae* طی خشک کردن ماکارونی در آن گاز ایجاد نموده و سبب تورم رشته‌های آن می‌شود.

### کنترل کیفیت فرآورده نهایی

#### الف) ترک خوردن رشته‌های ماکارونی طی خشک کردن:

ترک خوردن نتیجه انقباض و انبساط در لایه‌های مختلف رشته‌های ماکارونی طی مراحل خشک کردن است که در نتیجه تغییرات رطوبت و دما اتفاق می‌افتد. تا زمانی که سطح رشته‌ها خشک نشده باشد تبخیر ادامه می‌یابد، اما به تدریج طی عمل خشک کردن مقداری از مواد جامد محلول به سطح آمده و منافذ خروج رطوبت را می‌بندند و از آن پس خروج رطوبت غیرممکن می‌شود. در صورتی که فرآیند خشک کردن ادامه پیدا کند رطوبت موجود در لایه‌های داخلی باید به طریقی خارج شود که این کار با ایجاد ترک در سطح رشته در اثر انبساط بیشتر لایه‌های داخلی اتفاق می‌افتد.

1. Drying of Macaroni

2. Microwave

3. Checking

### ب) ترک خوردن رشته پس از خشک کردن و در طی انبارداری:

زمانی که خشک کردن رشته‌های ماکارونی متوقف می‌شود چنانچه رطوبت لایه‌های داخلی بیشتر باشد برای ایجاد تعادل، رطوبت به سطح آمده و موجب انبساط آن می‌شود. از طرفی سطح رشته‌ها که از پیش در اثر متراکم شدن مواد جامد محلول منقبض شده نمی‌تواند به خوبی منبسط شود و در نتیجه ترک خوردگی ایجاد می‌شود.

اگر رشته‌های ماکارونی با رطوبت ۱۲-۱۳ درصد وارد خشک‌کن شود، سطح رشته‌ها مقداری رطوبت از دست داده منقبض می‌شود و ترک‌های ریزی روی آن ایجاد می‌شود که این نوع ترک خوردگی **tension check** نامیده می‌شود.

برای جلوگیری از ترک خوردگی رشته‌های ماکارونی باید تا آنجا که ممکن است حذف رطوبت تدریجی بوده و حتماً مرحله تعریق در این فرایند گنجانده شود.

pH مناسب برای ماکارونی حدود ۵/۵-۶ است. برای اندازه‌گیری میزان شن و رسوبات در ماکارونی از **Grit test** استفاده می‌کنند.

### تکنولوژی بیسکویت<sup>۱</sup>:

آرد بیسکویت بیشتر از گندم‌های ضعیف و کم پروتئین به دست می‌آید زیرا هر چه گندم سخت‌تر باشد برای تهیه بیسکویت از آن روغن و شکر بیشتری لازم است.

از نظر رئولوژیکی خمیر بیسکویت باید دارای قابلیت اتساع<sup>۲</sup> بالا و خاصیت ارتجاعی کم باشد تا پس از فرم گرفتن و قالب‌زنی خمیر حالت اولیه خود را در مراحل بعدی به خوبی حفظ نموده و جمع نشود.

آردهایی که نسبت قابلیت اتساع به حالت فنری<sup>۳</sup> یا  $\left(\frac{E}{S}\right)$  آن‌ها کوچکتر از ۷ باشد برای تولید بیسکویت مناسب نیستند.

به طور کلی خاصیت ارتجاعی یا فنری برای بیسکویت‌سازی لازم نیست چون شکل و اندازه قطعات خمیر پس از قالب زدن باید به همان وضع حفظ شود. قابلیت اتساع خمیر تهیه شده از آرد بیسکویت را می‌توان از طریق اصلاح آرد با آنزیم پروتئولیتیک یا با ماده احیاکننده‌ای مثل  $SO_2$  یا به وسیله افزودن متابی‌سولفیت سدیم به خمیر بیسکویت افزایش داد. اثر نرم‌کنندگی این ترکیبات بر روی خمیر به خاصیت احیاکنندگی آن‌ها مربوط است هر دوی این مواد پیوندهای دی‌سولفیدی را احیاء نموده و تبدیل به عوامل سولفیدریل می‌کند.

اصلاح خمیر با متابی‌سولفیت سدیم برای بیسکویت‌های پرچرب مناسب نیست. میزان رطوبت آرد حدود ۱۴ درصد و رطوبت خمیر بیسکویت باید حدود ۲۳ - ۲۱ درصد و پروتئین آن نیز نباید بیش از ۸-۹/۵ درصد باشد هم‌چنین از ترکیبات کلره برای رنگبری آرد نباید استفاده شود.

### مواد اولیه بیسکویت‌سازی

#### ۱- شکر:

هدف از اضافه کردن شکر به فرآورده‌های پخت و از جمله بیسکویت موارد زیر است:

- ایجاد طعم شیرین در فرآورده.
- بهبود حالت فیزیکی و تردی بافت.

<sup>۱</sup>. Biscuit Manufacture

<sup>۲</sup>. Extensibility

<sup>۳</sup>. spring

- کمک به نگهداری رطوبت در محصول.
- بهبود رنگ پوسته با دخالت شکر در واکنش کاراملیزاسیون.
- استفاده از شکر موجب کم شدن مقدار آب مصرفی و نرمی بافت می شود.

## ۲- چربی ها و روغن ها:

برای افزایش کیفیت خوراکی، بهبود کیفیت طعم و مزه، کمک به هوادهی و افزایش حجم و روان کردن شبکه گلوتن که برای فرآورده های تخمیری دارای اهمیت است از روغن استفاده می شود. بخشی از شورتنینگ هایی<sup>۱</sup> که با اضافه کردن چربی ها و روغن ها به شکل امولسیونه در آمده اند مصرف زیادی دارند زیرا قدرت نگهداری مایعات و قند بیشتری دارند. روغن های مورد استفاده در بیسکویت سازی باید مقاومت کافی در مقابل فساد و الاستیسیته مناسب داشته باشند. هنگام اضافه کردن روغن به فرمول، دمای آن باید برابر دمای محیط باشد برای این منظور گاهی لازم است روغن ۲-۳ روز در هوای محیط قرار گیرد. هرگز نباید قبل از افزودن چربی، به خمیر بیسکویت آب اضافه کرد زیرا سبب ویژگی های نامطلوب در خمیر می شود. برای نگهداری روغن و چربی بهتر است از دمای اتاق حدود ۲۱-۲۰ °C استفاده شود.

## ۳- تخم مرغ:

هدف استفاده از تخم مرغ افزایش حجم، بهبود رنگ و طعم محصول و افزایش ارزش غذایی و نیز حفظ حالت تازگی محصول به سبب افزایش قدرت جذب و نگهداری آب و تأخیر در بیات شدن آن می باشد.

## ۴- شیر:

شیر به صورت تازه و یا شیر خشک بدون چربی برای بهبود طعم، رنگ، بافت و جلای سطح خارجی و نیز بالا بردن ارزش غذایی فرآورده به کار می رود. مقدار مناسب آن حدود ۵ درصد است گاهی نیز به جای شیر از آب پنیر استفاده می کنند.

- آب پنیر باعث کاهش چسبندگی خمیر می شود.

## ۵- نمک:

از نمک برای بهبود طعم و نیز تسریع در تشکیل شبکه گلوتن و دوام آن استفاده می شود مقدار متوسط مورد نیاز آن ۱ درصد است.

## ۶- اسانس ها:

در مورد افزودن اسانس ها باید به مسئله پایداری حرارتی آن ها توجه نمود و آن هایی که مثل اسانس پرتقال در دمای پخت ناپایدار هستند در فرمول مغز بیسکویت استفاده می شوند گاهی نیز از مخمر برای بهبود طعم استفاده می شود.

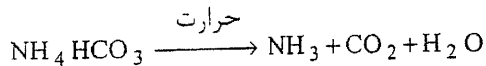
## ۷- مواد پوک کننده:

در بیسکویت سازی عموماً مواد شیمیایی پوک کننده کاربرد دارد یعنی از نمک هایی استفاده می شود که با اضافه کردن آن ها به فرمول و در ابتدای ورود خمیر به فر، دی اکسید کربن و آمونیاک آزاد می کنند. اضافه کردن این مواد به بیسکویت هایی که در فرمول آن ها

<sup>۱</sup> Shortening

چربی و شکر زیادی به کار رفته بهترین راه است. در این محصول تخمیر انجام نمی‌شود و عطر و طعم آن بیشتر تحت تأثیر جوش شیرین و اسیدهای مورد مصرف در پودر پخت است.

مهم‌ترین این ترکیبات، بی‌کربنات سدیم است که در دمای بالا مقدار زیادی دی‌اکسیدکربن تولید می‌کند. ترکیب مورد استفاده دیگر بی‌کربنات آمونیوم است که در دمای بالا مقدار زیادی آمونیاک آزاد می‌کند. بیکربنات آمونیوم تحت تأثیر حرارت آمونیاک، آب و دی‌اکسیدکربن تولید می‌کند.



از بی‌کربنات آمونیوم تنها در محصولاتی که به صورت نسبتاً خشک تهیه می‌شوند، می‌توان استفاده کرد زیرا در صورت وجود رطوبت، محصول طعم آمونیاکی می‌گیرد بنابراین تنها در انواع خشک استفاده می‌شود مزیت این ماده عدم تولید هر گونه نمک می‌باشد که در صورت وجود در طعم و رئولوژی خمیر اثرات سوئی می‌گذارد.

استفاده از ترکیبات آمونیاکی سبب افزایش pH خمیر و قلیایی شدن آن می‌شود به طوری که pH خمیر را به مرز ۸/۵ - ۷/۵ می‌رساند در نتیجه سیالیت خمیر بهتر، پوکی محصول بیشتر و رنگ آن قهوه‌ای خوشرنگ می‌شود.

پس از مخلوط کردن خمیر بیسکویت که یا به روش creaming و یا به روش all in method انجام می‌شود خمیر را در دستگاه‌های مخصوصی به صورت قطعات بیسکویت به شکل مورد نظر در می‌آوریم.

#### بهترین این ماشین‌ها عبارتند از :

- ۱- ماشین قالب‌زنی دوار<sup>۱</sup>
- ۲- ماشین‌های قالبی یا<sup>۲</sup>
- ۳- ماشین‌های سیم‌بر<sup>۳</sup>

سپس بیسکویت در فرهای مخصوصی پخته شده، سرد و بسته‌بندی می‌گردد.

#### معایب بیسکویت<sup>۴</sup>

##### ۱- ترک خوردن<sup>۵</sup>:

ترک خوردن عبارتست از ایجاد شکستگی‌های ریز در قطعات بیسکویت که در بیشتر موارد ممکن است تا لبه انتهایی نرسیده و شکل بیسکویت حفظ شود.

در صورتی که سرد کردن بیسکویت خیلی سریع انجام گیرد سرد شدن ناگهانی لبه‌های بیسکویت و گرم‌تر بودن قسمت‌های میانی آن، سبب انقباض و انبساط نامنظم لبه‌ها و قسمت میانی می‌گردد که این پدیده موجب ترک خوردگی بیسکویت می‌شود. هر قدر تغییر دما سریع‌تر باشد ترک خوردگی هم بیشتر می‌شود. در صورتی که رطوبت نسبی هوای اطراف محصول پس از خروج از فر نسبتاً بالا باشد تبادل رطوبت مرکز کندتر صورت می‌گیرد و از انقباض بیسکویت جلوگیری می‌شود.

<sup>1</sup>. rotary moulding machine

<sup>2</sup>. Cuter machine

<sup>3</sup>. Wire cut Machine

<sup>4</sup>. Defects of Biscuit

<sup>5</sup>. Checking

همچنین کم شدن قند مصرفی و افزایش نمک‌های آمونیوم در بیکنینگ پودر موجب افزایش ترک خوردگی و اضافه کردن شربت انورت سبب کم شدن ترک خوردگی می شود. زیرا این ماده موجب نگهداری آب در فرمول و ممانعت از خشک شدن ناگهانی محصول می شود.

می توان مقداری در حدود ۱ درصد لسیتین به روغن مصرفی اضافه نمود تا از ترک خوردن بیسکویت جلوگیری کند. بهترین راه حل جهت جلوگیری از ایجاد این پدیده به حداقل رساندن شیب رطوبتی (تفاوت رطوبت مرکز با لبه ها) در محصول پخته شده است. در بهترین شرایط تفاوت رطوبت لبه ها و مرکز نباید از ۱% فراتر رود و تفاوت رطوبت در میان بیسکویت ها نیز نباید بیش از ۲-۳% باشد.

## ۲- کاهش حجم:

کاهش حجم و کوچک شدن بیسکویت در اثر کم بودن روغن مصرفی و به کار بردن آرد نامناسب و قوی و عدم تنظیم مخلوط کن و یا کم بودن مقدار آب می باشد.

## ۳- انبساط بیسکویت:

از جمله عوامل منبسط کننده می توان به کربنات سدیم اشاره کرد. هر قدر نمک های آمونیوم در فرمول بیشتر باشد طول و عرض بیسکویت هم زیادتر خواهد شد. در صورتی که در حین پهن کردن خمیر به آن استرس وارد شود اثرات نامطلوبی به جای می گذارد و به این دلیل به جای یک غلتک، از چند غلتک استفاده می شود. pH خمیر در پهن شدن آن مؤثر است هر چه pH بیشتر باشد خمیر بهتر پهن می شود. همچنین هر چه از شکر و روغن بیشتری استفاده شود خمیر بیشتر پهن می شود.

## تکنولوژی کراکر

کراکر در واقع نوعی بیسکویت است که در تهیه خمیر آن از تخمیر بیولوژیکی به وسیله مخمر استفاده می شود. هدف از انجام عمل تخمیر، بهبود کیفیت بافت و طعم محصول می باشد. در این محصول هم قسمت اصلی فرایند پوک کردن به وسیله مواد شیمیایی انجام می شود.

## مواد اولیه کراکر

### ۱- آرد گندم:

آرد گندم با درجه استخراج ۷۰-۷۲ درصد و پروتئین ۱۱-۱۰ درصد به کار می رود (گلوتن قوی به دلیل کاربرد تخمیر ضروری است) pH مناسب آرد حدود ۶/۷-۶/۲ است.

اگر مقدار پروتئین کم ولی گلوتن آن مرغوب باشد و عمل تخمیر در دمای کم و به مدت طولانی انجام گیرد محصول بهتری به دست می آید اما اگر آرد خیلی قوی باشد باید به نحو مطلوبی قوت آن را تعدیل نماییم که برای این منظور روش های زیر مناسب است:

- استفاده از عمل تخمیر دو مرحله ای.
- از مخمرهای جوان تر و فعال تر استفاده می شود. به این ترتیب که مخمرها مقداری آنزیم های پروتئولیتیک سنتز می کنند که روی بافت محصول اثر کرده و آن را نرم می کند.

- طولانی‌تر کردن عمل تخمیر تا حدود ۱۸ ساعت.
- استفاده از ترکیبات احیا کننده مثل سیستین که به نرم شدن بافت کمک می‌کند.
- اضافه کردن آرد مالت یا عصاره آن به میزان حدود ۰/۲۵٪ وزنی آرد.

## ۲- روغن:

مقدار روغن مورد نیاز ۱۰ درصد می‌باشد. به محض خارج شدن کراکر از فر یعنی زمانی که رطوبت محصول در حد ۲ درصد است، روغن (عموماً روغن نارگیل) بر روی آن اسپری می‌شود.

## ۳- آب:

آب به میزان ۳۰ درصد وزن آرد ضروری است. اضافه کردن آن به دو صورت انجام می‌گیرد: یا تمام آن یک جا اضافه می‌شود و یا مقداری از آن در مرحله اول و باقیمانده در مرحله دوم. برای آردهای قوی بهتر است تمام آب در مرحله اول اضافه شود.

## ۴- کربوهیدرات‌ها:

اضافه کردن کربوهیدرات‌های مختلف مثل شکر، قند انورت، (مصرف قند انورت سبب می‌شود که خشک شدن محصول به تأخیر بیفتد و رنگ آن بهتر حفظ شود) و آرد مالت به خمیر کراکر متداول است.

از ترکیباتی مثل فسفات دی‌آمونیم به عنوان خوراک مخمر استفاده می‌شود که در ضمن از تغییرات pH جلوگیری می‌کند و به عنوان بافر عمل می‌کند.

تهیه خمیر کراکر به مدت طولانی انجام شده و روش اسفنج و خمیر می‌باشد رطوبت نسبی طی عمل تخمیر باید حدود ۷۰ درصد باشد. علت دو مرحله‌ای شدن تخمیر این است که مقداری از گلوتن از اثر آنزیم‌های مخمرها محفوظ مانده در نتیجه خمیر بتواند فشارهای مکانیکی بعدی را تحمل نموده و بافت محصول نهایی بهبود یابد. مرحله اول تخمیر حدود ۱۶ ساعت به طول می‌انجامد ضمن این دوره pH از حدود ۶ به حدود ۴ تنزل می‌یابد که بعد از انجام تخمیر مابقی اجزا به خمیر اولیه اضافه می‌شود و در این مرحله خمیر دارای مقادیر کافی بیکربنات سدیم می‌باشد تا pH خمیر را به حدود ۷ برساند برای آن که محصول از نظر طعم و بافت دارای وضعیت مناسبی باشد pH باید به حدود ۷.۲ برسد تخمیر مرحله دوم نیز حدود ۶ ساعت به طول می‌انجامد.

بهترین زمان مخلوط کردن جوش شیرین لحظات آخر تهیه خمیر است تا به طور یکنواخت در تمام خمیر پخش شود. مصرف مواد قلیایی مثل بی‌کربنات سدیم یا جوش شیرین در محصولی مثل کراکر و بیسکویت الزامی است زیرا مانع اسیدی شدن محصول می‌شوند.

مرحله بعدی برش دادن و پخت کراکر است. هنگام بسته‌بندی باید رطوبت اضافی حذف شده و دمای محصول به دمای اتاق محل بسته‌بندی و نگهداری برسد و از  $25^{\circ}\text{C}$  بیشتر نباشد.

## تکنولوژی کیک

### ۱- آرد گندم:

کیک بایستی دارای بافتی متخلخل، حفره‌های ریز با دیواره نازک و حالت اسفنجی باشد. برای ایجاد این وضعیت نقش اصلی به عهده گلوتن است هر چند در ثبات فرآورده، نشاسته نیز نقش دارد و یکنواختی اندازه ذرات نشاسته به خصوص ریز بودن آن بسیار مهم است.

آرد گندم‌های نرم قرمز زمستانه با پروتئینی حدود ۹ درصد و pH حدود ۵/۲ مناسب است. چنانچه مقدار پروتئین آرد از حد معینی بالاتر باشد از یک طرف موجب سفت شدن بافت کیک و از طرف دیگر موجب بالا رفتن مقدار شکر و روغن مصرفی می‌شود و اگر آرد مورد استفاده خیلی ضعیف باشد (کمیت و کیفیت گلوتن پایین باشد) کیک بافت مناسب پیدا نکرده و به سهولت تکه‌تکه خواهد شد که در چنین مواردی برای رفع این نقصه معمولاً مقدار تخم‌مرغ و نمک بیشتری اضافه می‌کنند. کلرینه کردن آرد کیک سبب بهبود کیفیت آن می‌شود زیرا علاوه بر رنگبری سبب کاهش دمای ژلاتیناسیون نشاسته می‌گردد. کیک همانند شیرینی Cookie دارای مقادیر زیادی شکر است اما در تهیه خمیر کیک آب زیادی نیز وجود دارد به این ترتیب خمیر کیک همانند خمیر ویفر سیالیت زیادی داشته و اصطلاحاً Batter می‌باشد.

## ۲- شکر:

برای شیرین و ترد کردن فرآورده و اثر روان‌کنندگی و کاهش هیدراتاسیون روی پروتئین آرد استفاده می‌شود. شکر به نگهداری آب در کیک پخته کمک نموده و در نتیجه از بیات شدن سریع کیک جلوگیری می‌کند شکر همچنین سبب تأخیر در ژلاتینه شدن نشاسته شده و سبب ایجاد تردی در محصول می‌شود. شکر درجه کاراملیزه شدن خمیر کیک را پایین آورده و موجب می‌شود که پوسته کیک در دمای پایین‌تری رنگ دلخواه را به دست آورد.

## ۳- روغن:

برای نگهداری هوا در خمیر کیک مؤثر است. هوای محبوس شده در داخل بافت کیک در موقع پخت منبسط شده و موجب تخلخل کیک می‌گردد به علاوه روغن سبب تردی فرآورده می‌شود. خمیر کیک یک امولسیون روغن در آب می‌باشد که متشکل از یک فاز چربی و یک فاز تشکیل یافته از بقیه مواد افزودنی است هرچه قدرت امولسیفیه‌کنندگی چربی بالا باشد مقدار فاز آب فرمول خمیر قابل افزایش است در نتیجه مقدار شکر فرمول را نیز می‌توان افزایش داد. شورتینگ‌های با نسبت بالا دارای خاصیت امولسیفیه‌کنندگی بالا هستند. از نقطه نظر عملی نیز مزیت این چربی‌ها این است که به سهولت می‌توان مواد اولیه را طوری مخلوط نمود که خمیری با بافت نرم و یکنواخت ایجاد گردد. روغن یا چربی مورد استفاده در فرمول کیک حتماً بایستی همراه با امولسیفایرهای مناسب به کار رود تا در بافت خمیر به‌خوبی پخش گردد. امروزه معمولاً از مونوودی‌گلیسرید همراه با اسید لاکتیک به نام امولسیفایرهای لاکتیله شده استفاده می‌کنند این نوع روغن سبب مصرف بیشتر شکر در فرآورده می‌شود.

## ۴- تخم‌مرغ:

تخم‌مرغ علاوه بر ایجاد رنگ، طعم و ارزش غذایی کیک سبب بهبود خواص آرد نیز می‌شود. تخم مرغ بر ویسکوزیته خمیر کیک نیز موثر است. افزودن بیش از حد تخم‌مرغ سبب می‌شود که دانسیته خمیر بسیار کم شود.

## ۵- نمک:

درجه کاراملیزاسیون را کاهش می‌دهد و موجب تعدیل شیرینی کیک می‌شود. در کیک‌های خیلی شیرین لازم است مقداری نمک اضافه شود تا از زندگی طعم شیرین جلوگیری شود. یادآوری این نکته ضروری است که از مقدار شکر در فرمول کیک به‌خاطر تأثیری که بر روی حفظ رطوبت کیک و جلوگیری از بیات شدن سریع آن دارد نباید کاسته شود.



۱- وجود مقدار زیادی شکر در فرمول که باعث تاخیر در ژلاتینه شدن نشاسته شده و به این ترتیب قبل از خاتمه پخت، انتقال از حالت کف آلود به حالت اسفنجی ایجاد نشده است.

۲- زیاد بودن چربی مورد استفاده.

۳- زیاد بودن پودر بخت مورد استفاده.

### پخت کیک

دمای مناسب برای پخت کیک حدود  $150^{\circ}\text{C}$  است چنانچه دمای پخت بیش از حد لازم باشد حجم کیک حاصل به دلیل خروج گازها کاهش یافته و رنگ پوست تیره تر می شود.

ساختار کف مانند خمیر کیک در ضمن پخت تبدیل به ساختمان اسفنجی شکل می گردد.

برای آنکه خمیر کیک، حرارت یکنواختی ببیند، لازم است از اعمال هرگونه حرارت بالا در بدو ورود خمیر جلوگیری شود. به محض آنکه خمیر وارد فر شد، حرارت چربی را ذوب می نماید. این عمل ابتدا در بخش های خارجی اتفاق افتاده، سپس به قسمت های مرکزی نیز راه پیدا می کند در همین زمان سلول های هوا رو به انبساط نهاده، گاز دی اکسید کربن حاصل از فعالیت مواد پوک کننده، آزاد شده و باعث تورم بیشتر سلول ها می گردد. این عمل ابتدا در لایه های سطحی به آهستگی انجام می شود و رفته رفته به قسمت های عمقی خمیر نیز گسترش می یابد. به مرور زمان، درجه حرارت افزایش یافته، در حالی که هنوز محصول در حالت مذاب (مایع) قرار دارد، بخشی از گرانول های نشاسته رو به ژلاتینه شدن می نهد. بر حجم محصول نیز افزوده شده، این عمل تا زمانی که ساختار نهایی تکمیل شود، ادامه پیدا می کند، ضمن آن که سطح خارجی آن رنگ خاصی پیدا کرده تا به این ترتیب کیک با ظاهر و اندازه مورد نظر به دست آید. تداوم انبساط سلول ها همراه با ژلاتینه شدن نشاسته باعث می شود تا این سلول ها پس از مدتی دچار پارگی شده و بین آنها نوعی اتصال درونی برقرار گردد.

درجه حرارتی که طی آن ساختار کیک، شکل نهایی پیدا می کند، به غلظت شکر در خمیر بستگی دارد به طوری که هرچه غلظت شکر بیشتر باشد، درجه حرارت ژلاتینه شدن (نشاسته) نیز افزایش یافته، خمیر به مدت طولانی تری به حال مایع باقی می ماند. به هر روی کیک را زمانی می توان پخته در نظر گرفت که اگر سطح آن در قسمت مرکزی کمی فشار داده شود، این سطح (آخرین قسمتی که پخته می شود) حالت ارتجاعی از خود نشان داده، مجدداً به شکل اول باز گردد.

درجه حرارت پایین نه تنها زمان شکل گیری و پخت را افزایش می دهد، بلکه باعث خشک تر شدن محصول نیز خواهد شد. با کاهش رطوبت غلظت شکر در سطوح فوقانی افزایش یافته، رو به گداخته شدن می نهد. همچنین پوسته ضخیم تر شده و به شدت بدرنگی مغز نان افزوده می گردد. بخش فوقانی کیک به دلیل مجاورت با بخار آب موجود در درون فر و نیز فضای نمدار باعث می شود تا کیک حالت مرطوب خود را حفظ نماید و تا حدودی از خشک شدن آن جلوگیری گردد. در بخش زیرین، به دلیل دوری از بخار، احتمال خشک و بدرنگ شدن بیشتر است.

از جمله نکاتی که به صورت تجربی می توان بر مبنای آنها در مورد درجه حرارت لازم جهت پخت، تصمیم گیری نمود، عبارتند از: رشته های آمیلوپکتین نشاسته به یکدیگر نزدیک شده و بین آن ها اتصالات هیدروژنی بوجود می آیند البته رشته های آمیلوزی قبلاً طی تروگرواسیون به هم متصل شده اند.

- هرچه تفاوت بین مقدار آرد با کره و تخم مرغ بیشتر باشد، از درجه حرارت بالاتری باید استفاده شود.
- هرچه اندازه کیک بزرگتر باشد، باید از حرارت کمتری استفاده گردد.
- هرچه حرارت با سرعت بیشتری استفاده شود، از دست رفتن رطوبت سریع تر خواهد بود.

بسته بندی کیک:

یکی از جمله محصولات است که می‌توان آن را هم در درجه حرارت‌های بالا و هم هنگامی که کاملاً سرد شده است، بسته‌بندی نمود. در هر دو حالت نکته مهم آن است که هیچ نوع تراکم رطوبت هرچند به صورت موضعی بر سطح محصول ایجاد نشود تا زمینه رشد کپک‌ها فراهم آید و نهایت تلاش باید صورت گیرد تا رطوبت نسبی متعادل محصول به گونه‌ای باشد که امکان تولید محصولی با عمر نگهداری خوب فراهم گردد.

## شکلات‌سازی

شکلات<sup>۱</sup> نوعی سیستم کلوئیدی است که در آن فاز مایع را کره کاکائو و فاز پراکنده را ذرات پودر کاکائو و شکر تشکیل می‌دهد. مراحل تبدیل دانه کاکائو به شکلات به شرح زیر است.

### ۱- تمیز کردن دانه‌ها<sup>۲</sup>:

### ۲- تخمیر دانه‌ها:

به منظور سهولت جدا ساختن پوسته از مغز دانه‌ها و نیز بهبود طعم و تغییر رنگ دانه انجام می‌شود.

### ۳- بو دادن دانه<sup>۳</sup>:

در این سیستم‌ها از بخار با فشار ۱۲۰ PSI به مدت ۲۰-۳۰ دقیقه استفاده می‌شود. انتخاب دمای بو دادن بستگی به نوع کاکائو دارد. شکلات‌های روشن در دمای ۹۵-۱۱۰ °C و شکلات تیره در دمای ۱۲۰-۱۳۰ °C بو داده می‌شود.

هدف از این مرحله نیز سهولت جداسازی پوسته از مغز و نیز ایجاد طعم مطلوب در دانه می‌باشد.

### ۴- winnowing:

در این مرحله پوسته از مغز دانه جدا می‌شود. جهت انجام این عمل از غلتک‌های دنداندار استفاده می‌شود. پوسته به مصرف سوخت، کود و غذای دام می‌رسد و گاهی از آن برای استخراج تئوبرومین استفاده می‌شود. قطعات درشت دانه یا به‌طور مستقیم وارد مرحله آسیاب کردن شده و یا برای مدتی در شکر نگهداری می‌شود این عمل به جلوگیری از خروج مواد معطر از آن کمک می‌کند.

### ۵- آسیاب کردن<sup>۴</sup>:

در طی آسیاب کردن دمای محصول نباید از ۷۰ °C تجاوز کند چون در غیر این صورت دمای بالا موجب خروج مواد معطر می‌شود. دمای مناسب این عمل ۳۵ °C است. اندازه مطلوب برای ذرات پودر کاکائو ۲۵-۳۰ میکرومتر است.

<sup>۱</sup>.Chocolate

<sup>۲</sup>. Bean Cleaning

<sup>۳</sup>. Roasting

<sup>۴</sup>. Milling

## ۶- طعم‌دهنده‌ها

## ۷- حجم‌دهنده‌ها:

- از سه طریق می‌توان به کیک حالت اسفنجی داد که عبارتند از:
- ۱- وارد کردن حباب‌های هوا یا دی‌اکسیدکربن در طی عمل کرم کردن<sup>۱</sup> خمیر
  - ۲- استفاده از مواد شیمیایی مجاز که دی‌اکسیدکربن ایجاد می‌کنند.
  - ۳- فشار بخار ایجاد شده در فر که بسته به نوع محصول می‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

## ۸- آب

## ۹- شیر

## انواع کیک:

انواع کیک به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

### ۱- HIGH RATIO :

در این دسته:

- مقدار شکر باید بیشتر از آرد باشد.
- مقدار مواد مایع از مقدار شکر بیشتر باشد.
- مقدار تخم‌مرغ باید بیشتر یا مساوی مقدار روغن باشد.

### ۲- LOW RATIO :

در این گروه:

- مقدار شکر نباید بیشتر از مقدار آرد باشد.
- مقدار مواد مایع باید معادل مقدار شکر باشد.
- مقدار روغن باید کمتر از تخم‌مرغ باشد.

یکی از مدل‌های کیک Foam cake می‌باشد که در این نوع عمل ترد شدن و یا حجیم‌شدن کیک به کمک هوا انجام می‌گیرد و دارای سه نوع زیر می‌باشد:

(الف) Angle food cake: این نوع کیک عاری از روغن است.

(ب) Sponge cake: کیک اسفنجی: در این نوع کیک از تخم‌مرغ کامل استفاده می‌شود.

(ج) Chiffon cake: در این نوع کیک برای عمل حجیم‌شدن از مواد شیمیایی مجاز نیز استفاده می‌شود.

<sup>۱</sup> Creaming

امروزه کیک‌های چند لایه‌ای یا layer cake متداول‌ترین کیک‌ها می‌باشند.

## روش‌های مخلوط کردن خمیر کیک :

### ۱- روش مخلوط کردن یک مرحله‌ای:

در این روش تمام اجزای کیک باید به ترتیب زیر وارد ظرف مخلوط‌کن نمود. اول چربی و روغن، بعد تمام اجزای جامد که باید از قبل یکنواخت شده باشند.

کنترل دمای خمیر کیک در طی عملیات تهیه آن دارای اهمیت زیادی است دمای مطلوب در شروع عمل حدود  $22^{\circ}\text{C} - 21^{\circ}\text{C}$  است و تابع عوامل مختلفی مانند دمای تک‌تک مواد اولیه، آب، هوا، ماشین‌ها و اصطکاک است.

### ۲- روش مخلوط کردن دو مرحله‌ای:

در این روش در مرحله اول مواد جامد را در ظرف مخلوط‌کن ریخته و با سرعت کم آن‌ها را به خوبی مخلوط نموده و بعد در حال حرکت کم‌کم مقداری از آب فرمول را به مخلوط اضافه کرده و عمل مخلوط کردن را ادامه می‌دهیم تا خمیر شکل گیرد. سپس باقیمانده آب و تخم‌مرغ در سه نوبت اضافه می‌شود.

### ۳- روش کرم کردن<sup>۱</sup>:

در این روش روغن همراه با شکر در مخلوط‌کن‌های مناسب با سرعت زیاد به شدت مخلوط می‌شود تا حباب‌های هوا وارد بافت مخلوط شود و حجم آن به حد مطلوب برسد.

قبل از کرم کردن باید روغن تا دمای حدود  $21^{\circ}\text{C}$  گرم شود چون روغن سرد دارای الاستیسیته مناسب نبوده و نمی‌تواند به خوبی با شکر مخلوط شده و حباب‌های هوا را در خود نگهدارد. اصولاً هر چه روغن سردتر باشد زمان مخلوط کردن آن با شکر بیشتر می‌شود. اما دمای بالای  $21^{\circ}\text{C}$  نیز مناسب نیست زیرا در این صورت کرم حاصل نمی‌تواند به مقدار کافی حباب‌های هوا را در خود نگه دارد و در نتیجه حجم کیک کاهش می‌یابد.

### ۴- روش Blending :

در این روش ابتدا آرد و روغن را در ظرف مخلوط‌کن ریخته و به هم می‌زنیم به نحوی که سطح کلیه ذرات آرد با روغن پوشانده شده و مخلوط یکنواختی به دست آید. سپس مواد جامد و قسمتی از هوا و مایع را اضافه می‌کنیم و عمل مخلوط کردن را ادامه می‌دهیم و آنگاه به تدریج باقی‌مانده مواد مایع را اضافه می‌کنیم.

**نکته:** درجه حرارت اجزاء به کار رفته رد تهیه خمیر کیک باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر اینکه اجازه مخلوط کردن کامل آنها را می‌دهد، امکان هوادهی مناسب را نیز فراهم آورد و سبب تولید محصولی با کیفیت مطلوب گردد. در نتیجه حفظ دمای خمیر کیک در حد  $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$  توصیه می‌شود.

بسیاری از عیوبی که به هنگام تهیه کیک دیده می‌شوند ناشی از عدم تناسب اجزاء فرمولاسیون آن است. یکی از اشکالات کیک فرورفتگی آن در قسمت وسط می‌باشد که می‌تواند دلایل زیر را داشته باشد:

### ۶- جدا کردن پودر کاکائو از کره کاکائو:

این عمل به وسیله پرس و یا استفاده از حلال مناسب انجام می‌گیرد.

### ۷- مخلوط کردن مواد اولیه:

مخلوط کردن در ظروف بزرگ مجهز به غلتک‌های سنگی به نام **Melangeurs** انجام می‌گیرد و در طی آن لازم است دمای عمل کم و بیش ثابت باشد.

### ۸- Refining :

هدف اصلی از این عمل یکنواخت کردن و کاهش اندازه ذرات می‌باشد. در طی این مرحله مایع شکلات در تماس با هوا و رطوبت قرار دارد و ممکن است مقداری رطوبت جذب محصول شود. این عملیات باید در هوای با رطوبت نسبی کمتر از ۶۵ درصد انجام شود.

### ۹- Councing :

عبارت است از آخرین مرحله مخلوط کردن ترکیبات شکلات که تأثیر زیادی بر روی طعم و بوی شکلات دارد. هدف از این مرحله در درجه اول حذف اسیداستیک حاصل از تخمیر و رطوبت اضافی است. هم‌چنین تغییرات مطلوبی در ویسکوزیته، رنگ و اندازه ذرات هم حاصل می‌شود. در این مرحله دما نباید از  $70-90^{\circ}\text{C}$  برای شکلات تیره و  $50-70^{\circ}\text{C}$  برای شکلات شیری تجاوز نماید. چنانچه در فرمول شکلات از مواد طعم‌دهنده استفاده شود بهترین زمان برای اضافه کردن آن‌ها به فرمول در آخرین دقایق عمل **councing** است.

### ۱۰- Tempering :

این عمل در دستگاهی به نام **votator** انجام می‌شود و هدف از آن ایجاد کریستال‌های با ثبات کره کاکائو در محصول و نیز سهولت تبدیل فرم مایع به جامد می‌باشد. در صورت انجام مناسب این عمل از پدیده **fat bloom** جلوگیری می‌شود و نیز سبب سهولت خروج شکلات از قالب می‌شود. رطوبت محصول نباید بیش از ۱/۵ درصد باشد.

### پدیده bloom :

عبارتست از پیدایش لکه‌های سفید شکوفه مانند روی سطح شکلات که بیشتر در شکلات‌های تیره ایجاد شده و به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

#### ۱- Fat bloom :

چنانچه مراحل تولید کاکائو مناسب نباشد در دمای حدود  $21^{\circ}\text{C}$  یا بالاتر به تدریج روغن‌های دارای نقطه ذوب پایین‌تر روی سطح شکلات نفوذ کرده، لکه‌های سفید رنگی را تشکیل می‌دهد.

#### ۲- sugar bloom :

در اثر واکنش بین رطوبت اضافی موجود در شکلات یا رطوبت هوا و شکر ایجاد می‌شود که حالت کریستالی دارد.

### ۳- Water bloom:

این حالت در اثر جذب رطوبت روی سطح شکلات ایجاد می‌شود. به طور کلی شکلات‌ها به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

#### ۱- شکلات تیره<sup>۱</sup>:

دارای رنگ قهوه‌ای تیره است و از ترکیب پودر کاکائویی که در دمای بالا ( $120-130^{\circ}\text{C}$ ) بو داده شده و کره کاکائو و شکر تهیه شده است.

#### ۲- شکلات روشن<sup>۲</sup>:

دارای رنگ روشن و طعم ملایم است و از مخلوط کردن پودر کاکائو، شکر، کره کاکائو و شیرخشک تهیه می‌شود.

## تکنولوژی گلوتن

### ویژگی‌های گندم مناسب در صنعت تهیه نشاسته و گلوتن:

درجه خلوص گندم: حداقل ۹۴ درصد

درجه سختی دانه: در حد پایینی باشد

رطوبت: حداکثر ۱۵ درصد

پروتئین: حداقل ۱۳ درصد (هرچه بالاتر باشد بهتر است)

عدد فالینگ: حداقل ۲۰۰ ثانیه (هرچه بالاتر باشد بهتر است)

عدد زلنی یا رسوب: ۳۰ میلی لیتر

با افزایش پروتئین مشکلاتی در فرایند تولید نشاسته بوجود می‌آید، زیرا در یک صورت تجهیزات بیشتری جهت استخراج گلوتن مورد نیاز است و نیز میزان نشاسته حاصله کمتر می‌شود. به‌طور کلی بین میزان نشاسته درجه ۱ و گلوتن حاصله رابطه عکس وجود دارد. ولی با این وجود به سبب این که قیمت گلوتن بیشتر از نشاسته می‌باشد، این اختلاف از نظر اقتصادی قابل توجه است و اکثر کارخانجات ترجیح می‌دهند از گندم با پروتئین بیشتر استفاده کنند. یعنی میزان گلوتن تولیدی که قیمت بیشتری دارد افزایش یابد و میزان نشاسته کمتر شود.

در صنایع نشاسته، مقدار گلوتن مرطوب باید در حدود ۲۶-۲۸ درصد باشد.

اصولاً در ذرات آرد گندم، پروتئین به‌نحوی به نشاسته چسبیده و با آن پیوند برقرار می‌کند. این پیوند می‌تواند در ارقام مختلف قوی یا ضعیف باشد. در مورد گندمی که اندوسپرم آن نرم است، این پیوند و چسبندگی محکم نیست، بنابراین در طی فرایند آسیاب کردن آرد استحصالی، ظریف‌تر و نرم‌تر می‌شود و از طرفی دانه‌های نشاسته و پروتئین آن تا حدودی آزاد می‌باشند. اما در گندم دارای اندوسپرم سخت، دانه‌های نشاسته توسط ماتریکس پروتئین به‌طور محکم و سخت احاطه می‌شوند. به‌همین جهت اگر گندم سخت، آسیاب شود ذرات آرد آن به‌صورت دانه‌بندی درشت درمی‌آید یا به‌عبارت دیگر آرد حاصل زبرتر می‌شود.

1. Dark Chocolate  
2. Milk Chocolate

به طور کلی آرد حاصل از گندم‌های سخت صدمه مکانیکی بیشتری می‌بیند. در طی فرایند تهیه آرد از غلات، قسمتی از نشاسته صدمه می‌بیند، این صدمه را اصطلاحاً صدمه دیدگی مکانیکی می‌نامند. (بین درصد پروتئین و میزان صدمه دیدگی نشاسته رابطه مستقیم وجود دارد).  
 در مورد استخراج نشاسته به طور خلاصه می‌توان گفت:  
 ۱- هرچه ساختار اندوسپرم نرم‌تر باشد، بازدهی نشاسته درجه ۱ در فرایند تهیه نشاسته بیشتر می‌شود.  
 ۲- هرچه ویژگی‌های نشاسته مثل عدد فالینگ و آمیلوگرام بیشتر باشد بازدهی نشاسته درجه ۱ بیشتر می‌شود.  
 گندم مورد مصرف جهت تهیه نشاسته باید دارای پنتوزان پایینی باشد. گندمی که برای استحصال گلوتن انتخاب می‌شود هر چه قدر قوی‌تر و کمیت و کیفیت گلوتن آن بالاتر باشد، بهتر است. برای نتیجه‌گیری بهتر آرد حاصل باید مدتی حدود دو هفته به حال خود باقی بماند تا ویژگی‌های گلوتن آن اصلاح شود. آرد را با آب نمک ۰/۱ مولار مخلوط کرده و خمیر را ورز می‌دهیم تا برای ورود به ترومل آماده شود. ترومل دستگاهی است که در آن توسط شستشو، نشاسته از خمیر جدا می‌شود. در انتهای ترومل گلوتن به صورت توده‌ای ویسکوالاستیک حاصل می‌شود سپس توده گلوتن وارد پرس گلوتن یا غلتک آب‌گیری می‌شود تا آب محبوس در آن خارج شود. در مرحله بعد گلوتن وارد اکسترودر می‌شود و به صورت رشته‌هایی نازک در می‌آید سپس رشته‌های گلوتن وارد خشک‌کن اولتراراتور شده و بسته به حرارت به کار رفته جهت خشک کردن دو نوع گلوتن تولید می‌شود:

### ۱- گلوتن فعال:

در دمای پایین‌تری خشک می‌شود تا به صورت فعال و دناتوره نشده باقی بماند و از آن در مواردی که لازم است گلوتن تشکیل شبکه بدهد استفاده می‌شود.

### ۲- گلوتن غیرفعال:

در دمای بالا خشک می‌شود و ساختار پروتئینی آن دناتوره شده است. گلوتن فعال قادر است ۲-۳ برابر وزن خود آب جذب کند و نیز می‌تواند گازهای ناشی از تخمیر را در خود نگه دارد و عمدتاً در صنایع سوسیس و کالباس استفاده می‌شود. اما گلوتن منعقد شده به اندازه وزن خود یا کمتر، آب جذب می‌کند. گلوتن پودری کرم‌رنگ دارای حداقل ۸۰ درصد پروتئین گندم و  $pH = 5/8 - 6/4$  است. مراحل تولید و استخراج گلوتن به شرح زیر است:

### ۱- فناوری تهیه نشاسته و گلوتن براساس روش مارتین:

در این روش ابتدا آرد گندم را با آب مخلوط کرده خمیر حاصل می‌شود، سپس اولین مرحله شستشو انجام می‌شود. هم‌زمان با اولین مرحله شستشو، سبوس نیز خارج می‌شود و سپس سبوس حاصل را به طور کامل خنک کرده، جهت خوراک دام و طیور فرستاده می‌شود.

در دومین مرحله شستشوی سوسپانسیون نشاسته - گلوتن، خط تولید دو شاخه می‌شود، در خط اول یعنی پس از دومین مرحله شستشو سوسپانسیون نشاسته خارج و اولین جداسازی مایع تغلیظ شده صورت می‌گیرد. در مرحله بعد نشاسته تصفیه شده و پس از آب‌گیری، خشک شده و نشاسته درجه ۱ به دست می‌آید. پساب حاصل از اولین جداسازی مایع تغلیظ شده به دومین مرحله جداسازی مایع تغلیظ شده رفته سپس آب‌گیری شده و خشک می‌شود و نشاسته درجه ۲ به دست می‌آید.

در خط دوم یعنی در دومین مرحله شستشو سوسپانسیون نشاسته (پس از استحصال نشاسته درجه ۱ و ۲) گلوتن خارج و پس از آگیری تحت شرایط کنترل شده ای خشک می گردد که در این روش گلوتن خشک فعال بدست می آید. به طور کلی به ازای هر تن گلوتن گندم با توجه به مواد اولیه حدود ۶-۵ تن نشاسته تولید می شود. یکی از عیوب روش مارتین مصرف آب تازه به مقدار زیاد یعنی بین ۱۲ - ۸ تن آب جهت شستشوی ۱ تن آرد مورد نیاز است. از محاسن روش مارتین این است که می توان از آرد ضعیف و دارای پروتئین کم (۱۰ - ۷ روز) نیز استفاده نمود.

### ۲- روش خمیر رقیق:

خمیر رقیقی از آرد و آب در مقدار زیادی آب پخش می کنند تا گلوتن به اصطلاح ببرد و به لخته های کوچکی تبدیل شود سپس به وسیله الک کردن گلوتن را جدا می کنند.

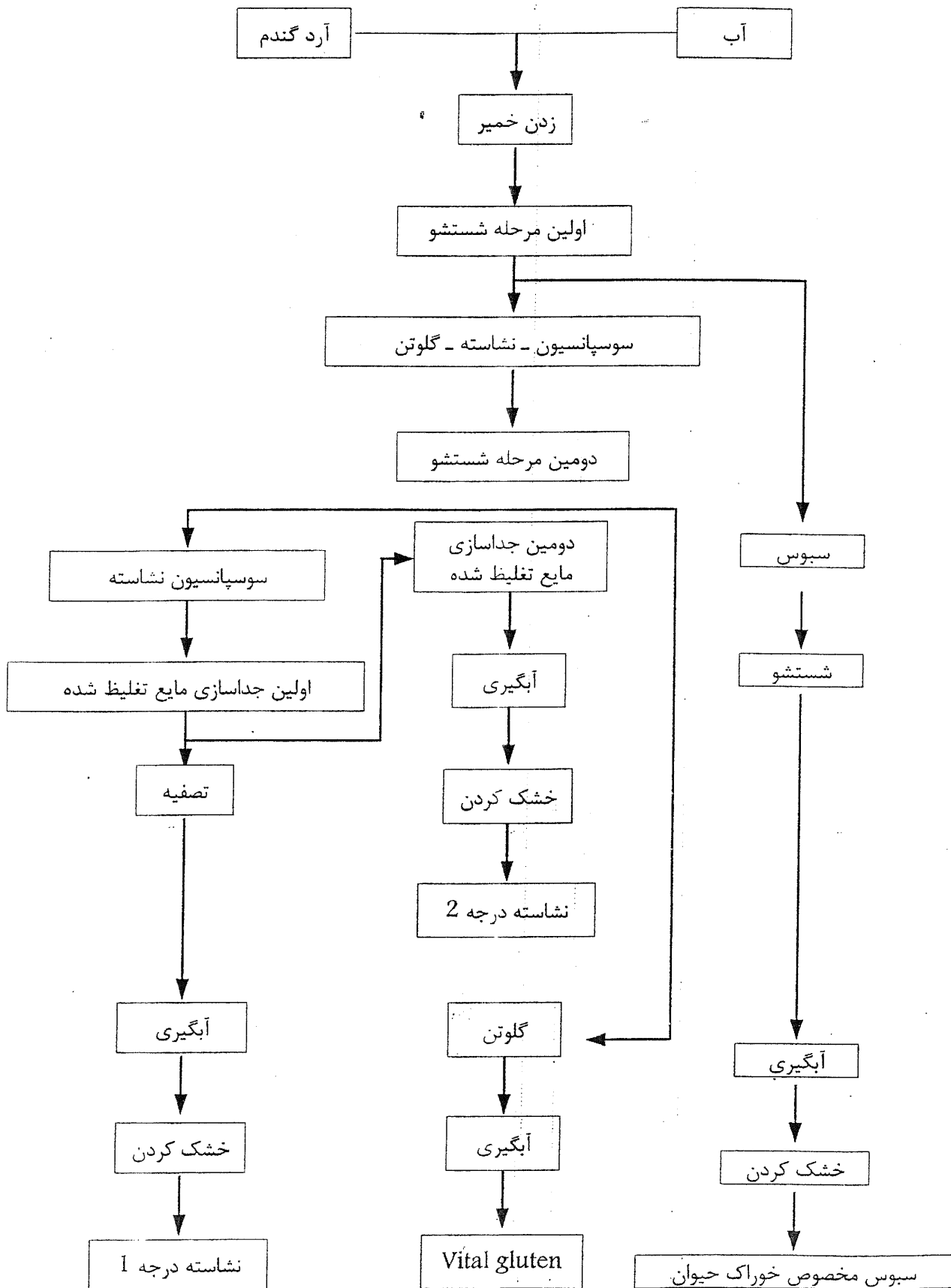
### ۳- روش قلیایی:

آرد را در یک حلال قلیایی (سود ۰/۰۳ نرمال) به حالت معلق در می آورند، پروتئین در آن پراکنده می شود نشاسته را با سانتریفوژ کردن جدا می کنند و بعد با اسیدی کردن محیط و رساندن pH آن به (۵/۵) پروتئین را رسوب می دهند البته گلوتن بدست آمده از این روش کاملاً دناتوره شده است و دیگر نقش فعالی ندارد.

### ۴- روش فار - مارکو:

در این روش به جای آرد گندم از گندم کامل جهت استخراج نشاسته استفاده می شود ابتدا رطوبت دانه به حدود ۲۲-۱۴ درصد می رسد سپس آن را آسیاب می کنند در مرحله بعد به آن آب اضافه می شود و در اثر زدن، خمیر نسبتاً سفتی تهیه می گردد. خمیر روی صفحه دوار مالش داده شده و بدین طریق گلوتن از نشاسته و سبوس خارج می شود. سبوس و جوانه را از نشاسته تفکیک نموده و به طور جداگانه شیر نشاسته را تغلیظ و خشک می کنند بدین ترتیب نشاسته خشک به دست می آید. گلوتن به دست آمده از این طریق همانند روش مارتین از نوع گلوتن فعال است.





## تکنولوژی نشاسته

سوپانسیون خارج شده از ترومل وارد مخازن خاصی به نام بالانس تانک و از آنجا وارد سانتریفوژ می‌شود از سیراتورهای مرحله اول و دوم نشاسته درجه یک را استخراج می‌کنند و از سیراتورهای مرحله سوم نشاسته درجه ۲ حاصل می‌شود. از آنجایی که نشاسته به دست آمده خام است و نیاز به تغییر دارد لذا تبدیل به نشاسته اصلاح شده یا انواع نشاسته‌های تغییر یافته<sup>۱</sup> می‌نمایند. نشاسته تغییر یافته نشاسته‌ای است که نوعی واکنش شیمیایی، بیولوژیکی یا فیزیکی بر روی آن انجام گرفته تا ویژگی‌های آن مطلوب شود. در زیر به برخی از مهمترین آن‌ها اشاره می‌شود:

### ۱- نشاسته تغییر یافته به وسیله اسید<sup>۲</sup>:

ویسکوزیته خمیر نشاسته به وزن مولکولی آن بستگی دارد. لذا می‌توان به وسیله اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال ویسکوزیته نشاسته را کاهش داد. این نشاسته تشکیل زل مطلوبی می‌دهد و در انتها باید اسید اضافی را خنثی کرد. در این حالت آمیلوز بیش از آمیلوپکتین تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

### ۲- نشاسته تغییر یافته به وسیله آنزیم:

از آنزیم گلوکوامیلاز قارچی که هم اتصالات (۴ → ۱)  $\alpha$  و هم (۶ → ۱)  $\alpha$  نشاسته را می‌شکند استفاده می‌شود در نتیجه به این صورت ویسکوزیته نشاسته کاهش پیدا می‌کند.

### ۳- نشاسته پیش ژلاتینی شده<sup>۳</sup>:

نشاسته پیش ژلاتینی شده، نشاسته‌ای است که در آب داغ حرارت داده شده تا حدی که گرانول‌های آن متورم شود و سپس با روش مناسبی مثل خشک‌کن‌های غلتکی یا پاششی خشک شده باشد. این نشاسته در هنگام استفاده در درجه حرارت‌های بسیار کم و به سرعت ژلاتینی می‌شود.

### ۴- نشاسته اکسید شده<sup>۴</sup>:

در این روش گرانول‌های نشاسته به وسیله هیپوکلریت سدیم یا هیپوکلریت کلسیم در دمای  $70-80^{\circ}C$  ضعیف می‌شوند و به همین جهت ویسکوزیته آن پایین بوده، شفافیت بیشتری دارد و رنگ آن سفیدتر و نشاسته حاصل از این عمل شفاف‌تر است.

### ۵- نشاسته اسفنجی:

برای تولید محصول ابتدا نشاسته خام را در آب به صورت سوپانسیون درآورده و آن را منجمد می‌کنند و سپس از انجماد خارج می‌کنند اگر انجماد در خلأ نسبی انجام گیرد حالت اسفنجی نشاسته بهتر خواهد شد.

### ۶- نشاسته لایه‌ای:

این نوع نشاسته به صورت فیلم‌های نازک در بسته‌بندی مواد غذایی کاربرد دارد و بیشتر از آمیلوز خالص تشکیل شده است.

1. Modified starch  
2. Chemical (Acid) Modified  
3. Pregelatinized  
4. Oxidized

### ۷- نشاسته فسفات:

مرسوم‌ترین نوع نشاسته ژلاتینه شده است که به‌ویژه نوع مونوفسفات آن بسیار کاربرد دارد. این نوع نشاسته در محصولات منجمدشده کاربرد دارد و از خروج آب یا سینرزیس این محصولات در هنگام دیفرانست جلوگیری می‌کند.

### تکنولوژی تولید گلوکز مایع

گلوکز مایع ماده‌ای است شفاف، بی‌رنگ، بدون کریستال با ویسکوزیته بالا که محتوی مخلوطی از دکستروز، مالتوز و پلی‌ساکاریدها می‌باشد و به اسامی دیگری مثل شربت گلوکز و یا شربت ذرت هم نامیده می‌شود.

این ماده از هیدرولیز نشاسته به‌وسیله اسید یا آنزیم یا هر دو حاصل می‌شود. میزان پیشرفت واکنش یا دپلمریزاسیون نشاسته را توسط D.E یا دکستروزاکی والان نشان می‌دهند.

هیدرولیزاسیدی محدودیت عملی حداکثر تا  $DE = 55$  را دارد.

سوسپانسیون نشاسته درجه ۲ را با اسید کلریدریک ۳۶ درصد تا  $pH = 2-1/5$  مخلوط می‌کنیم و سپس مخلوط وارد قسمتی به نام کنورتور<sup>۱</sup> می‌شود. در این جا مخلوط تا دمای  $140-145^{\circ}C$  حرارت داده می‌شود زمان انجام این عمل حدود ۱۰ دقیقه است.

پس از اتمام واکنش و سرد کردن مخلوط، مقداری کربنات سدیم به آن اضافه می‌شود تا اسید آن خنثی شود سپس ناخالصی‌های آن توسط خاک تصفیه یا پرلیت جدا می‌شود و آنگاه توسط کربن فعال بی‌رنگ می‌شده و در مرحله بعد شربت توسط اواپراتور تغلیظ می‌شود. در هیدرولیز اسیدی رابطه نسبتاً مستقیمی بین DE شربت و ترکیب شربت وجود دارد. هیدرولیز آنزیمی توسط آنزیم‌هایی به شرح زیر انجام می‌شود:

#### آلفا آمیلاز:

فقط بر روی پیوندهای  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  اثر کرده نشاسته را تبدیل به مالتوز، تری‌ساکاریدها و پلی‌ساکاریدها می‌نماید.

#### بتا آمیلاز:

نشاسته را تبدیل به واحدهای مالتوز می‌نماید و عمل آن وقتی به اتصالات  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  رسیده متوقف می‌شود.

#### گلوکو آمیلاز:

بر روی پیوندهای  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  و  $\alpha(1 \rightarrow 6)$  اثر کرده و تولید دکستروز (D - گلوکز) می‌نماید که محصول نهایی هیدرولیز نشاسته است.

## یولاف<sup>۱</sup> (جو دو سر):

یولاف به طور عمده برای تغذیه دام به مصرف می‌رسد قسمت کمی از آن هم برای تهیه فرآورده‌های مورد استفاده در رژیم غذایی انسان آسیاب می‌شود. از جمله این فرآورده‌ها آرد کامل یولاف برای تهیه حریره و کیک یولاف و آرد یولاف برای غذای کودک و صبحانه‌های حاضری غلات می‌باشد.

یولاف در بین غلات با داشتن 9-5 درصد چربی بیشترین مقدار ترکیبات لیپیدی و در نتیجه دارای بیشترین فعالیت لیپولیتیک است بنابراین در فرآیند آسیاب کردن یولاف یک مرحله تثبیت یا Blanching به منظور نابود کردن آنزیم لیپاز به وسیله بخار وجود دارد. سپس با استفاده از آزمایش تترازولیوم می‌توان غیرفعال شدن کامل لیپاز را مورد بررسی قرار داد. پس از آنزیم‌بری چنانچه در این آزمایش همان‌گونه که در دانه زنده هم دیده می‌شود رنگ قرمز در انتهای جوانه‌دار دانه دیده شود نشانه این است که عملیات حرارتی برای نابود کردن آنزیم‌های دهیدروژناز کافی نبوده است و آنزیم‌های دیگر به خصوص لیپاز نیز احتمالاً سالم باقی مانده‌اند.

بررسی ترکیب آمینواسیدی یولاف بیانگر این است که پروتئین یولاف از نظر تغذیه‌ای بر پروتئین سایر غلات برتری دارد. در صنعت نیز از پوسته یولاف بعنوان ماده اولیه برای تولید فورفورال استفاده می‌کنند. محصولات حاصل از یولاف بتاگلوکان زیادی دارند بنابراین از جنبه تغذیه‌ای نیز بسیار مفید هستند.

## چاودار<sup>۲</sup>:

چاودار غله‌ای است که برای تولید نان به کار می‌رود و از نظر اهمیت برای تولید نان پس از گندم در مرتبه دوم قرار دارد. نان چاودار از نظر ارزش تغذیه‌ای از نان گندم بهتر است اما از نظر کیفیت مغز و جذابیت ظاهری با نان گندم قابل مقایسه نیست. چاودار در مقابل ارگوت یا ناخنک بسیار حساس می‌باشد. این عارضه توسط قارچی به نام کلاویسیپس پورپورا<sup>۳</sup> ایجاد می‌شود. ارگوت ترکیباتی سمی دارد و اگر به میزان معینی خورده شود سبب بیماری قانقاریای ارگوتی می‌شود. آرد چاودار، آردی ضعیف است و از پروتئین آن گلوتن بسیار کمی استخراج می‌شود. رنگ آرد چاودار تیره‌تر از آرد گندم است. پروتئین نقش مهمی را که در خمیر آرد گندم دارد، در خمیر آرد چاودار ندارد و در آن پنتوزان‌ها و نشاسته از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. اصولاً چاودار دارای پنتوزان زیادی می‌باشد. نشاسته چاودار در دمای نسبتاً کم یعنی حدود  $55-70^{\circ}\text{C}$  ژلاتینی می‌شود و در این درجه حرارت فعالیت آلفا آمیلاز در حداکثر خود است برای جلوگیری از تجزیه بیش از حد نشاسته توسط آمیلازها از مقداری نمک استفاده می‌شود و pH خمیر با استفاده از تغییر و تبدیل‌های اسیدی در روش خمیر ترش کاهش پیدا می‌کند. مقدار لیزین در پروتئین چاودار بیشتر از گندم است.

## از چاودار برای موارد زیر استفاده می‌شود:

- تولید انواع مالت
- تولید فرآورده‌های پولک شده برای غذای صبحانه
- به عنوان ماده سیرکننده و پرکننده سوپ‌ها
- به عنوان بخشی از فرمول انواع نان برای به تأخیر انداختن بیاتی آن‌ها

<sup>1</sup>.Oat (Avena fatua)

<sup>2</sup>.Secale Cereale

<sup>3</sup>. claviceps purpurea

برای بهره‌گیری از ویژگی‌های مثبت هر دو غله (گندم و چاودار) هیبریدی از آن‌ها به نام تریتیکاله به‌وجود آمده که ویژگی دارا بودن گلوتن و عملکرد بالا را از گندم و ویژگی بالا بودن لیزین را از چاودار به ارث برده است. به سبب این که تریتیکاله ویتامین، پروتئین و راندمان پروتئینی یا PER بالاتری از گندم دارد بنابراین ارزش تغذیه‌ای نان حاصل از آن بیشتر از نانی است که فقط از گندم تهیه شود.

### برنج:

برنج بیشتر به مصرف غذایی انسان می‌رسد و استفاده صنعتی آن بسیار کم است. هر چند مقدار پروتئین آن از گندم کمتر است اما ارزش غذایی آن بیشتر از گندم است.

برنج معمولی یا *oryza sativa* عاری از گلوتن بوده و بافت اندوسپرم شیشه‌ای دارد اما نوعی برنج گلوتنی نیز وجود دارد که علاوه بر داشتن گلوتن دارای اندوسپرم آردی است.

نشاسته برنج معمولی با ید به رنگ آبی در می‌آید و ترکیبی از آمیلوز و آمیلوپکتین می‌باشد در حالی که نشاسته برنج گلوتنی با ید رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای می‌دهد نشاسته گلوتنی کمتر از 1 درصد آمیلوز دارد و در عوض دارای مولکول‌هایی با وزن مولکولی متوسط و کم است که به مقدار زیادی دارای شاخه‌های جانبی است و ساختمان آن بین آمیلوپکتین و گلیکوژن است.

برداشت محصول زمانی انجام می‌شود که دانه‌ها رسیده و دارای رطوبتی حدود 18 درصد هستند سپس به‌وسیله خرمن‌کوب از ساقه جدا می‌شوند.

دانه‌های جدا شده که هنوز پوسته خارجی **Hull** روی آن‌ها را پوشانده است **Paddy** یا **شلتوک** نامیده می‌شوند. وجود این لایه مانع از تبخیر رطوبت می‌شود و از آن جایی که در این مرحله هنوز برنج دارای رطوبت اضافی است و قابل نگهداری نمی‌باشد باید بلافاصله خشک شود تا رطوبتش به 12 درصد برای انبار کردن برسد.

رنگ قهوه‌ای پوسته برنج مربوط به لایه نازکی است که روی سطح دانه قرار دارد و سبوس یا **Bran** نامیده می‌شود. زیر سبوس لایه دیگری وجود دارد که آلرون نامیده می‌شود و سرشار از پروتئین است و زیر آن اندوسپرم قرار دارد. پروتئین برنج گلوتلینی به نام اوریزینین دارد.

### آسیاب کردن برنج<sup>۱</sup>:

برخلاف آسیاب کردن گندم که هدف از آن به‌دست آوردن آرد است در مورد برنج هدف از آسیاب کردن جدا کردن پوسته خارجی (**Hull**) و سبوس و لایه داخلی چسبیده به اندوسپرم و جوانه و به‌دست آوردن دانه صاف و صیقلی شده است. آسیاب کردن فرایندی است که طی آن سبوس در اثر برس‌زنی با مواد سمباده‌ای یا مرواریدی کردن به طرز نسبی یا کامل جدا می‌شود.

### آسیاب کردن به روش مرطوب (SEM)<sup>۲</sup>

در این روش مقداری روغن برنج به برنج قهوه‌ای یا سبوس نگرفته اضافه نموده بعد مقداری حلال چربی مثل هگزان به آن اضافه می‌کنند و به این ترتیب چربی و حلال از دانه جدا شده که می‌سلا نامیده می‌شود. می‌سلا به صورت ماده‌ای شوینده سبوس را به همراه خود از اندوسپرم جدا و دور می‌کند برنج عاری از سبوس پس از این مرحله الک شده، شستشو داده شده و خشک می‌شود.

<sup>۱</sup>. Rice Milling

<sup>۲</sup>. Solvent Extraction Milling

- برای زدودن هگزان اضافی که در برنج باقی مانده است از بخار فوق‌العاده داغ هگزان استفاده می‌شود و یا برنج را در معرض گاز بی‌اثر قرار می‌دهند تا آخرین آثار حلال از آن برطرف شود.
- مزایای روش آسیاب کردن مرطوب عبارتند از:
- ۱- بازدهی تولید ۱۰ درصد افزایش می‌یابد.
  - ۲- به علت جدا شدن قسمت عمده‌ای از چربی، قابلیت نگهداری آن بیشتر می‌شود.
  - ۳- روغن برنج حاصل از این روش دارای مصارف خوراکی است به ازای هر 100 کیلو برنج 2 کیلو روغن استحصال می‌شود.
  - ۴- سبوس و پولیش آن دارای ثبات بیشتری است.

## فرآورده‌های برنج

### الف) آرد برنج:

آرد برنج سفید از برنج اعلائی درجه 2 با استفاده از دستگاه‌های مرواریدی‌کننده، گرانولی‌کننده و نرم‌کننده به دست می‌آید. آرد برنج قهوه‌ای از برنج قهوه‌ای آسیاب نشده یا جلا نداده تهیه می‌شود. نان برنج با استفاده از نوعی صمغ به نام هیدروکسی پروپیل متیل سلولز که به صورت جایگزین گلوتن به کار می‌رود از آرد برنج تهیه می‌شود.

### ب) برنج نیم‌پز یا پیش‌پز کردن برنج<sup>۱</sup>:

در این روش ابتدا شلتوک برنج را در آب داغ خیس می‌کنند و آن را بخار می‌دهند در این حالت نشاسته لایه‌های خارجی دانه ژلاتینه می‌شود سپس برنج را خشک می‌کنند تا به رطوبتی مناسب برای آسیاب کردن برسد.

هدف اصلی این کار سست کردن پوسته است اما به دلیل این‌که ویتامین‌های B1 و B2 و نیز املاح موجود در سبوس وارد مغز دانه می‌شوند، لذا ارزش غذایی این برنج نیز افزایش می‌یابد. این عمل هم‌چنین موجب می‌شود که دانه حالت الاستیکی پیدا نموده و از شکسته شدن آن جلوگیری می‌شود و بالاخره اینکه برنج حاصل از این فرآیند در مقابل آفات انباری مقاوم‌تر می‌باشد.

### ج) برنج کنورته<sup>۲</sup>:

تبدیل برنج، فرم مدرنیزه شده پیش‌پز کردن است. از آن‌جایی که پیش‌پز کردن می‌تواند منجر به تغییر رنگ و یا فساد شود، می‌توان با خیس کردن برنج در محلول کرومات سدیم 0.05% از تغییرات طعم و با خیس کردن در محلول متابی سولفیت سدیم 0.3% درصد از رنگبری جلوگیری نمود. البته این روش سبب کاهش تیامین (ویتامین B1) می‌شود.

### د) برنج زودپز:

برای تهیه برنج زودپز، برنج جلا داده را در آب خیس می‌کنند تا رطوبت آن به 35 درصد برسد سپس آن را تحت فشار می‌پزند و خشک می‌کنند در یک روش دیگر پس از پختن برنج را منجمد می‌کنند و سپس ذوب می‌نمایند و آبش را می‌گیرند.

پوسته برنج دارای 22 درصد خاکستر است که از این مقدار 95 درصد آن سیلیس و بقیه سدیم و پتاسیم است که استفاده‌های بسیار گسترده‌ای دارد.

<sup>۱</sup>. Parboiling

<sup>۲</sup>. Conversion

دمای ژلاتیناسیون برنج به سبب این که گرانول‌های نشاسته آن بسیار کوچک است از سایر غلات بالاتر است و بین  $58-75^{\circ}\text{C}$  قرار دارد.

## ذرت:

گیاه ذرت از جنس *Zea mays* و از خانواده گرامینه می‌باشد. دانه ذرت زرد رنگ بیشترین مصرف را در بین دانه‌های ذرت دارد. بیشترین کاربرد ذرت جهت خوراک دام می‌باشد.

از آن جایی که میزان تریپتوفان ذرت کم است در کشورهایی که غذای اصلی و غالب آن‌ها ذرت است (آمریکای لاتین) شیوع بیماری پلاگر بسیار رایج است. زیرا تریپتوفان پیش‌ساز ویتامین نیاسین است و کمبود نیاسین باعث این بیماری می‌شود.

پروتئین ذرت فاقد گلوتن است بنابراین از آن نمی‌توان نان با کیفیت مطلوب تهیه نمود. پرمصرف‌ترین گونه ذرت، ذرت غلافی است البته ذرت مومی نیز به دلیل داشتن آمیلوپکتین بسیار بالا ویژگی و کاربردهای خاص خود را دارد.

جوانه ذرت حدود ۱۵ درصد وزن دانه را شامل می‌شود و از دو بخش جنینی و اسکوتلومی تشکیل شده که این بخش در طول جوانه‌زدن دانه به عنوان عامل تغذیه‌کننده جنین کاربرد دارد.

پروتئین جوانه ذرت از آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها تشکیل یافته است و از نظر کمی و کیفی نسبت به پروتئین‌های اندوسپرم برتری دارد. محدودیت اسیدهای آمینه مربوط به بخش اندوسپرم آن است و پروتئین جوانه از الگوی اسید آمینه بهتری برخوردار است.

## آسیاب کردن ذرت:

آسیاب کردن ذرت به دو روش خشک یا مرطوب انجام می‌گیرد از آن جایی که جوانه ذرت دارای میزان زیادی روغن است و فساد چربی در اثر اکسید شدن، عمر نگهداری آرد ذرت را کاهش می‌دهد، لذا حذف جوانه بسیار حایز اهمیت است. بنابراین اولین قدم در آسیاب کردن ذرت جداسازی جوانه از بقیه دانه به منظور استخراج و بازیابی روغن است.

### ۱- آسیاب کردن خشک :

آسیاب کردن خشک به منظور رسیدن به حداکثر عملکرد آرد دانه درشت با حداقل آغشتگی به چربی و ذرات سیاه‌رنگ می‌باشد. مرحله اول تمیز کردن است. از آن جایی که دانه‌های ذرت درشت‌تر از سایر غلات هستند و اندازه آن‌ها طوری است که شبیه اندازه فضولات موش می‌باشد بنابراین جدا کردن فضله جوندگان از ذرت، مشکل‌تر از جدا کردن آن از سایر غلات است.

مرحله بعدی مشروط کردن است به حدی که رطوبت دانه تا حدود 32 درصد افزایش یابد.

بعد از این مرحله جوانه‌گیری انجام می‌شود. جداسازی جوانه توسط آسیاب‌های غلتکی ساده‌ترین روش است. اما در این مرحله تفکیک جوانه از اندوسپرم و پوسته به خوبی انجام نمی‌شود.

در برخی از واحدهای تولیدی از دستگاه *Entoleteres* برای جوانه‌گیری استفاده می‌شود که در آن جوانه کم و بیش به نحو موثری جدا می‌شود اما جدا کردن سبوس و اندوسپرم خیلی موفقیت آمیز نیست.

### آسیاب کردن مرطوب :

آسیاب کردن به روش مرطوب فرآیندی است که شامل خیساندن ذرت در آب می‌باشد که در طی آن تغییراتی فیزیکی و شیمیایی در ماهیت اجزای اصلی اندوسپرم یعنی نشاسته، پروتئین و مواد موجود در دیواره سلولی به وقوع می‌پیوندد.

هدف از این کار تفکیک کامل محتویات سلولی اندوسپرم یعنی خارج شدن گرانول‌های نشاسته از شبکه پروتئینی که آن را در برگرفته است، می‌باشد.

برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های ناخواسته لازم است مقداری حدود 0.2-0.12 درصد دی‌اکسید گوگرد به آب اضافه شود که هم‌زمان سرعت نفوذ آب به داخل دانه را نیز تشدید می‌کند، طی این عمل باکتری‌های لاکتیک فعالیت می‌کنند که اگر دما به بالای  $55^{\circ}\text{C}$  برسد رشد آن‌ها متوقف می‌شود، لذا کنترل دما بسیار مهم است.

### خشک کردن ذرت :

از آنجایی که رطوبت ذرت در هنگام برداشت بیشتر از رطوبت مناسب برای انبار کردن است آن را باید خشک نمود اما درجه حرارت خشک نمودن نباید از  $54^{\circ}\text{C}$  تجاوز کند زیرا باعث ایجاد تغییراتی نامطلوب در پروتئین‌های آن می‌شود.

### استخراج روغن از جوانه :

روغن جوانه ذرت به دلیل داشتن مقاومت حرارتی و نقطه دود بالا برای سرخ کردن مواد غذایی مناسب است. برای استخراج روغن از جوانه ابتدا لازم است آب اضافی آن حذف شود برای این منظور جوانه تا رطوبت 3 درصد خشک می‌شود سپس در دمای  $121^{\circ}\text{C}$  روغن آن استخراج می‌شود. هم‌چنین از پرس ماریچی، حلال مجاز یا ترکیبی از پرس و حلال نیز می‌توان برای این منظور استفاده کرد.

### جداسازی نشاسته از پروتئین:

در دانه خام، نشاسته در شبکه‌ای از پروتئین محصور شده است که در موقع خیساندن متورم می‌شود و گلوله‌های بسیار کوچکی از پروتئین آبدار را تشکیل می‌دهد پراکنده شدن پروتئین که موجب رها شدن نشاسته می‌شود در اثر وجود دی‌اکسید گوگرد تسریع می‌شود.

نقش دی‌اکسید گوگرد مربوط به خاصیت نرم‌کنندگی و احیاءکنندگی آن است و نه خاصیت اسیدی آن. هم‌چنین دی‌اکسید گوگرد نقش ضد عفونی‌کننده نیز دارد و از رشد میکروارگانیسم‌ها نیز جلوگیری می‌کند.

از آمیلوز نشاسته ذرت لایه یا فیلم خوراکی نازکی تهیه می‌شود که از ذرت‌های حاوی آمیلوز زیاد به دست می‌آید.

هم‌چنین نشاسته‌ای که از آسیاب کردن ذرت مومی به دست می‌آید و آمیوکانام دارد حاوی مقدار زیادی آمیلوپکتین است.

خمیر آمیوکانا ژلاتینی و شفاف و آبکی است و خاصیت چسبانندگی دارد.

ذرت از نظر لیزین و تریپتوفان کمبود دارد اما از نظر اسید آمینه ضروری لوسین بسیار غنی است.

مکزیک‌ها آرد کامل ذرت را به صورت تورتیلا مصرف می‌کنند. بنابراین به پلاگر مبتلا نمی‌شوند تورتیلا از ذرت سائیده کامل که

قبلاً خیسانده شده تهیه می‌شود آرد کامل ذرت را به مدت یک شب در آبی که  $100^{\circ}\text{C}$  حرارت دارد و حاوی 1-0.5 درصد آهک است خیس می‌کنند تا رطوبتش به حدود 35 درصد برسد شرایط قلیایی موجب آزاد شدن نیاسین و قابل استفاده شدن آن می‌شود.

### فرایند تهیه پفک

در ایران برای تهیه پفک از ذرت (سمولینا یا آرد آن) استفاده می‌شود. به سمولینا آب و افزودنی‌های دیگر اضافه می‌شود تا رطوبت خمیر به ۳۵-۳۰ درصد برسد. خمیر تهیه شده از اکسترودر عبور می‌کند و پس از خروج از آن پف کرده و خجیم می‌شود.



سپس آن را خشک کرده و رطوبت آن را به 3 درصد می‌رسانند. خمیر در اکسترودر تحت حرارت و فشار بسیار زیادی قرار می‌گیرد به این ترتیب نشاسته تا حدودی ژلاتینه می‌شود.

اما ژلاتینه شدن به دلیل پایین بودن رطوبت خمیر به‌طور کامل انجام نمی‌شود. پس از این فرایند، فشار به یکباره تخلیه می‌شود، کاهش ناگهانی فشار باعث منبسط شدن محصول شده و حجم آن به چندین برابر حجم اولیه می‌رسد و کاملاً پف می‌کند. رطوبت پفک را می‌توان کاهش داده سپس آن را برشته کرد یا لعاب داد. پس از خنک شدن آن را بسته‌بندی می‌کنند. پفک و تنقلات را می‌توان با مواد مختلف غنی کرد و آن را با شکر یا پودر پنیر و عسل و ... پوشش داد که این عمل را اصطلاحاً لعاب‌دادن می‌نامند.

### فرایند لعاب‌دادن:

فرایند لعاب‌دادن یا پوشش‌دادن به شرح زیر صورت می‌گیرد:

- ۱- پس از این که ماده یا محصول اکسترودر شده، خارج شد می‌توان به آن عصاره اضافه کرد.
  - ۲- در مرحله بعد، محصول به وسیله خشک‌کن‌های چرخشی Rotary drier خشک می‌شود.
  - ۳- در آخرین مرحله، مواد طعم‌دهنده به روی آن پاشیده یا اسپری می‌شود.
- به پفک می‌توان روغن، شکر، عصاره مالت، عسل، نمک، پنیر، ادویه‌های مختلف و مواد رنگی اضافه کرد.

### جو<sup>۱</sup>:

جو از خانواده گرامینه و جنس هوردئوم و گونه Sativum است. جود در شرایط آب و هوایی معتدل عمدتاً به‌صورت بهاره کشت می‌شود. پراکندگی جغرافیایی آن مشابه گندم است و قابلیت کشت در زمین‌هایی که در درجه دوم اهمیت قرار دارند بعد از گندم کشت داده می‌شود. اولین و بیشترین مورد استفاده جو در تغذیه حیوانات به شکل آرد سبوس‌دار جو می‌باشد. دومین مصرف عمده در مالت‌سازی<sup>۲</sup> می‌باشد. دلایل مختلفی باعث انتخاب جو به عنوان ماده اولیه مناسب جهت تهیه مالت وجود دارد که از جمله آن‌ها وجود آنزیم‌ها، ارزان بودن و بالاخره نقش محافظتی «Hull» از دانه جو و اثری که به‌عنوان کمک فیلتر دارد را می‌توان نام برد.

قسمت عمده ترکیبات دانه جو را کربوهیدرات‌ها تشکیل می‌دهند که  $\frac{2}{3}$  وزن دانه خشک را شامل می‌شوند.

عمده‌ترین این ترکیبات نشاسته است که از واحدهای آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است.

**نکته:** در مالت‌سازی، نشاسته ارزشمندترین قسمت دانه است. اندوسپرم جو حاوی ازت کم و ظاهری آردی است.

نوعی جو بومی وجود دارد که تقریباً تمام نشاسته آن به‌صورت آمیلوپکتین می‌باشد و نیز نوعی جو با آمیلوز بسیار زیاد وجود دارد که برای مالت‌سازی مناسب است. آنزیم‌های مالت، آمیلوز را به‌طور کامل هضم و تبدیل به گلوکز می‌کنند ولی آمیلوپکتین را به‌طور ناقص هضم می‌کنند.

حدود ۱۱ درصد وزن خشک جو را مواد ازته تشکیل می‌دهند. هر چه مقدار پروتئین دانه‌های جو بیشتر باشد برای مالت‌سازی از کیفیت کمتری برخوردار است. مقدار ازت (پروتئین) دانه با عصاره دهی آن در مالت‌سازی نسبت عکس دارد به این معنی که هر چه مقدار ازت کمتر باشد در نتیجه مقدار پروتئین آن کمتر است و مقدار عصاره بیشتری می‌دهد. برعکس هر چه پروتئین بیشتر باشد مقدار آنزیم‌های آمیلولیتیک آن بیشتر می‌شود.

<sup>۱</sup> Barley (Hordeum Vulgare)

<sup>۲</sup> Malting

از سوی دیگر عملکرد عصاره مالت با مقدار نشاسته بستگی مستقیم دارد.

مهمترین آنزیم‌های دانه جو، آلفا آمیلاز و بتا آمیلاز می‌باشند. در مقایسه با دانه گندم، بتا آمیلاز دانه جو بیشتر است اما مقدار آن تابع واریته جو (به‌عنوان مثال بتا آمیلاز جو شش ردیفه بیشتر از جو دو ردیفه می‌باشد)، شرایط کاشت، برداشت و نگهداری محصول می‌باشد. برعکس آنزیم آلفا آمیلاز دانه جو نسبت به گندم کم می‌باشد و یا اصلاً در دانه جو وجود ندارد. اما در طول مرحله جوانه زدن افزایش چشمگیری می‌یابد.

جو برای نگهداری به محلی با رطوبت کمتر از ۱۲ درصد نیاز دارد.

## تکنولوژی تولید مالت<sup>۱</sup>

فرآیند تهیه مالت به زبان ساده عبارت است از جوانه زدن دانه تحت شرایط کنترل شده و سپس خشک کردن آن. هدف از انجام این کار تهیه محصولی با فعالیت آنزیمی بالا و عطر و بوی خاص می‌باشد.

واریته جو برای فرآیند مالت‌سازی باید خصوصیات زیر را داشته باشد:

- از نوع شش ردیفه دارای قوه رویشی خوبی باشد ( قوه نامیه جو باید حداقل ۹۵ درصد باشد).
- دانه جو بایستی توپر باشد (وزن هزار دانه آن بالا باشد).
- مقدار پروتئین دانه جو باید تا حد امکان پایین باشد.
- قابلیت جوانه زدن آن قوی و یکنواخت باشد.
- دانه‌هایی که دارای پوسته مقاوم برای حفظ جوانه باشند ارجحیت دارند.
- عاری از آفت زدگی و فاقد هر گونه مواد خارجی و رنگی باشد.
- آسیب دیدگی حرارتی و رطوبتی نداشته باشد.

از مشکلاتی که در ارتباط با تهیه مالت مطرح است مسأله خواب دانه یا «Dormancy» می‌باشد. دانه‌ای که در چنین شرایطی باشد جوانه نخواهد زد. علت خفتگی دانه‌ها خشک کردن آن‌ها در شرایط نامناسب و دمای بالای نگهداری است برای خروج دانه از حالت خفته باید جو را مدتی در شرایط مناسب انبار کرد تا شرایط لازم را به دست آورد.

به هر حال در صورتی که بلافاصله پس از برداشت جو، اقدام به تهیه مالت شود عصاره حاصله حاوی مقادیر کمی مواد جامد محلول و نیز پروتئین محلول و ظاهر کدر می‌باشد. حداقل زمان لازم برای تهیه مالت از جو پس از برداشت آن سه ماه می‌باشد. طی این مدت فرآیندهای بیوشیمیایی درون جو باعث می‌شود که محصول وضعیت کیفی بهتری را پیدا کند به این دوره اصطلاحاً «After – ripening» گفته می‌شود.

نگهداری دانه‌ها در دمای حدود ۴۰ °C به مدت تقریباً سه روز و نیز افزودن آب آهک و آب اکسیژنه قوه نامیه را بالا می‌برد. همچنین ترکیباتی مثل هیدورکینون، فنل، فرمالدئید، برومات پتاسیم و کربنات سدیم نیز در خارج کردن دانه از حالت خفتگی مؤثر هستند.

## عمده‌ترین مراحل متداول در فرآیند مالت‌سازی عبارتند از:

### الف) خیساندن<sup>۱</sup>:

فرآیند مالت‌سازی هنگامی آغاز می‌شود که دانه جو در آب خیسانده شود. همدت لازم برای خیساندن بستگی به دمای آب و میزان هوادهی دارد. درجه حرارت مناسب حدود ۱۲°C - ۱۰ است و تا زمانی این مرحله ادامه می‌یابد که رطوبت دانه‌ها به ۴۲ - ۴۰ درصد برسد. نکته بسیار مهم این است که رطوبت حتماً تا مرکز دانه‌ها نفوذ نماید.

### ب) جوانه‌زنی<sup>۲</sup>:

جوانه زدن مهمترین مرحله در مالت‌سازی است و باید آنقدر پیش برود که فعالیت آنزیمی به حد نصاب لازم برسد دانه‌ای که در حالت رکود نباشد با جذب آب کافی و نیز جذب اکسیژن به مدت چهار تا پنج روز جوانه می‌زند. در این مرحله آنزیم‌های سیتولیتیک (موثر بر روی دیواره سلولی)، آمیلولیتیک و پروتئولیتیک در اندوسپرم آزاد می‌شوند.

### ج) خشک کردن:

مالت حاصله بعد از جوانه‌زدن ۴۵ درصد رطوبت دارد. به‌منظور افزایش قابلیت نگهداری دانه و نیز ایجاد عطر و طعم خاص مالت فرآیند حرارت‌دهی و خشک‌کردن انجام می‌شود تا رطوبت به ۴ - ۲ درصد برسد. برای حفاظت از آنزیم‌ها لازم است که در ابتدا از حرارت‌های پایین استفاده کرد ولی بعد از آنکه از مقدار رطوبت کاسته شد می‌توان درجه حرارت را تا حدی که واکنش‌های قهوه‌ای شدن انجام گیرند بالا برد. در هر حال باید توجه نمود که بین فعالیت آنزیم و عطر و طعم در مالت رابطه عکس وجود دارد. استفاده از گاز دی‌اکسید گوگرد زمانی که رطوبت محصول بالاتر از ۲۰ درصد است به کاهش بار میکروبی، رنگبری و افزایش پروتئین‌های محلول در عصاره کمک می‌کند. عملکرد مالت حاصل از جو ۷۵ درصد است.

<sup>۱</sup>. Steeping

<sup>۲</sup>. Germinating

## سؤالات تکنولوژی غلات

- ۱ - آفت سن با نیش زدن، کدام آنزیم را وارد دانه می‌کند؟  
 (۱) آلفا آمیلاز (۲) پروتئاز (۳) پپتیداز (۴) آلفا تیروزیناز
- ۲ - آرد مصرفی که در منابع تهیه نشاسته براساس روش مارتین مورد استفاده قرار می‌گیرد باید دارای چه ویژگی‌هایی باشد؟  
 (۱) پروتئین آن در سطح بالایی باشد (۲) دارای حداقل پروتئین باشد  
 (۳) دارای حداکثر نشاسته باشد (۴) مقدار پروتئین اهمیتی ندارد.
- ۳ - افزودن ۳ درصد چربی در خمیر چه تاثیری دارد؟  
 (۱) تولید گاز توسط مخمر را کاملاً مهار می‌کند (۲) رسیدن خمیر را تسریع می‌کند.  
 (۳) رسیدن خمیر را به تعویق می‌اندازد (۴) تکنولوژی پخت
- ۴ - چنانچه از مواد احیا کننده به مقدار زیادی در صنایع پخت استفاده گردد، چه تغییراتی ایجاد می‌گردد؟  
 (۱) بافت و ساختار نان خیلی ظریف و نرم می‌شود (۲) پوسته نان پر رنگ شده و حجم نان افزایش می‌یابد.  
 (۳) خمیر سفت و حجم نان بسیار افزایش می‌یابد (۴) خمیر سفت و حجم نان حاصل کاهش می‌یابد.
- ۵ - کدام روش امروزه جهت آماده سازی و تبدیل دانه به آرد منسوخ گردیده است؟  
 (۱) برس زنی (۲) شستشو  
 (۳) نم زدن و حالت دادن با آب سرد (۴) نم زدن و حالت دادن با آب گرم یا بخار
- ۶ - کدامیک از تعاریف زیر در ارتباط با منحنی فارینوگراف غلط است؟  
 (۱) stability time یعنی زمان شروع منحنی تا زمان خروج از خط ۵۰۰ برابندر  
 (۲) Arrival time یعنی زمان شروع منحنی تا زمان ورود به خط ۵۰۰ برابندر  
 (۳) Departure time یعنی زمان شروع منحنی تا زمان خروج از خط ۵۰۰ برابندر  
 (۴) Dough development یعنی زمان شروع منحنی تا زمان ماکزیمم نقطه منحنی
- ۷ - خواص الاستیکی (Elasticity) کدامیک از مواد پروتئینی آردگندم از مهم‌ترین عوامل کیفی در پخت نان است؟  
 (۱) پرولامین (۲) گلیادین (۳) گلوتن (۴) گلوتنین
- ۸ - از دستگاه اکستنسوگراف Extensograph برای چه مواردی استفاده می‌شود؟  
 (۱) تعیین جذب آب آرد، مدت زمان مخلوط کردن خمیر  
 (۲) تعیین فعالیت آمیلازی آرد، شکل پذیری خمیر  
 (۳) تعیین زمان تخمیر، تشخیص زمان مخلوط کردن  
 (۴) تشخیص قابلیت کشش، مقاومت کشش و ماکزیمم مقاومت خمیر در مقابل شکل پذیری
- ۹ - در کدام محصول نشاسته ژلاتینیزه نمی‌شود؟  
 (۱) بیسکویت (۲) کیک (۳) نان بربری (۴) نان لواش
- ۱۰ - در خمیر حاصل از دانه گندم ضعیف و سست (soft) .....  
 (۱) بین پروتئین و نشاسته اتصال ضعیف برقرار است.  
 (۲) گرانول‌های نشاسته در داخل شبکه پروتئینی قرار دارند  
 (۳) میزان پروتئین‌های محلول زیاده‌تر و پروتئین‌های ذخیره‌ای کمتر از گندم سخت است  
 (۴) میزان پروتئین‌های ذخیره‌ای بیشتر و پروتئین‌های محلول کمتر از گندم سخت است

- ۱۱ - کم بودن خلأ دستگاه اکسترودر (Extruder) در تولید ماکارونی باعث کدام یک از اشکالات زیر می شود؟
- (۱) چسبندگی خمیر در زمان پخت  
(۲) اکسید شدن خمیر و ایجاد رنگ تیره  
(۳) سخت شدن بیش از حد ماکارونی  
(۴) ناصاف شدن سطح ماکارونی و رنگ نامطلوب
- ۱۲ - اضافه نمودن آرد سویا به آرد گندم در تهیه خمیر باعث افزایش فعالیت کدام آنزیم و از بین رفتن زردی رنگ آرد می گردد؟
- (۱) پروتئاز (۲) فیتاز (۳) لیپوکسی ژناز (۴) لیپاز
- ۱۳ - در تهیه بیسکویت از کدام نوع آرد و چه مقدار آب استفاده می شود؟
- (۱) ضعیف- کم (۲) ضعیف- زیاد (۳) قوی- کم (۴) قوی- زیاد
- ۱۴ - آردی از گندم جوانه زده تهیه شده است. چگونه باید کیفیت آن را برای پخت نان اصلاح کرد؟
- (۱) کاهش زمان مخلوط کردن، افزایش درجه حرارت فر، فعال کردن آنزیمها  
(۲) اختلاط با آرد سالم، طولانی کردن زمان تخمیر  
(۳) فعال کردن آنزیمها، افزایش زمان مخلوط کردن  
(۴) اختلاط با آرد سالم، غیر فعال کردن آنزیمها، کاهش زمان مخلوط کردن
- ۱۵ - عدد فالینگ یا فالینگ نامبر بیشتر فعالیت کدام آنزیم را نشان می دهد؟
- (۱) لیپاز (۲) بتا آمیلاز (۳) آلفا آمیلاز (۴) پروتئاز
- ۱۶ - منحنی فارینوگراف بیانگر چه فاکتورهایی است؟
- (۱) جذب آب، زمان توسعه خمیر، کشش پذیری خمیر  
(۲) جذب آب، نشان دادن مقاومت خمیر، از طریق عرض منحنی  
(۳) جذب آب، زمان توسعه خمیر، مقاومت خمیر  
(۴) مقاومت خمیر، کشش پذیری و فعالیت آنزیمی
- ۱۷ - افزودن نمک به خمیر ...
- (۱) باعث تقویت شبکه گلوتنی می شود.  
(۲) باعث تضعیف شبکه گلوتنی می شود.  
(۳) باعث کاهش pH خمیر می شود.  
(۴) تأثیری بر شبکه گلوتنی ندارد.
- ۱۸ - در آزمون Falling number، اندازه گیری میزان فعالیت آلفا آمیلاز بر چه اساسی استوار است؟
- (۱) افزایش ویسکوزیته ژل حاصل از نشاسته  
(۲) کاهش ویسکوزیته ژل حاصل از نشاسته  
(۳) مدت زمان لازم به منظور دو برابر شدن حجم نمونه  
(۴) مدت زمان لازم جهت دنا توره شدن نصف پروتئین نمونه
- ۱۹ - شبکه گلوتنی دارای کدام موقعیت است؟
- (۱) گلوتنین با آب پیوند داده تا ساختمانی خطی را به وجود آورد.  
(۲) گلیادین با آب پیوند داده تا ساختمانی خطی را به وجود آورد.  
(۳) گلوتنین و گلیادین با یکدیگر اتصال دهند و ساختمان دو بعدی را به وجود آورد.  
(۴) گلوتنین و گلیادین با آب پیوند شده و ساختمانی سه بعدی را تشکیل بدهند.
- ۲۰ - کدام گزینه مربوط به اهداف فرآیند نیم پز کردن برنج (Parboiling) نمی باشد؟
- (۱) سفت و الاستیک کردن دانه برنج و مقاوم کردن آن در برابر شکستگی  
(۲) نرم شدن پوسته و سیوس جهت سهولت جداسازی آنها  
(۳) کاهش زمان پخت و بهبود رنگ برنج  
(۴) حفظ ویتامینها و املاح محلول در آب موجود در پوسته و سیوس و انتقال آنها به مغز دانه
- ۲۱ - برای تشکیل شبکه گلوتنی در خمیر ...
- (۱) اتصال بین نشاسته و گلوتن باید برقرار باشد.  
(۲) گلوتن باید هیدراته باشد.  
(۳) اتصال بین اجزا باید از طریق باندهیدروژنی برقرار شود.  
(۴) اتصال بین نشاسته و گلوتن و چربی باید برقرار شود.

۲۲ - قطرات آب و ذرات بخار آب به چه منظور در فر روی سطح خمیر یا نان پاشیده می‌شود؟

(۱) ترک برداشتن نان و ایجاد پوسته کلفت

(۲) جلوگیری از تولید پوسته کلفت و زود سفت شدن پوسته

(۳) نفوذ حرارت به داخل نان و جلوگیری از ایجاد رنگ قهوه‌ای

(۴) براق شدن سطح نان، نفوذ بهتر حرارت و جلوگیری از ترک در حین پخت

۲۳ - در تولید کیک اسفنجی درجه حرارت در مرحله گرم کردن شکر و روغن، از چند درجه سانتی‌گراد نمی‌بایست تجاوز نماید؟

37 (۴)

30 (۳)

24 (۲)

20 (۱)

۲۴ - وزن هکتولیتزر کدام یک از گندم‌های زیر بالاتر می‌باشد؟

(۲) دانه‌های درشت گندم

(۱) دانه‌های ریز گندم

(۴) وزن هکتولیتزر ارتباطی با اندازه دانه و توخالی نبودن آن‌ها

(۳) دانه‌های سبک و توخالی نظیر دانه‌های سن زده

ندارد.

۲۵ - در واحد آسیاب برای آزاد کردن سبوس چسبیده به ذرات اندوسپرم از چه سیستمی استفاده می‌شود؟

(۱) دستگاه پیوریفایر (Purifier)

(۲) سیستم درجه‌بندی و پوسته‌گیری (Scalping and Grading)

(۳) سیستم خراشنده (Scratch Sys)

(۴) ماشین‌های الک (Sifter)

۲۶ - دستگاه شن‌گیر (Stoner) در واحد بوجاری آسیاب در جداسازی ناخالصی‌ها از کدام خاصیت فیزیکی استفاده می‌کند؟

(۴) مقاومت در برابر جریان هوا

(۳) شکل

(۲) ثقل ویژه

(۱) اندازه

۲۷ - بهترین روش شکل دادن به خمیر بیسکویت‌هایی که در فرمول آن‌ها مقادیر چربی و شکر زیاد می‌باشد، کدام است؟

(۴) قالب‌گیری چرخان

(۳) لامینه کردن

(۲) برش باسیم

(۱) اکستروپینگ

۲۸ - اگر در مرحله اول مخلوط کردن خمیر کیک یا مرحله گرم کردن چربی را با شکر به صورت گرم روشن در آورند، روش مخلوط

کردن با چه اصطلاحی تعریف می‌گردد؟

(۴) شکر خمیر

(۳) آرد خمیر

(۲) آرد - شکر خمیر

(۱) مخلوط کردن

۲۹ - بیکربنات آمونیم به عنوان تولید کننده  $CO_2$  :

(۱) در کلیه محصولات استفاده می‌شود چون گاز زیادی تولید می‌کند.

(۲) در محصولاتی که رطوبت نهایی آن‌ها پایین باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

(۳) در محصولاتی که رطوبت نهایی آن‌ها بالا باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

(۴) در محصولاتی که روغن آن‌ها پایین باشد به منظور بهبود یافت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳۰ - منظور از Checking در تکنولوژی بیسکویت چیست؟

(۱) ایجاد سوراخ‌ها و منافذی در بافت داخلی بیسکویت است.

(۲) پدید آمدن شکاف‌های درشت در بافت داخلی و لبه‌های بیسکویت می‌باشد.

(۳) انبساط بیسکویت تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند افزودن کربنات سدیم می‌باشد.

(۴) پدید آمدن ترک در قطعات بیسکویت که ممکن است تا لبه انتهایی نرسد و شکل بیسکویت سالم بماند.

۳۱ - در حین پخت بیسکویت نشاسته در چند درجه سانتی‌گراد ژلاتینه می‌شود؟

115 (۴)

90 (۳)

75 (۲)

65 (۱)

- ۳۲ - اختلاف نشاسته‌های تغییر یافته (Modified starch) در ... می‌باشد.
- (۱) میزان آمیلوپکتین (۲) میزان آمیلوز (۳) میزان ناخالصی آن‌ها (۴) درجه حرارت ژلاتیناسیون
- ۳۳ - مخزن تهیه خمیر ماکارونی ظرفیت 200 kg آرد دارد اگر رطوبت آرد ورودی 14 درصد باشد، برای خمیر مناسب ماکارونی چند کیلوگرم آب باید به مخزن اضافه کنیم؟
- (۱) 29.2 (۲) 39.2 (۳) 49.2 (۴) 59.2
- ۳۴ - از کدام ماده برای اصلاح کیفیت آرد استخراج شده از گندم سن زده استفاده می‌شود؟
- (۱) اسید استیک (۲) اسید اسکوربیک (۳) اسید مالیک (۴) نمک طعام
- ۳۵ - کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد ویژگی‌های پروتئین‌های گندم بر اساس حلالیت صحیح می‌باشد؟
- (۱) گلوبولین پروتئین محلول در آب و نمک می‌باشد.  
 (۲) گلیادین پروتئینی است که در الکل اتیلیک 70 درصد حل می‌شود.  
 (۳) آلبومین پروتئینی است که در نمک طعام 0.4 مول در لیتر محلول می‌باشد.  
 (۴) گلوتهن پروتئینی است که قسمتی از آن در اسید غلیظ و برخی از دترژنت‌ها محلول است.
- ۳۶ - در هیدرولیز نشاسته معادل دکستروز (D.E) به عنوان ..... استفاده می‌شود.
- (۱) پیشرفت هیدرولیز (۲) میزان ژلاتینه شدن نشاسته  
 (۳) نسبت آمیلوز به گلوکز (۴) نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین
- ۳۷ - کدامیک از انواع آردهای زیر برای تهیه نان‌های رژیمی مناسب می‌باشد؟
- (۱) آرد مغز دانه (۲) آرد مرحله آخر که از لایه‌های خارجی دانه استحصال می‌شود.  
 (۳) با استحصال 75 درصد (۴) آرد کامل اندوسپرم که ذرات سبوس آن کم‌تر است.
- ۳۸ - هدف از افزودن بی‌سولفیت سدیم در فرایند جداسازی نشاسته و پروتئین از ذرت چیست؟
- (۱) اکسید نمودن پیوندهای سولفیدریل در ماتریکس پروتئینی (۲) احیا پیوندهای دی‌سولفید در ماتریکس پروتئینی  
 (۳) رنگبری نشاسته حاصل از انجام فرآیند (۴) کمک و افزایش حلالیت نشاسته در آب
- ۳۹ - به هنگام (Aging) برنج کدامیک از موارد ذیل بیشترین نقش را دارد؟
- (۱) پیوندهای یونی (۲) پیوندهای هیدروژنه (۳) پیوندهای دی‌سولفید (۴) واکنش‌های هیدروفوب
- ۴۰ - کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد عمل پیش‌جوش کردن برنج (Parboiling) صحیح نمی‌باشد؟
- (۱) برنج حاصل از این عمل مقاومت کمی در برابر آفات ائباری دارد.  
 (۲) این عمل تا حدی باعث تغییرات نامطلوبی در رنگ و مزه محصول می‌شود.  
 (۳) در این عمل مقداری از ویتامین‌های محلول در آب موجود در سبوس وارد مغز دانه می‌شوند.  
 (۴) در اثر این کار دانه حالت لاستیکی پیدا کرده و از شکسته شدن بعدی آن جلوگیری به عمل می‌آید.
- ۴۱ - کدامیک از غلات زیر دارای بتا - گلوکوزان بیشتری می‌باشند؟
- (۱) برنج (۲) چاودار (۳) گندم (۴) یولاف
- ۴۲ - با کدامیک از دستگاه‌های زیر می‌توان میزان فعالیت آنزیمی آرد را تشخیص داد؟
- (۱) اکستنسوگراف - فالینگ نامبر (۲) فارینوگراف - آمیلوگراف (۳) فالینگ نامبر - آمیلوگراف (۴) فارینوگراف - فالینگ نامبر
- ۴۳ - به چه دلیل پوسته گندم را با وجود داشتن فاکتورهای غذایی مفید، موقع آسیاب کردن حذف می‌نمایند؟
- (۱) زیرا پوسته دارای مقدار زیادی آنزیم می‌باشد.  
 (۲) زیرا پوسته دارای مقدار زیادی مواد رنگی می‌باشد.  
 (۳) زیرا وجود پوسته در آرد باعث کاهش زمان ماندگاری نان می‌شود.  
 (۴) زیرا پوسته دارای مقدار زیادی پروتئین نامرغوب از لحاظ پخت و هم‌چنین اسیدفیتیک می‌باشد.

- ۴۴ - با استفاده از دستگاه اکستنسوگراف چه مشخصه‌ای از آرد را می‌توان تعیین نمود؟  
 (۱) فاز پخت  
 (۲) فاز تهیه خمیر  
 (۳) فاز تخمیر و عملیات ماشینی روی خمیر  
 (۴) فاز تهیه خمیر و عملیات ماشینی روی خمیر
- ۴۵ - جذب آب توسط آرد به چه عواملی بستگی دارد؟  
 (۱) مقدار پروتئین - مقدار نشاسته - مقدار چربی  
 (۲) مقدار پروتئین - مقدار فیبر - مقدار چربی  
 (۳) مقدار گلوتن - مقدار دکستروز - مقدار خاکستر  
 (۴) مقدار گلوتن - اندازه ذرات آرد - نشاسته صدمه دیده
- ۴۶ - کدام یک از محصولات ذیل دارای pH بیشتری (بالتری) است؟  
 (۱) بیسکویت (۲) کیک (۳) کراکر (۴) نان
- ۴۷ - کدام عبارت برای تعریف آسیب‌دیدگی گرانول‌های نشاسته به واسطه عملیات آسیابانی صحیح است؟  
 (۱) آرد حاصل از آسیاب‌های چکشی و سنگی با آسیب‌دیدگی کمتری همراه است.  
 (۲) آرد حاصل از گونه‌های گندم نرم با آسیب‌دیدگی کمتری همراه است.  
 (۳) آرد حاصل از گونه‌های گندم سخت با آسیب‌دیدگی کمتری همراه است.  
 (۴) آردی که اندازه ذرات آن ریزتر است با آسیب‌دیدگی کمتری همراه می‌باشد.
- ۴۸ - بیات شدن نان ناشی از کدام یک از موارد ذیل است؟  
 (۱) تغییرات ژل آلبومین  
 (۲) تبدیل نشاسته آرد از فرم بتا به فرم آلفا  
 (۳) تغییر ماهیت شبکه گلوتن به واسطه عملیات حرارتی پخت نان (۴) تغییرات در شبکه بلورینه نشاسته آرد
- ۴۹ - کدام عبارت در مورد کاربرد مواد اسیدی‌کننده در فرمول ساخت بیسکویت صحیح است؟  
 (۱) کمک به بیکربنات سدیم در تولید گاز کربنیک  
 (۲) تعدیل pH برای انعقاد گلوتن  
 (۳) کمک برای بهبود طعم بیسکویت  
 (۴) نقش عملکردی آن به عنوان بافر
- ۵۰ - کدام یک از ترکیبات فلاوونوئیدی در تغییر رنگ گلایی و هلو پس از پوست‌گیری مهم است؟  
 (۱) کلروژنیک اسید (Chlorogenic Acid)  
 (۲) هیدروکسی سینانمیک اسید (Hydroxy cinanemic Acid)  
 (۳) گالیک اسید (Gallic Acid)  
 (۴) پاراکوماریک اسید (Para coumaric Acid)
- ۵۱ - برای جلوگیری از نرمی بافت میوه‌جات در عمل بلانچینگ (Blanching) از کدام ماده شیمیایی زیر استفاده می‌شود؟  
 (۱) نمک طعام ۲% (۲) کلرورکلسیم (۳) EDTA (۴) ساکاروز ۲%
- ۵۲ - افزودن کدام یک از ترکیبات زیر به آرد گندم سبب به تأخیر افتادن بیاتی نان حاصله می‌گردد؟  
 (۱) مالتوز (۲) دکستروز (۳) لولوز (۴) پنتوزان‌ها
- ۵۳ - در منحنی اکستنسوگرام EXTENSOGRAM کدام خمیر دارای کیفیت بهتری است؟  
 (۱) انرژی زیاد، قابلیت کشش کم، مقاومت به کشش زیاد، ضریب بالا  
 (۲) انرژی زیاد، قابلیت کشش زیاد، مقاومت به کشش کم، ضریب بالا  
 (۳) انرژی زیاد، ضریب کم، قابلیت کشش زیاد، مقاومت به کشش زیاد  
 (۴) ضریب کم، انرژی کم، قابلیت کشش زیاد، مقاومت به کشش زیاد
- ۵۴ - در تهیه خمیر کراکر برای بهبود بافت و پوک شدن آن از کدام روش استفاده می‌شود؟  
 (۱) هوا دادن خمیر  
 (۲) تزریق گاز ازت به داخل خمیر  
 (۳) استفاده از مخمر یا خمیر مایه  
 (۴) استفاده از مخمر یا مواد شیمیایی



۵۵ - بحرانی ترین مرحله در تولید ماکارونی کدام است؟

- (۱) اکستروژن کردن (۲) خشک کردن (۳) اختلاط (۴) ورز دادن

۵۶ - اضافه کردن آرد سویا به آرد گندم در تهیه خمیر، فعالیت کدام آنزیم بهبود کیفیت خمیر را باعث می شود؟

- (۱) پروتئاز (۲) فیتاز (۳) لیپوگسی ژناز (۴) لیپاز

۵۷ - افزایش فعالیت آلfa آمیلاز طی تولید مالت جو در 20°C پس از چند روز به حداکثر می رسد؟

- (۱) 7 (۲) 5 (۳) 8 (۴) 3

۵۸ - عامل کاهش دهنده هکتولیتزر گندم کدام است؟

- (۱) گردبودن دانه (۲) دانه های شکسته

- (۳) صاف و مسطح بودن سطح دانه (۴) پودر و پوسته

۵۹ - در تولید آرد جهت پاک سازی مغز گندم از سبوس و دانه بندی آن از کدام دستگاه استفاده می شود؟

- (۱) PLANSIFTER (۲) PURIFIER (۳) BRAN FINISHER (۴) TRIEUR

۶۰ - ترکیبات اصلی مورد استفاده در پورد پخت خیلی سریع DOUBL ACTING BAKING POWDER کدام است؟

- (۱) سدیم آلومینیم فسفات - منوکلسیم فسفات، بی کربنات سدیم (۲) گلوکودلتالاتون، بی کربنات سدیم

- (۳) پتاسیم هیدروژن تارتارات، بی کربنات سدیم (۴) سدیم آلومینیوم فسفات، بی کربنات سدیم

۶۱ - عامل ترک خوردن بیسکویت کدام است؟

- (۱) سرد کردن در شرایط نامناسب (۲) افزایش شکر مصرفی

- (۳) کاهش نمک های آمونیم (۴) استفاده از قند اینورت

۶۲ - فرآورده های خمیری (Pasta) مثل انواع ماکارونی از چه نوع آردی تهیه می شود؟

- (۱) آرد سمولینا (۲) آرد سه صفر (۳) آرد سبوس دار (۴) آرد مغز دانه

۶۳ - فارینوگراف دستگاهی است که به وسیله آن:

- (۱) مقدار گلوتن آرد اندازه گیری می شود. (۲) درجه استخراج آرد را اندازه گیری می کنند.

- (۳) مقاومت خمیر در مقابل زدن را تعیین می کنند. (۴) مقدار نشاسته آرد را اندازه گیری می کنند.

۶۴ - از بین کربوهیدرات های زیر کدام یک می تواند نقش مهمی در جلوگیری از بیان شدن نان داشته باشد؟

- (۱) پنتوزان ها (۲) آمیلوز (۳) ساکاروز (۴) مالتوز

۶۵ - در فرآیند تخمیر آرد عواملی که در افزایش تولید گاز به وسیله مخمر مؤثرند کدام گزینه است؟

- (۱) اضافه کردن نمک طعام (۲) افزودن درصد بالای مخمر بیش از حد استاندارد

- (۳) درجه حرارت بالای ایتیموم (۴) افزودن عصاره مالت

۶۶ - درخشندگی و برآقی پوسته نان در اثر کدام یک از ترکیبات زیر به وجود می آید؟

- (۱) دکستروزین (۲) دکستروز (۳) گلوتن (۴) مالتوز

۶۷ - در صورت قوی بودن بیش از حد لازم آرد برای تعدیل آن جهت تولید کراکر کدام روش مناسب نیست؟

- (۱) لستین به میزان 0.05 درصد به خمیر اضافه شود.

- (۲) مقدار بیشتری از آرد در مرحله اول تهیه تخمیر به کار رود.

- (۳) تمام آب مصرفی در مرحله اول تخمیر به کار رود.

- (۴) نصف از آرد با بقیه اجزاء فرمول در مرحله اول وارد مخلوط کن شود.

۶۸ - کاهش حجم کیک به کدام عامل مربوط نمی‌شود؟

- (۱) کمبود یا عدم امولسیفایر در فرمول
- (۲) کمی مقدار بیکینگ پودر
- (۳) طولانی شدن زمان مخلوط کردن خمیر
- (۴) عدم تناسب مقدار شکر و آرد

۶۹ - برای جلوگیری از کاهش pH ماکارونی طی عمل خشک کردن چه باید کرد؟

- (۱) استفاده از ترکیبات شیمیایی که مانع رشد مخمرها می‌شوند.
- (۲) افزایش حرارت در مرحله اول خشک کردن برای نابود کردن مخمرها
- (۳) ممانعت از فعالیت مخمرها ضمن رعایت سایر شرایط
- (۴) افزایش فشار قالب پرس برای نابود کردن مخمرها

۷۰ - برای افزایش قابلیت اتساع خمیر بیسکویت کدام روش بی‌اثر است؟

- (۱) استفاده از گلوتن غیرفعال
- (۲) کاربرد آنزیم‌های پروتئولیتیک
- (۳) استفاده از دی‌اکسید گوگرد به میزان 0.2 درصد
- (۴) استفاده از متابی سولفیت سدیم به میزان مناسب

۷۱ - برای اصطلاح Middlings کدام عبارت صحیح‌تر است؟

- (۱) ذرات درشت‌تر از سمولینا
- (۲) ذراتی که اندازه آن‌ها حدود 150 میکرون است.
- (۳) ذراتی که اندازه آن‌ها حدود 100 میکرون است.
- (۴) ذرات اندوسیرم که اندازه آن‌ها بین سمولینا و آرد نانوائی است.

۷۲ - جو مورد استفاده در مالت‌سازی بایستی دارای خصوصیات ویژه‌ای باشد. گزینه نادرست کدام است؟

- (۱) دارا بودن پروتئین زیاد و نشاسته کم
- (۲) ظرفیت انرژی زیاد برای جوانه‌زدن، همراه با فعالیت آنزیمی کافی
- (۳) ظرفیت تولید حداکثر مقدار عصاره را داشته باشد.
- (۴) کم بودن مقدار پوسته و نشاسته زی

۷۳ - در تهیه نان برنج از کدام یک از ترکیبات زیر به عنوان جایگزین گلوتن استفاده می‌شود؟

- (۱) نشاسته از قبل ژلاتینیزه شده
- (۲) هیدروکسی پروپیل متیل سلولز
- (۳) پنتوزان
- (۴) دکسترین‌ها

۷۴ - کدام یک از آردهای زیر برای تهیه بیسکویت و ویفر مناسب است؟

- (۱) آرد حاصله از گندم دوروم
- (۲) آرد تهیه شده از گندم‌های ضعیف و کم پروتئین
- (۳) آرد دارای گلوتن بالا
- (۴) سمولینا

۷۵ - کدام یک از ترکیبات زیر به عنوان سفیدکننده آرد گندم استفاده می‌شود؟

- (۱) انیدرید سولفورو  $SO_2$
- (۲) پراکسید هیدروژن  $H_2O_2$
- (۳) دی‌اکسید کلر  $ClO_2$
- (۴) سدیم متابی سولفیت  $Na_2S_2O_5$

۷۶ - استفاده از سیستم خلأ در دستگاه‌های مخلوط‌کن و اکسترو در ماکارونی برای چیست؟

- (۱) جلوگیری از تغییرات اکسیداتیو در اثر حضور اکسیژن
- (۲) خروج حباب‌های هوا محبوس شده در بافت خمیر و استحکام آن
- (۳) خروج اکسیژن از لابلای بافت خمیر و جلوگیری از تخمیر آن
- (۴) تسریع در رشته‌ای شدن خمیر

۷۷ - هنگام اضافه کردن آب به آرد گندم برای تهیه خمیر کدام مورد اتفاق می افتد؟

- (۱) گلوٹنین و گلیادین پیوند تشکیل داده ساختمان خطی پیدا می کنند.
- (۲) گلوٹن دو برابر وزن خود آب جذب کرده و شبکه خطی گلوٹنی را می سازد.
- (۳) گلوٹنین و گلیادین پیوند تشکیل داده و ساختمان سه بعدی شبکه گلوٹن را می سازند.
- (۴) نشاسته یک سوم وزن خود آب جذب کرده و ژلاتینه می شود.

۷۸ - عامل اصلی چسبندگی خمیر کدام است؟

- (۱) بالا بودن نشاسته
- (۲) پایین بودن ویسکوزیته خمیر
- (۳) پایین بودن نشاسته
- (۴) آسیب دیدگی طی فرآیند آردسازی

۷۹ - افزودن کدام یک از ترکیبات زیر به آرد سبب به تأخیر افتادن بیاتی نان می گردد؟

- (۱) مالتوز
- (۲) پنتوزان ها
- (۳) دکستروز
- (۴) لولوز

۸۰ - در بیسکویت سازی استفاده از کدام یک از موارد زیر موجب کاهش چسبندگی خمیر می شود؟

- (۱) پودر آب پنیر
- (۲) پودر شیر خشک
- (۳) پودر سفید تخم مرغ
- (۴) آرد سویا

۸۱ - کدام یک زیر برای از بین بردن حشرات گندم مورد استفاده قرار می گیرد؟

- (۱) انتولتر (entoleter)
- (۲) تریور (trieur)

- (۳) رتو - پکتور (rato - pactor)
- (۴) اشعه UX

۸۲ - کدام یک از گزینه های ذیل در رابطه با آرد سمولینا صحیح است؟

- (۱) ذراتی که نمی توانند از میان الک بگذرند.
- (۲) ذرات سبکی که به وسیله جریان هوا به بالا برده می شوند.
- (۳) اندوسپرمی که به شکل ذرات درشت خالص و یا آغشته به سبوس و جوانه است و از سیستم خردکننده به دست می آید.
- (۴) اندوسپرمی که از سیستم خردکننده حاصل می شود و ذراتش درشت تر از آرد می باشد.

۸۳ - در تهیه خمیر نان استفاده از اسکوریبک اسیدی برای چه منظور است؟

- (۱) گلوٹن را تقویت می کند و در نتیجه قدرت نگهداری گاز بهبود می یابد و حجم قرص نان بزرگ تر می شود.
- (۲) زمان رسیدن خمیر را کوتاه تر می کند.
- (۳) به دلیل داشتن اثرات آنتی اکسیدانی رنگ نان حاصله را بهتر می کند.
- (۴) به رشد و نمو و تکثیر میکروارگانیسم های مسئول تخمیر کمک کرده و طعم و مزه نان را بهتر می کند.

۸۴ - کدام یک از آردهای زیر برای تهیه بیسکویت مناسب است؟

- (۱) آرد تهیه شده از گندم دانه سخت زمستانه
- (۲) آرد تهیه شده از گندم قوی
- (۳) آرد تهیه شده از گندم دوروم
- (۴) آرد کم پروتئین حاصل از گندم ضعیف

۸۵ - برای تخمین بازدهی گندم برای تولید آرد، کدام گزینه موجه تر است؟

- (۱) مقدار نشاسته
- (۲) مقدار خاکستر
- (۳) شکل دانه
- (۴) وزن هکتولیترا

۸۶ - گونه گندم نرم قرمز زمستانه برای تولید فرآورده مناسب تر است؟

- (۱) بیسکویت
- (۲) نان های حجیم
- (۳) ماکارونی
- (۴) راویولی

۸۷ - آزمون سدیماناسیون بر روی آرد به چه منظور صورت می گیرد؟

- (۱) ارزیابی کیفی گلوٹن
- (۲) ارزیابی و کیفی گلوٹن
- (۳) ارزیابی کمی و کیفی گلوٹن
- (۴) ارزیابی مقدار مواد معدنی

- ۸۸ - کدام گونه گندم دازای گلوتن بیشتری است؟  
 (۱) نرم بهاره (۲) قرمز پاییزه (۳) قرمز سخت (۴) سفید بهاره
- ۸۹ - پنتوزان در کدام قسمت دانه گندم قرار داشته و نقش آن‌ها چیست؟  
 (۱) اندوسپرم، خوراک مخمر (۲) پوسته - طعم و رنگ (۳) دیواره سلولی اندوسپرم، تأخیر در بیاتی (۴) جوانه، فساد چربی
- ۹۰ - فعالیت پروتئولیتیک در دانه گندم موجب کدام نقص می‌شود؟  
 (۱) تضعیف شبکه گلوتن (۲) بالارفتن خاصیت الاستیسیته خمیر (۳) افزایش قابلیت نگهداری گاز (۴) کاهش قابلیت نگهداری گاز
- ۹۱ - برای جداکردن ناخالصی‌های گندم کدام روش مناسب است؟  
 (۱) استفاده از جریان هوا (۲) استفاده از مغناطیس و الک (۳) نشستشو با آب (۴) هر سه مورد
- ۹۲ - هدف از آسیاب کردن دانه گندم کدام است؟  
 (۱) جدا کردن پوسته، جوانه و سبوس از دانه گندم (۲) تبدیل قسمت‌های گوناگون دانه به ذرات ریز به اندازه موردنظر (۳) جداکردن پوسته و جوانه از اندوسپرم و تبدیل اندوسپرم به ذرات با اندازه دلخواه (۴) خردکردن دانه و تبدیل آن به آرد
- ۹۳ - عوامل مهم مؤثر بر مشروط کردن دانه گندم عبارتند از:  
 (۱) دما، رطوبت نسبی، رطوبت اولیه گندم و رطوبت گندم مشروط شده (۲) سختی دانه، دمای عمل، اختلاف رطوبت دانه قبل و بعد از انجام عمل (۳) زمان، رطوبت نسبی (۴) شکل دانه، اندازه دانه، دما
- ۹۴ - بیکربنات سدیم و Aerosol O.T. برای کدام روش مشروط کردن مناسب‌تر است؟  
 (۱) مشروط کردن سرد (۲) مشروط کردن گرم (۳) مشروط کردن داغ (۴) هیچ کدام
- ۹۵ - مقدار خاکستر در کدام نوع آرد کمتر است؟  
 (۱) آرد معمولی ۰.۹ تا ۱.۴ (۲) آرد ستاره ۰.۶ تا ۰.۹ (۳) آرد ماکارونی ۰.۷ (۴) آرد فنادی ۰.۳
- ۹۶ - اهمیت اندازه ذرات آرد به کدام دلیل است؟  
 (۱) جذب آب (۲) سرعت آماده‌سازی خمیر (۳) آسیب ناشاسته (۴) هر سه مورد
- ۹۷ - از دستگاه فالینگ نامبر برای کدام منظور استفاده می‌شود؟  
 (۱) میزان فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز (۲) میزان فعالیت آنزیم لیپولیتیک (۳) میزان فعالیت آنزیم پروتئولیتیک (۴) میزان فعالیت آنزیم ساکاروژنیک
- ۹۸ - در دانه گندم جوانه زده فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز چه تغییری می‌کند؟  
 (۱) کاهش می‌یابد. (۲) افزایش می‌یابد. (۳) تغییر چندانی نمی‌کند. (۴) هیچ کدام
- ۹۹ - برای ارزیابی ویژگی ژلاتینه شدن نشاسته از کدام مورد استفاده می‌شود؟  
 (۱) فارینوگراف (۲) اکستنسوگراف (۳) آمیلوگراف (۴) فالینگ نامبر
- ۱۰۰ - اسیدیته آرد تازه و سالم تا چه حد است؟  
 (۱) کمتر از ۲۰ mg (۲) بیشتر از ۲۰ mg (۳) حدود ۱۰۰ mg (۴) بیش از ۱۰۰ mg

- ۱۰۱ - عدد پلشنک تابعی از ..... و ..... آرد است.
- (۱) اندازه ذرات آرد و گلوتن (۲) کمیت و کیفیت گلوتن (۳) مقاومت و تحمل تخمیر (۴) رنگ و ذرات پوسته
- ۱۰۲ - برای ارزیابی کیفیت گلوتن کدام آزمون ضروری نیست؟
- (۱) مقاومت کشش (۲) کشش (۳) نگهداری گاز (۴) رطوبت
- ۱۰۳ - برای اندازه گیری قابلیت کشش خمیر از کدام دستگاه استفاده می شود؟
- (۱) فارینوگراف (۲) والوریمتر (۳) اکستنسوگراف (۴) آمیلوگراف
- ۱۰۴ - منظور از گلوتن سیال کدام است؟
- (۱) گلوتن ضعیف (۲) گلوتن قوی (۳) گلوتن دناتوره شده (۴) گلوتن شل
- ۱۰۵ - قابلیت نگهداری گاز گلوتن توسط کدام دستگاه ارزیابی می شود؟
- (۱) تریکلوگراف (۲) اکستنسوگراف (۳) والوریمتر (۴) هیچ کدام
- ۱۰۶ - میزان جذب آب نشاسته و گلوتن به ترتیب چقدر است؟
- (۱) به مقدار مساوی (۲) سه و یک سوم برابر (۳) یک سوم و سه برابر (۴) 20 و 35 درصد
- ۱۰۷ - اثر دما بر روی شبکه گلوتن خمیر کدام است؟
- (۱) انبساط شبکه (۲) تثبیت شبکه (۳) اسفنجی شدن شبکه (۴) هر سه مورد
- ۱۰۸ - کدام آنزیم توسط مخمر نانوائی سنتز نمی شود؟
- (۱) زیماز (۲) فیتاز (۳) لاکتاز (۴) مالتاز
- ۱۰۹ - مقدار عامل تخمیرکننده در تهیه خمیرنان به چه عواملی بستگی دارد؟
- (۱) نوع عامل تخمیرکننده (۲) دمای تخمیر (۳) زمان تخمیر (۴) هر سه مورد
- ۱۱۰ - اثر سختی آب بر روی خمیرنان کدام است؟
- (۱) استحکام شبکه گلوتن (۲) تأخیر در عمل تخمیر (۳) چسبندگی خمیر در اثر کمی مقدار سختی آب (۴) هر سه مورد
- ۱۱۱ - در مورد نقش چربی ها در فرمول تهیه خمیرنان کدام مورد نادرست است؟
- (۱) تسریع در فساد نان (۲) بهبود حجم وزنی بافت نان (۳) افزایش الاستیسیته گلوتن (۴) تأخیر در بیاتی نان حاصل
- ۱۱۲ - در صورت استفاده از آرد ضعیف تر کدام روش تهیه خمیر مناسب تر است؟
- (۱) روش یک مرحله ای (۲) روش مکانیکی عمل آوری (۳) روش شیمیایی عمل آوری (۴) روش دو مرحله ای
- ۱۱۳ - pH مناسب برای تخمیر خمیر نان کدام است؟
- (۱) 5-6 (۲) 4-5 (۳) 4 (۴) 7
- ۱۱۴ - اندازه گیری فعالیت کدام آنزیم در سنجش سمولینا مناسب تر است؟
- (۱) آلفا آمیلاز (۲) لیپواکسیداز (۳) پروتئاز (۴) لیپاز
- ۱۱۵ - در صورت استفاده از آرد گندم قوی در فرمول کیک کدام گزینه نادرست است؟
- (۱) بافت کیک سفت می شود. (۲) مقدار شکر مصرفی زیاد می شود. (۳) مقدار روغن مصرفی زیاد می شود. (۴) بافت کیک نرم می شود.
- ۱۱۶ - در صورت استفاده از پودر کاکائو در فرمول کیک کدام ماده باید افزایش یابد؟
- (۱) آب (۲) روغن (۳) شکر (۴) آرد

۱۱۷ - در مورد تولید مالت در جو کدام عبارت نادرست است؟

- (۱) هر چه پروتئین جو بیشتر باشد برای مالت‌سازی نامناسب‌تر است. (۲) میزان ازت جو با عصاره دهی آن رابطه معکوس دارد.  
(۳) هر چه میزان جو بیشتر باشد عصاره دهی آن بیشتر است. (۴) موارد ۱ و ۲

۱۱۸ - منظور از Middlings کدام است؟

- (۱) حد بین سمولینا و آرد  
(۲) ذرات بزرگتر از سمولینا  
(۳) ذرات کوچکتر از آرد  
(۴) ذرات اندوسپرم در هر اندازه

۱۱۹ - سمولینا، عبارت است از:

- (۱) ذرات درشت اندوسپرم (۲) ذرات آرد بدون سبوس (۳) ذرات آرد با سبوس (۴) ذرات آرد همراه جوانه

۱۲۰ - هدف از گنجاندن Scratch Rolls در سیستم آسیاب‌های غلته‌ای کدام است؟

- (۱) جدا کردن جوانه از اندوسپرم (۲) جداسازی اندوسپرم از پوسته (۳) جدا کردن پوسته و جوانه (۴) هیچ کدام

۱۲۱ - درصد استخراج آرد بیانگر کدام مورد است؟

- (۱) میزان بازدهی آرد گندم (۲) مقدار خاکستر آرد (۳) مقدار فیبر و پوسته (۴) هر سه مورد

۱۲۲ - آرد با درصد استخراج بالا دارای ..... است.

- (۱) اسیدفیتیک و خاکستر بیشتری است.  
(۲) دارای روشن‌تر است.  
(۳) دارای اندازه ذرات ریزتری است.  
(۴) هیچ کدام

۱۲۳ - طی نگهداری آرد تغییر در کدام ماده برای کیفیت آن مطلوب است؟

- (۱) پیوندهای دی‌سولفیدی (۲) چربی (۳) فعالیت آنزیمی (۴) هر سه مورد

۱۲۴ - گلوتن کدام قسمت از دانه گندم از کیفیت بالاتری برخوردار است؟

- (۱) پوسته (۲) جوانه (۳) مغز دانه (۴) اندوسپرم

۱۲۵ - واحدهای تشکیل دهنده پنتوزان‌ها کدام‌اند؟

- (۱) پلیمرهایی از آرابینوز و گزیلوز  
(۲) پلیمرهایی از گلوکز و رافینوز  
(۳) پلیمرهایی از گلوکز و گزیلوز  
(۴) پلیمرهایی از گلوکز و آرابینوز

۱۲۶ - در تولید کدام نان از خمیر سرکش استفاده می‌شود؟

- (۱) بربری (۲) سنگک (۳) لواش (۴) تافتون

۱۲۷ - کدام گندم در گروه تتراپلوئید قرار دارد؟

- (۱) DURUM WHEAT (۲) CLUB WHEAT (۳) SHORT WHEAT (۴) SPELT WHEAT

۱۲۸ - اثر افزودن روغن در مقادیر کمتر از ۵ درصد در خمیر نان کدام است؟

- (۱) افزایش جذب آب  
(۲) کاهش جذب آب  
(۳) افزایش قابلیت نگهداری گاز در خمیر  
(۴) افزایش فعالیت تخمیری

۱۲۹ - وقتی دمای گندم در سیلوها بالا می‌رود مناسب‌ترین اقدام کدام است؟

- (۱) جابجایی گندم از کندوی به کندوی دیگر  
(۲) تزریق هوای خنک به داخل کندو  
(۳) اختلاط گندم‌ها  
(۴) ضدعفونی گندم

۱۳۰ - عامل بالابرنده هکتولیت‌ر گندم کدام است؟

- (۱) بالا بودن رطوبت دانه در مقادیر بیشتر از ۱۶ درصد  
(۲) پایین بودن رطوبت دانه در مقادیر کمتر از ۱۰ درصد  
(۳) پودر و پوسته همراه دانه باشد.  
(۴) درصد دانه‌های دراز و لاغر قابل توجه باشد.

۱۳۱ - در اضافه نمودن آرد سویا به آرد گندم، فعالیت کدام آنزیم بهبود کیفیت آرد را باعث می‌گردد؟

- (۱) پروتئاز (۲) فیتاز (۳) لیپوکسی ژناز (۴) لیپاز

۱۳۲ - کدام یک از انواع آرد برای تولید بیسکویت مناسب‌تر است؟

- (۱) آرد حاصل از گندم نرم (۲) آرد حاصل از گندم سخت (۳) آرد حاصل از گندم نیمه‌سخت (۴) آرد حاصل از گندم دثوروم

۱۳۳ - در فرآیند آسیا کردن گندم در سیستم‌های غلتکی کاهش رطوبت چند درصد است؟

- (۱) 0.5 - 1 (۲) 1 - 2.5 (۳) 2.5 - 4 (۴) 3 - 4

۱۳۴ - کدام عبارت در رابطه با آسیاب کردن یا بوجاری دانه گندم صحیح است؟

- (۱) با افزایش اندازه دانه میزان استحصال آرد افزایش می‌یابد.  
 (۲) با کاهش اندازه دانه تمیز کردن یا بوجاری راحت‌تر صورت می‌پذیرد.  
 (۳) با افزایش اندازه دانه میزان استحصال آرد کاهش می‌یابد.  
 (۴) با افزایش اندازه دانه جداسازی اندوسپرم از پوسته یا سبوس راحت‌تر صورت می‌پذیرد.

۱۳۵ - در تولید نان روش اصلاح کیفیت خمیرهای ضعیف کدام است؟

- (۱) استفاده از آب گرم برای تهیه خمیر  
 (۲) کوتاه ساختن زمان مخلوط کردن  
 (۳) عدم استفاده از خمیر ترش  
 (۴) کاهش میزان خمیر مایه

۱۳۶ - مشکل اساسی در تولید گلوتن به روش مارتین کدام است؟

- (۱) مصرف کم نمک (۲) مصرف بیش از حد نمک (۳) مصرف بیش از حد آب (۴) تولید گلوتن نامرغوب

۱۳۷ - نقش غلتک‌های نرم‌کننده زیر در تکنولوژی تولید آرد گندم چیست؟

- (۱) یکنواخت ساختن اندازه ذرات اندوسپرم  
 (۲) جدا کردن جوانه از اندوسپرم  
 (۳) تبدیل ذرات زبر به ذرات نرم  
 (۴) جدا کردن پوسته از اندوسپرم

۱۳۸ - به منظور اصلاح آرد گندم، از کدام ترکیب به عنوان احیاکننده استفاده می‌شود؟

- (۱) آزودی کربوماید (۲) آل - اسکوربیک اسید (۳) آل - سیستین (۴) سیستین

۱۳۹ - مشکل ناشی از به کار بردن آرد قوی در تولید کیک اسفنجی کدام است؟

- (۱) عملکرد نامطلوب دستگاه کیک ریز  
 (۲) استهلاک بیشتر مخلوط‌کن  
 (۳) افزایش زمان اختلاط و کاهش راندمان تولید  
 (۴) افزایش میزان شکر و روغن مصرفی

۱۴۰ - در تولید گلوکز مایع از نشاسته گندم خنک‌سازی شربت پس از خنثی‌سازی با کدام هدف انجام می‌پذیرد؟

- (۱) متوقف ساختن هیدرولیز  
 (۲) جلوگیری از کاراملیزاسیون  
 (۳) رسوب پروتئین و سایر ناخالصی‌ها  
 (۴) کنترل کف

۱۴۱ - خمیر کدام یک از محصولات زیر از نوع Batter است؟

- (۱) بیسکویت (۲) کراکر (۳) کیک (۴) نان

۱۴۲ - درجه حرارت ژلاتیه شدن نشاسته در کدام یک از انواع آردهای زیر کمتر می‌باشد؟

- (۱) برنج (۲) چاودار (۳) ذرت (۴) گندم

۱۴۳ - مکانیزم اثر نمک بر کیفیت خمیر چگونه است؟

- (۱) صرفاً بر طعم و مزه خمیر نان مؤثر است.  
 (۲) مانند سربین بارها هم‌نام قرار می‌گیرد و خمیر را سفت می‌کند.  
 (۳) مانند یک احیاکننده، باعث نرم شدن خمیر می‌گردد.  
 (۴) یک اکسیدکننده قوی بوده، مقاومت خمیر را افزایش می‌دهد.

پاسخ سؤالات تکنولوژی غلات

| شماره تست | گزینه صحیح |
|-----------|------------|
| -۶۹       | ۲          |
| -۷۰       | ۱          |
| -۷۱       | ۴          |
| -۷۲       | ۱          |
| -۷۳       | ۲          |
| -۷۴       | ۲          |
| -۷۵       | ۳          |
| -۷۶       | ۲          |
| -۷۷       | ۳          |
| -۷۸       | ۴          |
| -۷۹       | ۲          |
| -۸۰       | ۱          |
| -۸۱       | ۱          |
| -۸۲       | ۳          |
| -۸۳       | ۱          |
| -۸۴       | ۴          |
| -۸۵       | ۴          |
| -۸۶       | ۱          |
| -۸۷       | ۱          |
| -۸۸       | ۲          |
| -۸۹       | ۳          |
| -۹۰       | ۱          |
| -۹۱       | ۴          |
| -۹۲       | ۳          |
| -۹۳       | ۱          |
| -۹۴       | ۱          |
| -۹۵       | ۴          |
| -۹۶       | ۴          |
| -۹۷       | ۱          |
| -۹۸       | ۴          |
| -۹۹       | ۳          |
| -۱۰۰      | ۱          |
| -۱۰۱      | ۲          |
| -۱۰۲      | ۴          |

| شماره تست | گزینه صحیح |
|-----------|------------|
| -۳۵       | ۲          |
| -۳۶       | ۱          |
| -۳۷       | ۲          |
| -۳۸       | ۲          |
| -۳۹       | ۳          |
| -۴۰       | ۱          |
| -۴۱       | ۴          |
| -۴۲       | ۳          |
| -۴۳       | ۴          |
| -۴۴       | ۳          |
| -۴۵       | ۴          |
| -۴۶       | ۳          |
| -۴۷       | ۲          |
| -۴۸       | ۴          |
| -۴۹       | ۴          |
| -۵۰       | ۱          |
| -۵۱       | ۱          |
| -۵۲       | ۴          |
| -۵۳       | ۲          |
| -۵۴       | ۳          |
| -۵۵       | ۲          |
| -۵۶       | ۳          |
| -۵۷       | ۲          |
| -۵۸       | ۱          |
| -۵۹       | ۲          |
| -۶۰       | ۳          |
| -۶۱       | ۱          |
| -۶۲       | ۱          |
| -۶۳       | ۳          |
| -۶۴       | ۱          |
| -۶۵       | ۴          |
| -۶۶       | ۱          |
| -۶۷       | ۴          |
| -۶۸       | ۴          |

| شماره تست | گزینه صحیح |
|-----------|------------|
| -۱        | ۲          |
| -۲        | ۴          |
| -۳        | ۴          |
| -۴        | ۱          |
| -۵        | ۲          |
| -۶        | ۱          |
| -۷        | ۴          |
| -۸        | ۴          |
| -۹        | ۱          |
| -۱۰       | ۱          |
| -۱۱       | ۴          |
| -۱۲       | ۳          |
| -۱۳       | ۱          |
| -۱۴       | ۴          |
| -۱۵       | ۳          |
| -۱۶       | ۳          |
| -۱۷       | ۱          |
| -۱۸       | ۲          |
| -۱۹       | ۴          |
| -۲۰       | ۳          |
| -۲۱       | ۴          |
| -۲۲       | ۴          |
| -۲۳       | ۱          |
| -۲۴       | ۱          |
| -۲۵       | ۳          |
| -۲۶       | ۲          |
| -۲۷       | ۴          |
| -۲۸       | ۴          |
| -۲۹       | ۲          |
| -۳۰       | ۴          |
| -۳۱       | ۴          |
| -۳۲       | ۴          |
| -۳۳       | ۲          |
| -۳۴       | ۲          |

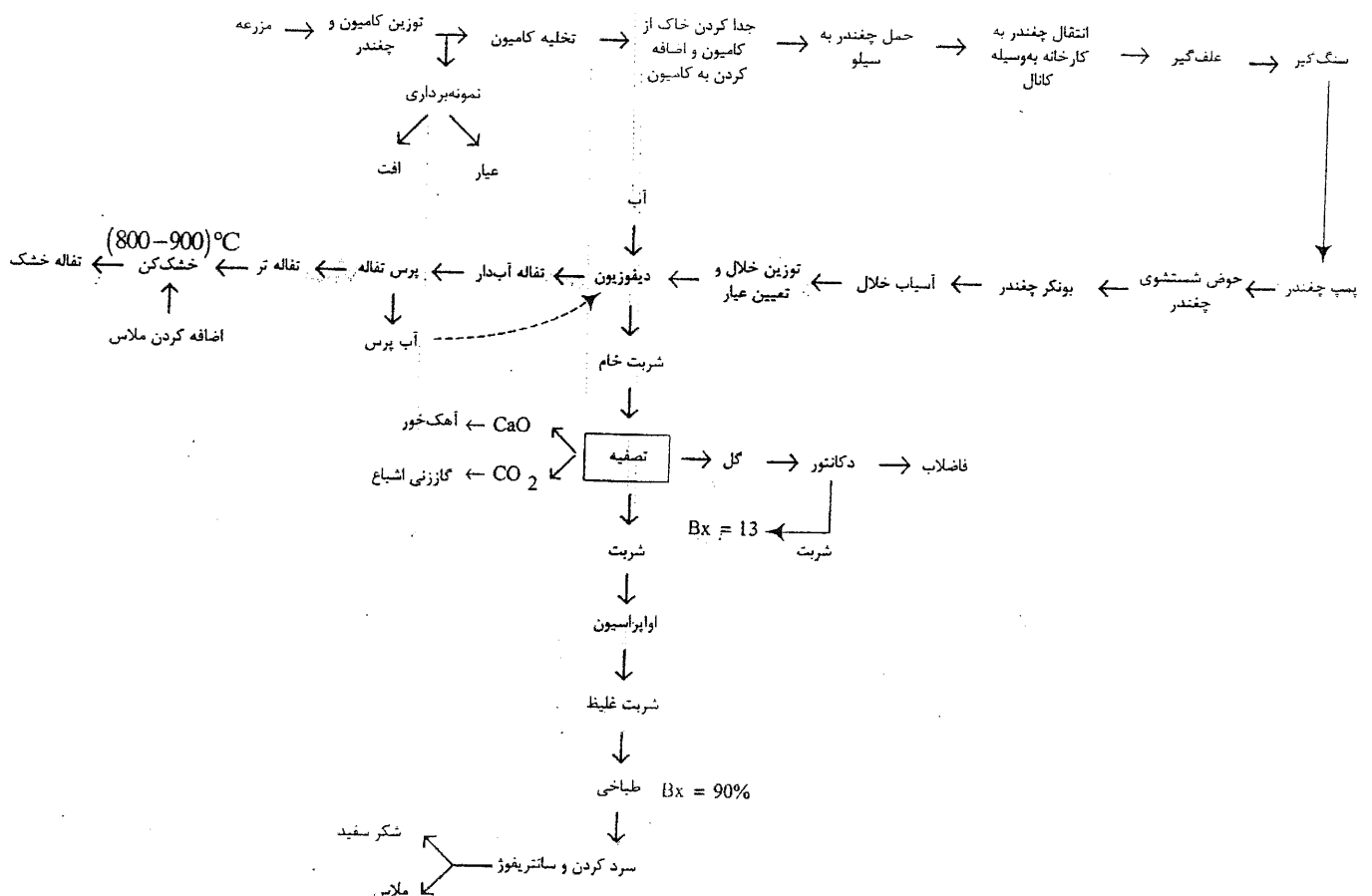


| شماره تست | گزینه صحیح |
|-----------|------------|
| -۱۳۷      | ۳          |
| -۱۳۸      | ۳          |
| -۱۳۹      | ۴          |
| -۱۴۰      | ۲          |
| -۱۴۱      | ۴          |
| -۱۴۲      | ۲          |
| -۱۴۳      | ۲          |

| شماره تست | گزینه صحیح |
|-----------|------------|
| -۱۰۳      | ۳          |
| -۱۰۴      | ۴          |
| -۱۰۵      | ۱          |
| -۱۰۶      | ۳          |
| -۱۰۷      | ۴          |
| -۱۰۸      | ۳          |
| -۱۰۹      | ۴          |
| -۱۱۰      | ۴          |
| -۱۱۱      | ۱          |
| -۱۱۲      | ۴          |
| -۱۱۳      | ۱          |
| -۱۱۴      | ۲          |
| -۱۱۵      | ۴          |
| -۱۱۶      | ۱          |
| -۱۱۷      | ۳          |
| -۱۱۸      | ۱          |
| -۱۱۹      | ۱          |
| -۱۲۰      | ۲          |
| -۱۲۱      | ۴          |
| -۱۲۲      | ۱          |
| -۱۲۳      | ۴          |
| -۱۲۴      | ۳          |
| -۱۲۵      | ۱          |
| -۱۲۶      | ۲          |
| -۱۲۷      | ۱          |
| -۱۲۸      | ۳          |
| -۱۲۹      | ۲          |
| -۱۳۰      | ۲          |
| -۱۳۱      | ۳          |
| -۱۳۲      | ۱          |
| -۱۳۳      | ۲          |
| -۱۳۴      | ۱          |
| -۱۳۵      | ۲          |
| -۱۳۶      | ۳          |

# فصل پنجم

## تکنولوژی قند



چغندر قند<sup>۱</sup> گیاهی است دوساله که از گونه بتاولگاریس<sup>۲</sup> می‌باشد. در سال اول در ریشه خود ساکارز ذخیره می‌کند و در سال دوم بذر می‌دهد. ریشه یا همان غده چغندر قند که قند در آن ذخیره می‌شود دارای بخش‌های زیر می‌باشد:

۱- طوقه<sup>۳</sup>: قسمت بالایی چغندر قند که برگ‌ها از آن جا رشد می‌کنند و ریشه جانبی ندارند.

این قسمت کمترین قند را دارد و مواد غیرقندی آن بالاست. به همین دلیل آن را حتماً جدا می‌کنند.

۲- گردن چغندر<sup>۴</sup> که بعد از سر<sup>۵</sup> قرار می‌گیرد.

۳- تنه اصلی چغندر یا ریشه<sup>۶</sup>: که 99-100 درصد ساکارز در این قسمت قرار دارد.

۴- دم<sup>۷</sup>: این قسمت دارای ریشه‌های فرعی می‌باشد که وظیفه آن‌ها رساندن آب و املاح به چغندر است.

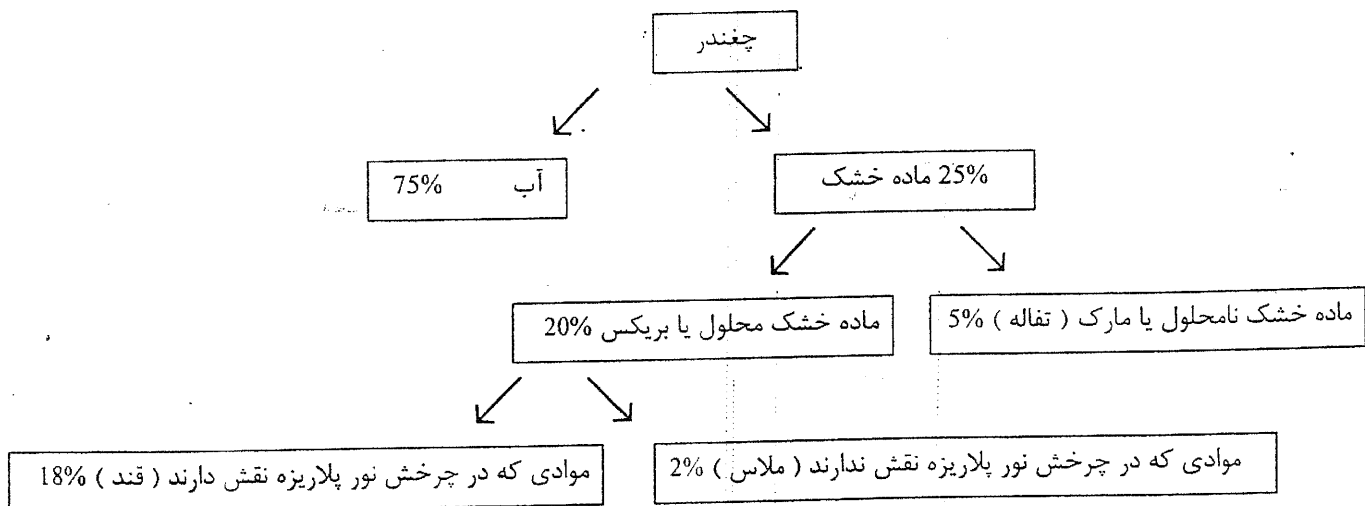
به‌طور کلی 35 درصد شکر تولیدی در جهان از چغندر قند و 65 درصد آن از نیشکر است.

چغندر قند را در ایران معمولاً از اواسط اسفند تا اواخر فروردین ماه کشت می‌کنند و از اواسط مهرماه برداشت می‌کنند. پس از برداشت، طوقه، دم و برگ‌ها را قطع نموده و ریشه‌ها را به کارخانه حمل می‌کنند علت قطع طوقه و دم میزان ناخالصی بالایی موجود در این قسمت‌ها و قند کم آن‌ها می‌باشد.

### چغندر قند دو نوع بذر دارد:

۱- بذر مولتی ژرم: که از هر بذر چند ریشه تولید می‌کند و نیاز به وجین کردن دارد.

۲- بذر مونوژرم: که از آن فقط یک ریشه تولید می‌شود و نیازی به وجین کردن ندارد.



چغندر حدود 75 درصد آب و 25 درصد ماده خشک دارد که خود این ماده خشک به دو بخش محلول که 20 درصد است و با فراکتومتر تعیین می‌شود و غیرمحلول که به آن مارک یا تفاله گفته می‌شود تقسیم می‌شود.

1. Sugar beet
2. Beta Vulgaris
3. Crown
4. Scalp
5. root
6. tail

• مارک<sup>۱</sup> یا تفاله شامل لیگنین، سلولز، پکتین و پنتوزان است.

ماده خشک محلول یا همان بریکس چغندر خود شامل دو بخش است:

۱- بخش غیرقندی: یعنی موادی که ملاس را تشکیل می‌دهد و شامل ۲ درصد کل<sup>۲</sup> ماده خشک می‌باشد.

۲- بخش قندی: یا موادی که در چرخش نور پلاریزه شرکت دارند و با پلاریمتر<sup>۳</sup> تعیین می‌شوند و عیار چغندر نامیده می‌شود.

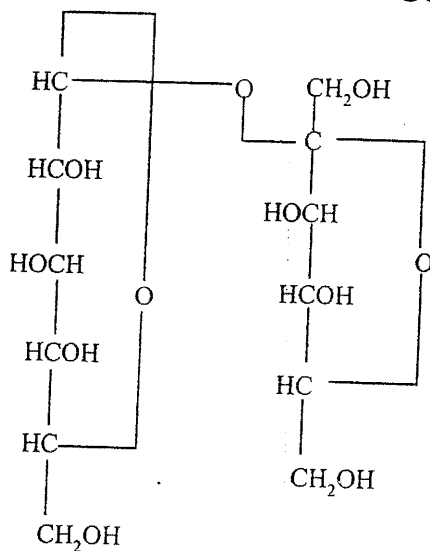
در صنعت قند فقط به ساکارز قند اطلاق می‌شود و سایر ترکیبات حتی کربوهیدرات‌های دیگر نیز غیرقندی فرض می‌شوند.

**ساکارز:** ساکارز دی‌ساکارید تشکیل شده از یک مولکول گلوکز و یک مولکول فروکتوز است که اتصال بین آن‌ها از نوع (۱ → ۲) می‌باشد.

در مولکول ساکارز، گلوکز به فرم پیرانوز یا حلقه شش گوش و فروکتوز به فرم فورانوز یا حلقه پنج گوش وجود دارد. به این سبب ساختمان

ساکارز به صورت آلفا د - گلوکوپیرانوزیل، بتا - د - فروکتوفورانوزید خواهد بود.

به سبب درگیر بودن گروه‌های عامل در هر دو قند (عامل آلدئیدی گلوکز و عامل کتونی فروکتوز) ساکارز یک قند غیر احیا کننده است.



فرمول فیشر (fisher)

شکر یا ساکارز با فرمول شیمیایی  $C_{12}H_{22}O_{11}$  جز معدود مواد شیمیایی است که در طبیعت می‌توان آن را به طور خالص تهیه کرد.

### خواص فیزیکی ساکارز:

ساکارز به خوبی در آب حل می‌شود. حلالیت ساکارز در آب به دما وابسته است و با افزایش درجه حرارت حلالیت آن افزایش می‌یابد.

همچنین وجود یون‌ها و ناخالصی‌ها حلالیت ساکارز در آب را افزایش می‌دهد.

### فعالیت نوری ساکارز:

ساکارز در ساختمان خود دارای کربن نامتقارن<sup>۱</sup> است. بنابراین وقتی محلول محتوی ساکارز در مسیر نورپلاریزه<sup>۲</sup> (نور تک شعاع) قرار می‌گیرد، آن را منحرف می‌سازد و جهت انحراف به سمت راست (+) است. از آنجایی که میزان انحراف نور پلاریزه در پلاریومتر به غلظت ساکارز بستگی دارد بنابراین از این خاصیت در اندازه‌گیری قند ساکارز استفاده می‌شود در این مورد از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\alpha}{L.C} \times 100 \left( \frac{\text{درجه} \times \text{سانتی‌متر مکعب}}{\text{گرم} \times \text{دسی‌متر}} \right)$$

$\alpha$ : میزان انحراف نورپلاریزه (زاویه چرخش)

C: غلظت ماده فعال نوری بر حسب گرم در 100 سانتی‌متر مکعب

$\lambda$ : طول موج نوری که آزمایش در آن انجام می‌گیرد.

t: درجه حرارت

L: طول لوله دستگاه پلاریومتر بر حسب دسی‌متر

### طرز کار دستگاه پلاریومتر جهت سنجش میزان ساکارز:

دستگاه پلاریومتر مورد استفاده در کارخانه‌های قند، نوع خاصی است که ساکاریمتر نامیده می‌شود.

به 26 گرم نمونه چغندر که به‌صورت خلال است یا به‌فرم ذرات ریز خمیر مانند درآمده، 177 سانتی‌متر مکعب محلول رقیق زلال کننده (استات سرب رقیق) اضافه می‌کنند، علت استفاده از 177 سانتی‌متر مکعب این است که 5 درصد چغندر مواد نامحلول (مارک) است. بنابراین 1.2 گرم از 26 گرم چغندر قند را مارک آن تشکیل می‌دهد

$$\text{گرم } 26 - 1.2 = 24.8$$

از آنجایی که وزن مخصوص چغندر 1.06 است با استفاده از رابطه زیر نتیجه می‌شود که حجم 24.8 گرم چغندر برابر 23 سی سی است.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$1.06 = \frac{24.8}{V} = 23 \text{ cc}$$

بعد از هم‌زن و صاف کردن، درصد قند (پلاریزاسیون) آن در دستگاه ساکاریمتر مشخص می‌شود. در ضمن بعد از افزودن 177 cc استات سرب قلیایی یا سولفات آلومینیوم یا سولفات مس حجم به‌دست آمده به 200 سانتی‌متر مکعب (177cc + 23cc) می‌رسد. چون مبنای اندازه‌گیری دستگاه ساکاریمتر 26 گرم نمونه در 100 سانتی‌متر مکعب است. لذا عدد خوانده شده در ساکاریمتر در عدد 2 ضرب می‌شود تا درصد قند چغندر به‌دست آید.

**نکته:** مواد قندی و غیرقندی دیگری نیز در چغندر قند وجود دارند که دارای خاصیت انحراف نور پلاریزه می‌باشند که به آن‌ها قند کاذب

<sup>۱</sup> لسه منظور از کربن نامتقارن، کربنی است که چهار اتصال آن به اتم‌ها یا مولکول‌های متفاوتی باشد.

<sup>۲</sup> سحر نور معمولی در تمام جهات پراکنده می‌شود اگر در مسیر آن منشور نیکل (نوعی کریستال کربنات کلسیم) قرار داده شود، نور تک شعاعی یا نور پلاریزه تبدیل می‌شود که در این حالت تنها در یک جهت حرکت می‌کند.

گفته می‌شود زیرا سبب بروز خطا در اندازه‌گیری ساکارز می‌شوند مثل رافینوز و اسیدهای آمینه

نکته: اگر همه ساکارز به قند انورت تبدیل شود پلاریمتر عدد 33- را نشان می‌دهد.

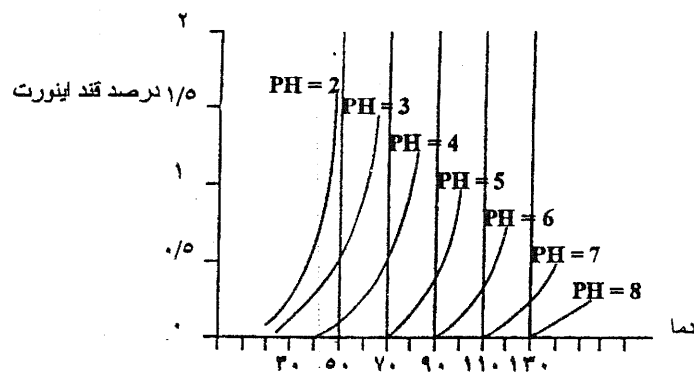
### ویسکوزیته<sup>۱</sup> محلول محتوی ساکارز:

با افزایش غلظت ساکارز یا به‌طور کلی افزایش درصد مواد خشک محلول (بریکس) در یک شربت، ویسکوزیته آن بیشتر می‌شود، از طرف دیگر کاهش درجه حرارت نیز موجب افزایش ویسکوزیته محلول‌ها می‌شود. بعضی ناخالصی‌ها مانند پکتین و بعضی یون‌ها، نیز ویسکوزیته محلول‌های قند، شربت‌ها و پخت‌ها را بالا می‌برد. افزایش pH تا حدود 11 بر ویسکوزیته محلول‌های محتوی ساکارز اثر چندانی ندارد. اما در pH بالاتر از 11 ویسکوزیته آن محلول‌ها به مقدار زیاد افزایش می‌یابد. در صنعت تولید شکر یکی از موانع و عوامل محدود کننده کریستالیزاسیون و جداسازی ساکارز به صورت کریستال، ویسکوزیته محلول‌های محتوی ساکارز می‌باشد.

### اثر عوامل مختلف بر روی ساکارز

الف) اسید:

در صورت افزودن اسید به محلول ساکارز، این ماده به گلوکز و فروکتوز (قند انورت) تجزیه می‌شود، گلوکز راست گردان (+) و فروکتوز چپ گردان (-) نور پلاریزه هستند اما برآیند این دو قند چپ گردان نور پلاریزه است. به عبارت دیگر محلول قند انورت برخلاف ساکارز نور پلاریزه را به سمت چپ منحرف می‌سازد. این پدیده را انورسیون<sup>۲</sup> می‌گویند. هر چه دما و زمان بیشتر و pH کمتر باشد ساکارز بیشتری هیدرولیز می‌شود.



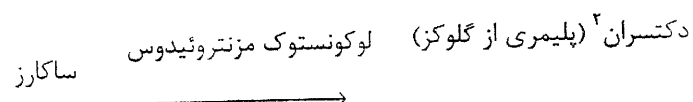
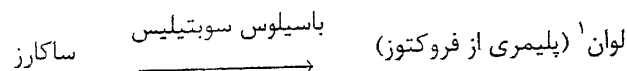
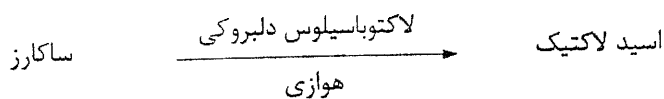
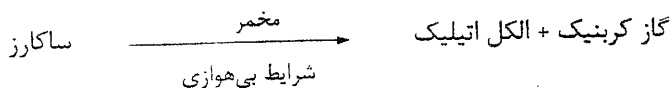
نکته: در کارخانه‌های قند برای تشخیص وجود قند در آب‌هایی که در دیگ بخار استفاده می‌شود و همچنین اندازه‌گیری قند انورت از تست مولیش استفاده می‌کنند.

ب) قلیا:

ساکارز نسبت به شرایط قلیایی مقاوم است. اما در اثر قلیایی خیلی شدید هم ساکارز هیدرولیز می‌شود.

ج) عوامل میکروبی:

اغلب باکتری‌ها و مخمرها و کپک‌ها در صورتی که شرایط فعالیتشان مساعد شود قادرند بعد از تجزیه ساکارز مواد مختلفی را بوجود آورند  
برای مثال:



د) آنزیم انورتاز: آنزیم انورتاز که مهم‌ترین آنزیم در صنعت قند است در حرارت 75 درجه سانتی‌گراد غیرفعال می‌شود (این دما، همان دمای اولیه در مراحل استخراج قند از خلال چغندر قند در دیفوزیون می‌باشد).

آنزیم انورتاز توسط میکروارگانیسم‌هایی که ضمن نگهداری چغندر در سیلو بر روی آن رشد می‌کنند ایجاد شده و موجب ضایعات قندی می‌شود. البته اگر در مرحله استخراج قند در دیفوزیون، دما در قسمت‌هایی از دستگاه کمتر از حد لازم باشد احتمال فعالیت این آنزیم وجود دارد و در نتیجه باعث افزایش ضایعات قندی می‌شود.

فعالیت این آنزیم در چغندر قند سالم کم است ولی در چغندری که رطوبت از دست داده و یا دارای پوسیدگی باشد و یا برای مدت طولانی در سیلو نگهداری شود افزایش می‌یابد.

نکته: فعالیت آنزیم انورتاز در نیشکر بیشتر از چغندر قند می‌باشد.

### هـ فلزات قلیایی خاکی:

ساکارز با ترکیبات مربوط به عناصر قلیایی خاکی مانند کلسیم، باریم<sup>۱</sup>، استرانسیم<sup>۲</sup> و وانکنش داده و ایجاد ساکارات می‌کند. ساکارات به سه نوع: ساکارات مونوکلسیک<sup>۳</sup> (حالت محلول) ساکارات دی‌کلسیک<sup>۴</sup> (تا حدی محلول) و ساکارات تری کلسیک<sup>۵</sup> (نامحلول) در آب می‌باشد. که تشکیل تری ساکارات کلسیم در صنعت قند (در هنگام قندگیری از ملاس) مطلوب می‌باشد.

### تحویل چغندر قند به کارخانه:

بعد از برداشت چغندر قند آن را توسط کامیون و سایر وسایل نقلیه به کارخانه منتقل می‌کنند این عمل هر چه سریع‌تر انجام شود بهتر است. به هنگام تحویل گرفتن چغندر قند، کارخانه چند وظیفه دارد:

۱- تعیین وزن خالص چغندر قند در هر محموله

۲- عیارسنجی

۳- تعیین قیمت

کارخانجات قند در گذشته چغندر را بر مبنای وزن می‌خریدند اما سال‌ها است که این روش منسوخ شده و چغندر بر مبنای قند موجود در آن خریداری می‌شود. برای این منظور باید عیار چغندر خریداری شده را تعیین نمود. درصد قند چغندر خریداری شده از رابطه زیر مشخص می‌گردد.

$$S = W \times S$$

(عیار) درصد قند چغندر × وزن چغندر = مقدار شکر خریداری شده

از آن جایی که تمام محموله وارد شده به کارخانه، چغندر نبوده و همراه با آن موادی مثل (خاک، کلوخ، سنگ و...) که در مجموع به آن‌ها افت گفته می‌شود نیز همراه چغندر وارد می‌گردد، بنابراین برای محاسبه میزان چغندر واقعی موجود در یک محموله باید افت آن تعیین شود.

**نکته: به طور کلی ناخالصی‌های همراه چغندر نباید بیش از ۵ درصد باشد.**

تعیین افت چغندر توسط قسمت عیار سنجی کارخانه انجام می‌شود.

از روش‌های زیر جهت تعیین افت استفاده می‌شود:

۱- افت نظری: که از طریق چشمی میزان خاک و برگ محموله را تخمین می‌زنند.

۲- وزن نمونه‌ای از چغندر همراه با خاک را محاسبه کرده ( $M_1$ ) چغندر را شسته و سپس وزن می‌کنیم ( $M_2$ ) و از تفاضل این دو درصد افت را محاسبه می‌کنیم.

$$\text{درصد افت} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

جهت این امر باید از بار کامیون نمونه برداری شود که این عمل به طریقه دستی یا با استفاده از دستگاه سوند (روپرو)<sup>۶</sup> و یا روش نمونه برداری با بیلچه مکانیکی از روی نوار ترانسپورت انجام می‌گیرد.

• نمونه برداری با دست از این جهت که فقط از سطح کامیون انجام می‌شود قابل قبول نیست.

1. Barium
2. Strontium
3. Monolim Sucrose
4. Dilime Sucrose
5. Trilime Sucrose
6. Rupro



- دستگاه روپرو استوانه توخالی است که انتهای آن مجهز به دریچه می‌باشد. هنگام نمونه‌برداری چغندر داخل روپرو قرار گرفته و دریچه بسته می‌شود. با وجود این که از تمام سطوح نمونه‌برداری می‌کند ولی به مقدار زیادی به چغندر آسیب می‌زند.
  - نمونه‌برداری از روی نوار ترانسپورت بهترین روش است زیرا آسیبی به چغندرها وارد نمی‌کند.
- پس از نمونه‌برداری، میزان افت چغندرها و در مرحله بعد عیار آن‌ها تعیین می‌شود. پس از تعیین عیار چغندرقند و ضرب کردن عیار در چغندر خریداری شده می‌توان مقدار کل قند خریداری شده را تعیین نمود.

### عیار:

قند یک نمونه 15 درصد است یعنی در 100 گرم نمونه 15 گرم ساکارز داریم. (این موضوع با پلاریمتر تعیین می‌گردد)

### درجه خلوص<sup>۱</sup> (کوسیان):

از 100 گرم ماده خشک چه میزان آن قند است.

$$Q = \frac{POL}{Bx}$$

$$\text{درجه خلوص} = \frac{\text{درصد قند ساکارز (پلاریزاسیون)}}{\text{درصد ماده خشک محلول}} \times 100$$

(رافینوز، گلوکز، فروکتوز و ... غیرقند + قند (ساکارز) = ماده خشک محصول  $Bx = pol + ns$ )

اندازه‌گیری درصد قند (پلاریزاسیون) یک شربت، معیار مناسبی جهت ارزش یک محلول قندی نمی‌باشد زیرا درصد قند کاملاً وابسته به مقدار آب شربت است که بسیار متغیر می‌باشد بنابراین به جای درصد قند از درجه خلوص استفاده می‌شود که تحت تأثیر مقدار آب شربت نیست به عبارت دیگر در کارخانه‌های قند آن چه بسیار اهمیت دارد، نسبت ساکارز به کل ماده خشک محلول (بریکس) می‌باشد، چنین نسبتی که درجه خلوص نامیده می‌شود وضعیت ساکارز و ناخالصی‌های موجود در شربت را بهتر نشان می‌دهد. زیرا ارزش واقعی یک شربت بستگی به مقدار ساکارزی دارد که می‌توان از آن جداسازی نمود.

وقتی ناخالصی‌های موجود در شربتی بالا باشد یعنی درجه خلوص شربت پایین‌آید، این ناخالصی‌ها سبب افزایش حلالیت ساکارز می‌شوند و به این ترتیب فرآیند تهیه قند دچار مشکل می‌شود.

به‌طور خلاصه این که تنها به صرف بالا بودن درصد قند یک شربت نمی‌توان آن را بهتر از شربت دیگر دانست و در این رابطه حتماً باید درجه خلوص ارزیابی شود اما از آن جا که اندازه‌گیری قند ساکارز با پلاریمتر بسیار ساده و سریع است بنابراین در کارخانجات قند استفاده از آن بسیار رایج می‌باشد و معمولاً پلاریزاسیون را معادل درصد قند می‌گیرند. (توجه شود که برخی ترکیبات غیرقندی سبب انحراف بیشتر پلاریمتر می‌شوند اما عموماً از آن‌ها صرف نظر می‌کنیم)

درصد قند محاسبه شده را به صورت **درجه خلوص ظاهری<sup>۲</sup>** بیان می‌کنند اما **درجه خلوص واقعی<sup>۳</sup>** با تعیین دقیق درصد قند و نیز درصد کل ماده خشک (نه فقط بریکس) اندازه‌گیری می‌شود.

$$\text{درجه خلوص ظاهری} = \frac{\text{درصد پلاریزاسیون}}{\text{درصد ماده خشک محلول (BX)}} \times 100$$

1. Purity
2. Apparent purity
3. True Purity

$$\text{درصد دقیق ساکارز} = \frac{\text{درجه خلوص واقعی}}{\text{کل ماده خشک}} \times 100$$

برای خرید چغندر هر سال دولت یک قیمت پایه که بر مبنای عیار 16 است را تعیین می کند سپس از محموله های وارد شده به کارخانه نمونه برداری نموده و عیارسنجی می نمایند و از طریق فرمول زیر، بهای پرداختی به کشاورز تعیین می شود.

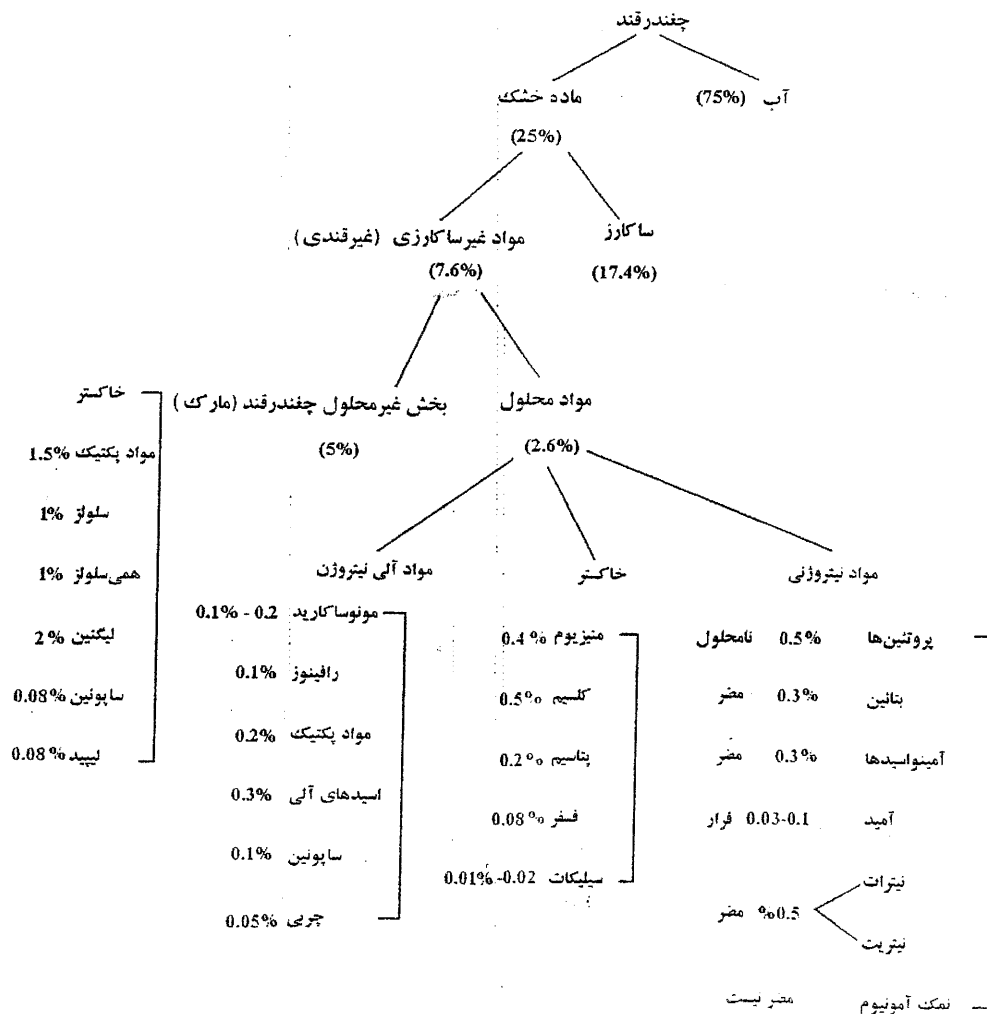
$$P = \text{عیار چغندر تحویلی} \times \frac{P-3}{13} \times \text{قیمت پایه}$$

عیار مبنا را 16 فرض می کنیم ولی چون در بهترین حالت نیز 3 درصد ضایعات قندی در فرآیند داریم بنابراین از سه کم می کنیم.  
\* کارخانه ای 100000 تن چغندر خریداری نموده که 5 درصد افت داشته و عیار آن 17 تعیین شده است در صورتی که قیمت پایه 20000 ریال باشد هزینه مواد اولیه برای تولید شکر چقدر است.

$$\frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 = \frac{100000 - M_2}{100000} \times \frac{5}{100} \Rightarrow M_2 = 95000 \text{ T}$$

$$95000 \times \frac{17-3}{13} \times 20000 = 2046153846.15 \text{ (ریال)}$$

حال که تا حدی با خصوصیات عمده ترین ماده در صنعت تولید شکر یعنی ساکارز آشنا شدیم به بررسی سایر مواد تشکیل دهنده چغندر قند می پردازیم:



**توجه:** تمام درصدها در جدول بالا نسبت به کل چغندر بیان شده است.

### نکات مهم:

- ۱- عمده‌ترین ترکیبات چغندر قند آب و بعد از آن ساکارز و بعد مواد پکتیکی می‌باشد.
- ۲- عمده‌ترین ترکیب خاکستر، پتاسیم می‌باشد.
- ۳- عمده مواد پکتیکی در مارک و بقیه آن در مواد آلی بدون نیتروژن می‌باشد.
- ۴- ساپونین هم در مارک و هم در مواد آلی بدون نیتروژن وجود دارد.
- ۵- عمده‌ترین ماده نیتروژنی در چغندر قند پروتئین‌ها می‌باشند ولی عمده‌ترین ترکیب نیتروژنی مضر در چغندر قند بتائین می‌باشد.

### - مواد محلول غیر ساکارزی در چغندر قند:

#### ۱- مواد غیر قندی بدون ازت:

شامل قند انورت، لیگنین<sup>۱</sup>، آرابان، گالاکتان، اسیدهای آلی، ساپونین<sup>۲</sup> و لیپیدها می‌باشد.

#### ۲- مواد قندی ازت دار:

شامل اسیدهای آمینه، مواد پروتئینی، بتائین<sup>۳</sup>، کولین<sup>۴</sup>، املاح آمونیوم، نترات، مواد رنگی، ویتامین‌ها، اسانس‌ها، پورین، پریمیدین می‌باشد.

#### ۳- مواد معدنی:

شامل کاتیون‌ها و آنیون‌ها می‌باشد.

### مواد نامحلول غیر ساکارزی در چغندر قند:

#### مارک:

مارک به بخش غیر محلول چغندر گفته می‌شود قسمت عمده مارک شامل سلولز و همی سلولز می‌باشد. هر کدام با مقدار تقریبی 25% و مواد پکتیکی حدود 40% و لیگنین تقریباً 7% - 2 کل مارک را تشکیل می‌دهند.

به‌طور متوسط مارک حدود 4 تا 5 درصد وزن چغندر قند را تشکیل می‌دهد.

هم‌چنین مارک شامل مقادیر کمی پروتئین‌های غیر قابل حل، ساپونین و مواد معدنی (خاکستر) نیز می‌باشد.

در مراحل تولید شکر مواد رنگی مختلفی بوجود می‌آید که از جمله به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

1. Lignin
2. Saponing
3. Betaine
4. Choline

### ۱- ملانین<sup>۱</sup>:

این مواد رنگی در اثر واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی<sup>۲</sup> حاصل می‌شوند. معمولاً پس از برش خوردن بافت چغندر قند و همچنین پس از خروج عصاره از چغندر، آنزیم‌های موجود در سلول‌های چغندر از جمله آنزیم پلی قتل اکسیداز<sup>۳</sup> آزاد می‌شود، این آنزیم می‌تواند بر ترکیبات فنل‌دار موجود در چغندر و عصاره چغندر تاثیر گذاشته و با اکسیداسیون آن‌ها ملانین ایجاد کند. برای این واکنش اکسیژن ضروری است. آنزیم‌های موجود در چغندر قند در  $pH = 6-8$  بیشترین فعالیت را دارند و در اثر حرارت غیرفعال می‌شوند. رنگ تیره در شربت خام تا حدی مربوط به بوجود آمدن این رنگیزه‌ها در شربت می‌باشد. در کارخانه‌های قند در حد فاصل بین تبدیل چغندر به خلال تا حرارت و یون حلال و شربت در دیفوزیون، شرایط برای ایجاد این رنگیزه‌ها فراهم است. این مواد رنگی به‌طور کامل در تصفیه حذف می‌شوند گرچه در برخی موارد امکان بازگشت آن‌ها وجود دارد. استفاده از دی‌اکسید گوگرد موجب کاهش آن‌ها می‌شود.

### ۲- ملانوئیدین‌ها<sup>۴</sup>

این مواد رنگی حاصل از واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی<sup>۵</sup> (میلارد) می‌باشند. این واکنش بین قندهای احیاکننده و اسیدهای آمینه رخ می‌دهد. بنابراین تجزیه قند ساکارز در مراحل فرآیند که منجر به ایجاد قند انورت (احیاکننده) می‌شود در واقع می‌تواند مقدمه‌ای برای تولید این مواد باشد. مقدار این مواد رنگی در حرارت‌های بالا و در  $pH$  حدود 6-9 و در محیطی که مقدار آب کم باشد تشدید می‌شود. به همین دلیل بوجود آمدن آن‌ها در مرحله تغلیظ شربت در اوپراتورها و در مرحله طبخ‌ی بیشتر است. در مرحله تصفیه قسمت عمده ملانوئیدین‌ها جذب کربنات کلسیم شده و جداسازی می‌شوند. اما در مراحل تغلیظ و طبخ‌ی بوجود می‌آیند.  $SO_2$  از بروز این مواد رنگی جلوگیری کرده و رنگ را کاهش می‌دهد.

### ۳- کارامل‌ها<sup>۶</sup>:

این ترکیبات در اثر حرارت دادن ساکارز در دمای بالا و به مدت زیاد حاصل می‌شوند. گرچه در مراحل تولید شکر سعی می‌شود که شرایط به‌خصوص از نظر درجه حرارت به صورتی باشد که از بوجود آمدن کارامل جلوگیری شود. اما با این حال امکان بوجود آمدن آن‌ها در شربت‌های غلیظ و پخت‌ها وجود دارد. احتمال بوجود آمدن کارامل بدون حضور آب و در محلول‌های غلیظ بیشتر است. کاراملیزاسیون<sup>۷</sup> جز واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی است.

### ۴- کمپلکس‌های رنگی حاصل از واکنش بین مواد فنل‌دار و آهن:

در بوجود آمدن این نوع ترکیبات رنگی حرارت دادن موثر می‌باشد، لذا به سمت مراحل پایانی تولید شکر مقدار آن‌ها در شربت‌ها و پخت‌ها افزایش می‌یابد.

1. melanins
2. Enzymatic browning
3. Polyphenoloxidase
4. Melanoidins
5. Nonenzymatic browning
6. Calamels
7. Caramelization

وضعیت حضور موادرنگی در مراحل مختلف تولید شکر

| مراحل فرآیند                 | نوع ماده رنگی |            |           |                       |
|------------------------------|---------------|------------|-----------|-----------------------|
|                              | ملانین        | ملانوئیدین | کارامل‌ها | کمپلکس رنگی فنل و آهن |
| شربت حاصل از فشردن چغندر قند | +             | -          | -         | -                     |
| شربت خام                     | +             | +          | -         | -                     |
| شربت رقیق                    | -             | +          | -         | +                     |
| شربت غلیظ                    | -             | ++         | ++        | ++                    |
| پخت‌ها                       | -             | +++        | ++        | +++                   |

۲- تخلیه چغندر قند

بعد از تعیین افت و عیار، کامیون‌های محتوی چغندر قند به قسمت تخلیه می‌روند.

معمولی‌ترین روش برای تخلیه، استفاده از پل متحرکی است که بعد از قرار گرفتن وسیله نقلیه بر روی آن حرکت کرده و وسیله نقلیه را به صورت مورب در می‌آورد، در نتیجه چغندرها به درون قیف تخلیه می‌ریزند. در این قسمت با استفاده از الک‌ها و یا صافی‌های مخصوص که حالت لرزشی دارند، بخش عمده خاک و خاشاک همراه چغندر از آن جدا شده و مجدداً به کامیون برگردانده می‌شود.

چغندرها بوسیله یک بالابرنده و تسمه نقاله‌های خاصی در نقاط مختلف سیلو تخلیه می‌گردند. دستگاه تخلیه و تسمه نقاله‌های آن قابلیت جابه‌جایی دارند و بر حسب این‌که کار تخلیه در چه قسمتی از سیلو بخواهد انجام شود می‌توان آن‌ها را حرکت داد. قسمت انتهایی تسمه نقاله‌ای که چغندرها را به سیلو می‌ریزد از نظر ارتفاع ریزش چغندر در سیلو قابل تنظیم است زیرا اگر چغندرها از ارتفاع زیاد به درون سیلو سقوط کنند دچار آسیب می‌شوند. این روش را تخلیه خشک گویند.

نوع دیگر تخلیه، تخلیه به روش هیدرولیکی<sup>۱</sup> است که با استفاده از جریان شدید آب می‌باشد. البته روش مناسبی نیست.

تخلیه هیدرولیکی در موارد استثنایی که مجبور باشیم محموله‌ای از چغندر را در قسمتی از سیلو تخلیه کنیم تا بدون نگهداری در سیلو به قسمت فرآیند انتقال یابد، قابل استفاده است.

برای مثال محموله‌ای از چغندرها یخ‌زده را می‌توان بیان کرد که قابلیت نگهداری ندارند. البته گاهی در این مورد از سیلوی موقت چغندر<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. که محلی است در بالای کانال‌های حمل چغندر و چغندرها بعد از چند ساعت از آن‌جا به کانال ریخته می‌شوند تا به محل فرآیند انتقال یابند.

سیلو یا نگهداری چغندر قند

با توجه به دوره کوتاه برداشت و محدودیت ظرفیت کارخانه، کارخانه‌ها مجبور هستند چغندر مازاد دریافتی را نگهداری و به تدریج مصرف کنند.

1. Hydraulic  
2. beet bin

سیلو کردن چغندر می تواند در دو مرحله انجام شود:

۱- در مزرعه به صورت توده های کوچک

۲- در کارخانه یا مراکز تحویل.

در مزرعه چغندرها برداشت شده را به صورت توده های کوچک مخروطی جمع آوری نموده و روی آنها را با شاخ و برگ و برای جلوگیری از یخ زدگی با خاک می پوشانند اما در قسمت بالای تل خاک بخشی برای ورود هوای مورد نیاز جهت تنفس، آزاد گذاشته می شود. مدت نگهداری چغندر در مزرعه باید در حداقل ممکن باشد زیرا نگهداری طولانی چغندر می تواند سبب افزایش رافینوز گردد، هم چنین در دو هفته اول پس از برداشت شدت تنفس خیلی بالاست که سبب ضایعات قندی می گردد. قرار گرفتن چغندر در برابر آفتاب سبب خروج آب و افت وزنی محصول می شود.

در کارخانه به منظور جلوگیری از ضایعات قندی و وزنی چغندرها را سیلو می کنند.

سیلوه را بر مبنای ارتفاع به چند دسته زیر تقسیم بندی می کنند:

الف) سیلوه های باریک: ارتفاع چغندر کمتر از 2 متر و عرض یا طول سیلو حداکثر 12 متر

ب) سیلوه های پهن: ارتفاع چغندر بین 3-2 متر و عرض یا طول سیلو کمتر از 6 برابر ارتفاع و شامل دو نوع زیر می باشد:

سیلوهایی که ارتفاع چغندر بین 3-5 متر است. این دسته از سیلوه ها به تهویه طبیعی نیاز دارند.

سیلوهایی که ارتفاع چغندر بیش از 5 متر است. این دسته از سیلوه ها به تهویه اجباری نیاز دارند.

تهویه در این سیلوه ها زمانی انجام می شود که اختلاف دمای توده چغندر با هوای خارج بیش از  $2^{\circ}C$  شود.

توزیع یکنواخت هوا بین چغندرها به یکدستی آنها و وجود مواد خارجی مثل برگ و خاک بستگی دارد.

در صورتی که چغندرها خاک دار، کثیف و ریز و درشت باشند هوای لازم برای تهویه در یک ساعت به ازای هر تن چغندر  $40m^3$  است ولی

اگر آنها تمیز و یک دست باشند هوای لازم حدود  $20-15m^3$  است.

باید توجه شود که چغندره های نارس و چغندره های ریز تنفس زیادتری دارند پس موجب فساد می شوند بنابراین آنها را باید سریع مصرف کنیم.

فضای خالی داخل توده چغندر بایستی 40 درصد حجم سیلو باشد.

در هنگام سیلو گذاری با دو نوع افت مواجه خواهیم بود:

۱- افت وزنی: ناشی از تبخیر آب و تنفس (به دلیل مصرف قند) می باشد.

۲- افت قندی: که دلیل آن مصرف قند در هنگام تنفس است.

برای جلوگیری از افت در زمان سیلو گذاری:

۱- باید جلوی تبخیر را بگیریم

۲- جلوی مصرف و یا از دست رفتن ساکارز از طریق تنفس را بگیریم:

سطح توده چغندر باید تا حد امکان صاف و هموار باشد تا مقدار سطح کل کمتر شده و تنفس و ضایعات قندی و از دست رفتن آب به حداقل برسد.

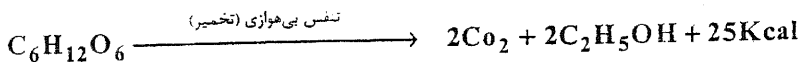
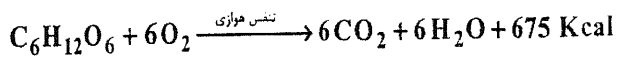
برای جلوگیری از تبخیر، روی توده چغندرها را با شیر آهک می پوشانیم تا نور آفتاب را منعکس نماید و نیز روی چغندرها آب می پاشیم اما این آب نباید به عمق توده نفوذ کند زیرا در این صورت تخمیر ایجاد می شود. گاهی نیز شیر آهک را کف سیلو می پاشند تا مانع فعالیت میکروارگانیسم ها شود.

مناسب ترین رطوبت نسبی برای سیلوی چغندر بین 96-90 درصد است.

رطوبت نسبی کمتر از 90 درصد به سبب فعال شدن آنزیم انورتاز سبب افزایش ضایعات قندی می‌گردد  
 افزایش رطوبت به بیش از 96 درصد سبب تشدید فعالیت باکتری‌ها می‌شود که خود منجر به ضایعات قندی می‌شود.  
 رطوبت نسبی کمتر از 75 درصد نیز سبب مرگ سلول‌های چغندر می‌شود.  
 مسئله دیگر اثر تنفس در چغندر است. چغندر قند هم مثل سایر گیاهان در برگ‌های خود عمل فتوسنتز را انجام می‌دهد.



چغندر در فرآیند تنفس، قند تولیدی را از دست می‌دهد که خود می‌تواند به دو طریقه هوازی و بی‌هوازی انجام شود. بنابراین بایستی تنفس را کند نماییم.



### عوامل مؤثر بر سرعت تنفس

#### ۱- دما:

با افزایش دما سرعت تنفس و میزان فعالیت انورتاز بیشتر می‌شود. اپتیمم دما برای نگهداری چغندر در سیلو  $2-4^\circ\text{C}$  است.

#### ۲- سطح مخصوص:

• نسبت سطح به وزن را سطح مخصوص می‌گویند  $\left(\frac{A}{W}\right)$ .

چغندرهای ریزتر سطح مخصوص بیشتر و چغندرهای درشت‌تر سطح مخصوص کمتری دارند. هرچه سطح مخصوص بیشتر باشد، تنفس شدیدتر است. به همین دلیل همیشه باید چغندرهای درشت را سیلو نموده ولی چغندرهای ریز را سریع وارد خط تولید نموده و مصرف کرد.

#### ۳- یخ زده بودن محصول:

نقطه انجماد چغندر سالم حدود  $2.4^\circ\text{C}$  تا  $4.1^\circ\text{C}$  است. به طور کلی چغندرها را نباید در دمای زیر  $1^\circ\text{C}$  نگهداری نمود. چغندرهای سالم 0.016 درصد در روز ضایعات قندی دارند اما چغندر منجمد و دیفراست شده 0.12 درصد ضایعات قندی دارد.

#### ۴- نحوه برگ زدن:

در صورتی که برگ زدن چغندر به طرز مطلوبی صورت نگیرد ضایعات قندی بالا می‌رود.

#### ۵- کپک زدن:

به دلیل ترشح آنزیم توسط کپک‌ها، درصد قند چغندرهای کپک زده نسبت به چغندرهای سالم 1.5-5.3 درصد کمتر است.  
 پوسیدگی چغندر همیشه از دم شروع می‌شود چون رطوبت کمتری دارد و سلول‌های آن جوان‌تر است.  
 بزرگ‌ترین منبع آلودگی چغندر، برگ آن است.

جوانه به دلیل مصرف زیاد قند، بدترین اثر را در نگهداری چغندر دارد. رشد جوانه در کمتر از  $3^{\circ}\text{C}$  + متوقف می‌شود.

### ۶- وجود خاک در سیلو:

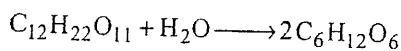
این عامل موجب نرسیدن هوا و در نتیجه، تنفس بی‌هوازی می‌شود. بنابراین چغندرها بایستی قبل از سیلوگذاری خاک‌گیری شوند.

### ۷- مقدار اکسیژن:

در سیلو مقدار مطلوب اکسیژن 0.7 درصد و  $\text{CO}_2$  برابر 15 درصد می‌باشد.

### ۸- رطوبت نسبی:

فعالیت آنزیم انورتاز با دما نسبت مستقیم و با رطوبت نسبی نسبت عکس دارد. از سوی دیگر جهت کاهش افت قند باید هیدرولیز ساکارز را کاهش یابد.



هم‌چنین باید از فعالیت میکروارگانیسم‌ها جلوگیری شود زیرا آن‌ها ساکارز را به قند انورت تبدیل می‌کنند.

**نکته:** کیفیت بالای چغندر به معنای عیار بالا، خاکستر پایین و قند انورت پایین می‌باشد.

نگهداری طولانی چغندر در سیلو سبب کاهش کمی و کیفی چغندر و افزایش ضایعات قندی می‌شود و نیز بایستی پس از شروع بهره‌برداری، کارخانه قند یکنواخت و بدون وقفه کار کند. متوسط مدت نگهداری چغندر در سیلو نباید از 30 روز بیشتر شود و چغندرهایی که زودتر وارد سیلو می‌شوند زودتر به خط تولید وارد شوند.

### ضایعات قندی را با فرمول زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta S = S_1 - \left( \frac{m_2}{m_1} \times S_2 \right)$$

$S_2$  = عیار مصرفی

$S_1$  = عیار اولیه

$\Delta S$  = ضایعات قندی در سیلو

$m_2$  = وزن چغندر در هنگام مصرف

$m_1$  = وزن چغندر در هنگام خرید

از آنجایی که هدف کارخانه قند استحصال بیشترین شکر از واحد وزن چغندر است، پس باید مراقبت شود که چغندر در مزرعه و یا سیلو آسیب نبیند و از سوی دیگر تفاله و ملاس کمتری تولید گردد و کلیه عواملی که ملاس‌زا هستند، یعنی از کریستالیزاسیون ساکارز جلوگیری می‌کنند را کاهش داد.

- چغندرهایی که بیش از 15 درصد گل و خاک چسبیده به سطح دارند قبل از سیلو کردن شستشو می‌شوند.



عواملی که بر روی کریستالیزاسیون ساکارز اثر منفی دارند شامل موارد زیر می باشد:

### ۱- قندانورت:

به مجموعه گلوکز و فروکتوز حاصل از هیدرولیز ساکارز، قند انورت گویند.

مقدار این مواد در قسمت سر و طوقه بیشتر است. مقدار قند انورت چغندر به طور متوسط 0.1 درصد است که در چغندره‌های ایرانی 0.15 درصد می باشد.

در اثر نگهداری طولانی مدت چغندر در سیلو و یا در چغندره‌های یخزده و فاسد و نیز بالا بودن بیش از حد دما و فعالیت میکروارگانیسم‌های مقدار قند انورت چغندر افزایش می‌یابد. نامناسب بودن pH نیز سبب افزایش قند انورت شربت می‌شود.

انورت برخلاف ساکارز در مقابل اسید مقاوم و در مقابل قلیا حساس می‌باشد. اما چنانچه اسید قوی باشد قند انورت تبدیل به هیدروکسی متیل فورفورال می‌شود و چون این ترکیب هم ناپایدار است تبدیل به اسید لولیک و فرمیک می‌شود.

انورت در شرایط قلیایی تبدیل به اسید لاکتیک می‌شود. اسید لاکتیک در مراحل تصفیه با کلسیم ترکیب شده و تشکیل لاکتات کلسیم می‌دهد که ماده مذکور محلول می‌باشد و سختی شربت را افزایش می‌دهد.

همچنین می‌تواند با اسیدهای آمینه خصوصاً اسپارژین و گلوتامین تحت واکنش میلارد، رنگدانه‌های ملانوییدی تشکیل دهد.

نکته: مهم‌ترین وظیفه آهک خور دوم در کارخانه قند، حذف کردن قند انورت و عوامل تشکیل‌دهنده ملانوییدین‌ها می‌باشد.

### ۲- رافینوز:

• رافینوز تری ساکاریدی است که مقدار آن در چغندر قند 0.5-0.3 درصد ماده خشک می‌باشد. اما این قند در نیشکر وجود ندارد. در اثر نگهداری طولانی مدت چغندر قند در سیلو مقدار رافینوز افزایش می‌یابد.

• رافینوز همانند ساکارز در برابر قلیایی و دمای بالا مقاوم می‌باشد و مانند ساکارز غیراحیاء کننده می‌باشد پس محلول فهلینگ را احیاء نمی‌کند. چغندری که بیش از حد آفتاب دیده مقدار رافینوز آن بالا می‌باشد.

• رافینوز در الکل متیلیک محلول است اما ساکارز در این الکل محلول نمی‌باشد با استفاده از این خاصیت می‌توان ساکارز را از رافینوز جدا کرد.

• رافینوز تمام مراحل کارخانه را طی نموده و قسمت اعظم آن وارد ملاس می‌شود.

• رافینوز نورپلاریزه را 1.85 برابر ساکارز می‌چرخاند، چون همراه شکر درجه یک ممکن است رافینوز نیز وجود داشته باشد به همین علت پلاریمتر عدد بیش از 100 را نشان می‌دهد. بنابراین رافینوز تحت عنوان قند کاذب در هنگام عیارسنجی عمل می‌کند.

• هرچه مقدار رافینوز بیشتر باشد کریستالیزاسیون ساکارز کمتر می‌شود.

رافینوز ویسکوزیته پخت سه را به شدت افزایش می‌دهد در نتیجه اولاً سرعت کریستالیزاسیون به علت ویسکوزیته زیاد کاهش می‌یابد (زمان کریستالیزاسیون زیاد می‌شود) و ثانیاً ملاس نمی‌تواند به راحتی از شکر درجه ۳ جدا شود.

در کارخانجاتی که قندگیری از ملاس دارند وجود رافینوز سبب می‌شود که پیوند بین ساکارز و آهک خوب صورت نگیرد.

### ۳- پکتین:

جزء مواد غیرقندی بدون ازت می‌باشد که بخش عمده دیواره سلولی گیاهی را مواد پکتیکی تشکیل می‌دهند.

مقدار مواد پکتیکی در چغندر به حدود 10-2.5 درصد می‌رسد به طوری که پس از ساکارز بالاترین درصد ماده خشک چغندر را شامل می‌شود. تقریباً  $\frac{1}{3}$  کل مواد غیر قندی چغندر را مواد پکتیکی تشکیل می‌دهند.

در آهک خور اول پکتین تبدیل به کلوییدی با بار منفی می‌شود اما کربنات کلسیم تشکیل شده در اشباع I که دارای بار مثبت است جذب پکتین با بار منفی می‌شود این مرحله چندین بار تکرار شده و چندین لایه از پکتین و کربنات کلسیم بر روی هم تشکیل می‌شود در نتیجه کریستال‌های کربنات کلسیم تشکیل شده سنگین‌تر شده و سرعت ترسیب گل در دکانتور را بالا می‌برد.

به طور کلی باید سعی شود، پکتین وارد تفاله نشود ولی اگر وارد شربت شد باید در مراحل تصفیه آن را جدا کرد. پکتین به اسید مقاوم است ولی به قلیایی و دمای بالا (شرایطی که هر دو در شربت موجود است) حساس می‌باشد. بنابراین قسمتی از پکتین در آهک خور I می‌شکند و از آن جایی که این مولکول‌های شکسته شده نمی‌توانند به صورت کلویید با بار منفی درآیند، در شربت باقی می‌مانند و در نتیجه:

۱- ویسکوزیته شربت بالا می‌رود در نتیجه سرعت رسوب‌گذاری گل در دکانتور کاهش می‌یابد و صاف کردن شربت را مشکل می‌سازد. قسمت عمده پکتین طی مراحل تصفیه جداسازی می‌شود و کمتر به مرحله طبخ می‌رسد.

۲- به دلیل این که پکتین یک ماده غیرقندی محسوب می‌شود و مواد غیرقندی حلالیت ساکارز را افزایش می‌دهند، لذا از کریستالیزاسیون ساکارز جلوگیری کرده و مقدار ملاس را افزایش می‌دهد.

نکته: سلولز و لیگنین به علت این که جز ترکیبات نامحلول هستند در کریستالیزاسیون ایجاد مشکل نمی‌کنند. یعنی ترکیبات ملاس را نیستند.

نکته: آرابان، گالاکتان، آرابینوز و گالاکتوز در آهک‌زنی بر خلاف پکتین حذف نمی‌شوند و در ملاس جمع می‌شوند.

#### ۴- ساپونین‌ها:

ساپونین‌ها ترکیباتی گلیکوزیدی هستند که در زیر پوست چغندر یافت می‌شوند و موجب محافظت ریشه چغندر در مقابل حمله میکروب‌ها می‌شوند.

ساپونین‌ها در اسیدها نامحلول هستند و به وسیله فلزات سنگین رسوب می‌کنند.

همچنین آن‌ها کاهش دهنده کشش سطحی محلول‌ها محسوب شده و بنابراین از عوامل عمده ایجادکننده کف در شربت خام هستند. ترکیباتی به شدت ملاس‌زا هستند و مقدار آن‌ها در دم چغندر بسیار بالا می‌باشد.

مقدار این ترکیبات در چغندر قند حدود 0.14 درصد است که 40 درصد این مقدار وارد شربت شده و بقیه در تفاله باقی می‌مانند. وقتی تصفیه با دقت انجام شود بیش از 97 درصد ساپونین که حدود 500-1000PPM بر حسب ماده خشک استخراج شده در

دیفوزیون می‌باشد را می‌توان حذف کرد.

چنانچه ساپونین مراحل مختلف را طی کرده و وارد ساختمان شکر می‌شود در این حال، اگر شکر در آب حل شده و به آن اسید اضافه شود، ساپونین به صورت نامحلول در آمده، منعقد شده و ایجاد رسوب کلونیدی می‌کند. چنین پدیده‌ای ممکن است در نوشابه‌سازی و هنگام کاربرد اسید در فرمول نوشابه یا زدن گاز کربنیک به آن حادث شود که یک مسأله مشکل‌ساز در صنعت نوشابه‌سازی است.

- یکی از راه‌های حذف ساپونین جذب سطحی است. شربت غلیظ را از بستر حاوی گرانول‌های کربن عبور می‌دهند. اغلب تبادل کننده‌های یونی ساپونین‌ها را به‌طور کامل حذف می‌کنند.

### ۵- اسیدهای آلی:

در سال‌های خشک و نیز با افزایش زمان نگهداری چغندر در سیلو، مقدار اسیدهای آلی خصوصاً اسید لاکتیک و اسید سیتریک افزایش می‌یابد.

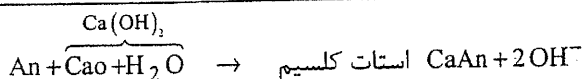
نمک‌های کلسیم بیشتر این اسیدها به سختی محلول هستند و بنابراین در فرآیند ایجاد رسوب می‌کنند. تنها نمک اسیدلاکتیک محلول است و بقیه اغلب در آهک‌خور I حذف می‌شوند.

- نمک‌های اسید لاکتیک به صورت لاکتات کلسیم محلول بوده و بنابراین رسوب نکرده و به صورت شوره همراه شکر باقی می‌مانند و سختی شربت را افزایش می‌دهند.
- سیترات‌ها نیز معمولاً به صورت رسوب در می‌آیند.
- نیترات‌ها اکثر اوقات تمام فرآیند را طی کرده و به صورت شوره همراه شکر باقی می‌مانند. یعنی ملاس‌زا هستند.

### اسیدهای موجود در چغندر

- عمده‌ترین اسید چغندر قند اسیدفسفریک می‌باشد که یک اسید معدنی است.
- بعد از اسید فسفریک اسیدسیتریک دارای بیشترین مقدار است که یک اسید آلی می‌باشد پس عمده‌ترین اسید آلی چغندر قند همان اسیدسیتریک می‌باشد.
- وقتی چغندر قند تبدیل به شربت می‌شود مقدار اسیدهای آلی افزایش می‌یابد.
- از اسیدهای آلی اسیداکزالیک، اسیدسیتریک و اسید تارتاریک نمک‌های نامحلول تشکیل می‌دهند و در بین اسیدهای معدنی اسیدسولفوریک و فسفریک نیز نمک‌های نامحلول ایجاد می‌کنند.

**نکته:** بسیاری از اسیدها به فرم نمک‌های سدیم و پتاسیم بوده مثل استات، لاکتات و سوکسینات که منبعی برای قلیایی طبیعی می‌باشند.



هیدروکسید پتاسیم: KOH

هیدروکسید سدیم: NaOH

NaOH و KOH حاصله را قلیائیت طبیعی چغندر قند می‌گویند زیرا منشأ چغندری دارند.

هر چه قلیائیت طبیعی بالاتر، مصرف آهک در آهک‌خور بیشتر می‌شود.

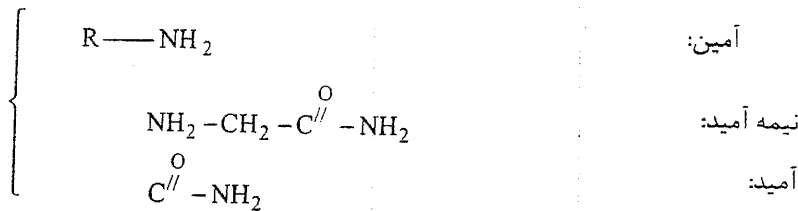
KOH و NaOH نقش مهمی در رسوب کلسیم از نمک‌های محلول آن در اشباع II در مرحله تصفیه را دارا می‌باشند.

**نکته:** اسیدهای آلی در چغندر قند نقش بافر را دارند. با توجه به این نکته که آب ورودی به دیفوزیون باید کمی اسیدی باشد تا استخراج قند بهتر صورت گیرد، آب با حالت کمی اسیدی با اسیدهای آلی طبیعی در چغندر قند ترکیب می‌شود و این اسیدهای آلی حالت اسیدی آب را خنثی می‌کنند.

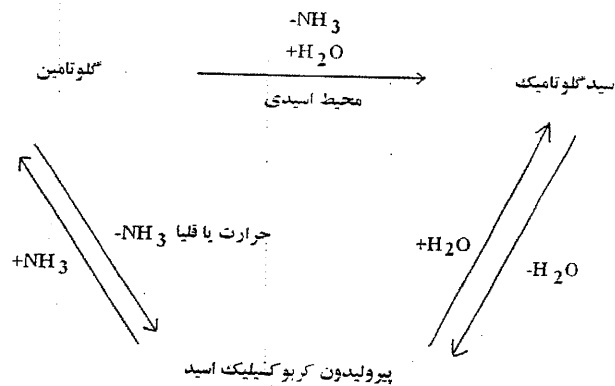
### ۶- اسیدهای آمینه :

مقدار اسیدهای آمینه در سال‌های خشک و نیز در اثر نگهداری طولانی مدت چغندر در سیلو افزایش می‌یابد. فراوان‌ترین اسید آمینه در چغندر، اسید گلوتامیک است که می‌تواند در فرم آمیدی یعنی گلوتامین هم حضور داشته باشد.

#### • یادآوری:



#### • توجه:



همه اسیدهای آمینه به جز تیروزین و سیستین در آب محلول هستند. املاح کلسیم آن‌ها نیز محلول است بنابراین این اسیدها کلیه مراحل کارخانه را طی نموده در ملاس جمع می‌شوند. اسیدهای آمینه همگی در محیط قلیایی محلول هستند. به این ترتیب در بین اسیدهای آمینه تنها تیروزین و سیستین به دلیل نامحلول بودن مضر و ملاس‌زا نیستند. اسیدهای آمینه را اصطلاحاً ازت مضره<sup>۱</sup> یا ازت مزاحم<sup>۲</sup> می‌نامند زیرا قسمت عمده آن‌ها سبب افزایش ملاس می‌شوند و تنها مقدار بسیار کمی از آن‌ها رسوب نموده جدا می‌شوند. بنابراین چغندری که میزان ازت مضره آن بالا باشد از نظر صنعتی کیفیت پایینی دارد. به طور کلی ترکیبات ازت‌دار چغندر مثل نیترات‌ها، بتائین، کولین، بازهای آلی پورین و پیریمیدین و اکثر آمینواسیدها که در مراحل تصفیه جدا نمی‌شوند را جز ازت مضره می‌نامند که ملاس زایی بالایی دارند. اما ازت موجود در پروتئین‌ها، آمیدها و ترکیبات آمونیوم جز ازت مضره نیست زیرا بخش زیادی از پروتئین‌ها در مراحل تصفیه جدا شده و قسمت زیادی از ازت آمیدها و ترکیبات آمونیومی در مراحل حرارت دادن شربت و در محیط قلیایی به صورت گاز آمونیاک خارج می‌شوند. از آنجایی که اسیدهای آمینه هم خاصیت اسیدی و هم خاصیت بازی دارند بنابراین شربت داخل دیفوزیون و شربت خام به دلیل وجود این ترکیبات حالت تامپونی دارند اما شربت رقیق به دلیل این که تصفیه شده و اسیدهای آمینه آن خارج شده است دارای این خاصیت نیست.

به جز گلیسین سایر اسیدهای آمینه از نظر نوری فعال هستند و بر روی پلاریمتر تأثیر می‌گذارند ( بنابراین مثل رافینوز به صورت قند کاذب عمل می‌کنند) هم‌چنین این ترکیبات می‌توانند با قند اتورت ترکیب شده و رنگدانه‌های ملانوتیدی را تشکیل دهند.

#### ۷- پروتئین‌ها:

پروتئین‌ها ترکیباتی ملاس‌زا هستند که مثل پکتین در محلول قلیایی به صورت آنیون ظاهر می‌شوند، بنابراین در آهک‌خور I این کلویدهای دارای بار منفی، جذب کربنات کلسیم دارای بار مثبت می‌شوند و در مرحله اشباع نیز آهک اضافی با  $CO_2$  تشکیل  $CaCO_3$  می‌دهد که موجب جذب کلیه کلویدها می‌گردد.

پروتئین‌ها باید وارد تفاله شده و وارد شربت نگردند و در صورت ورود به شربت شکسته نشوند زیرا پروتئین‌ها در صورت شکسته شدن، دیگر تشکیل کلوییدی با بار منفی نمی‌دهند و در شربت مانده و مانع از کریستالیزاسیون می‌شوند.

- شکسته شدن پروتئین توسط قلیا، اسید غلیظ و درجه حرارت بالا صورت می‌گیرد.

#### ۸- آمیدها:

میزان آمیدها در چغندر قند 0.2 درصد است. قسمت عمده آن‌ها شامل گلوتامین و تا حدودی آسپارژین می‌باشند.

- آمیدهایی مثل گلوتامین یا آسپارژین در محیط قلیایی یا در اثر حرارت دیدن، آمونیاک از دست داده و تبدیل به اسید پیرولیدون می‌شوند این واکنش در تصفیه قلیایی با شیر آهک رخ می‌دهد. اسید پیرولیدون با کلسیم ترکیب شده و باعث افزایش سختی شربت می‌شود مثل لاکتات کلسیم.

- آمیدهایی مثل گلوتامین در محیط اسیدی عامل آمیدی خود را از دست می‌دهند و با گرفتن آب تبدیل به اسید آمینه می‌شوند این واکنش نیز با آزاد شدن آمونیاک همراه است.

در کارخانجات قند آمیدهای موجود در شربت خام در مرحله تصفیه و مراحل بعد از آن تحت اثر شیر آهک و حرارت قرار می‌گیرد بنابراین تجزیه شده و ازت مربوط به آن به صورت گاز آمونیاک از شربت جدا شده و متصاعد می‌شود. عمل جدا شدن گاز آمونیاک می‌تواند در مرحله تصفیه با شیر آهک انجام شود که این پدیده مطلوبی است اما در مواردی ممکن است در مرحله تصفیه با شیر آهک انجام نشود لذا وقتی شربت به مرحله اوپراسیون می‌رسد این واکنش در اثر حرارت بالا در اوپراتور انجام می‌شود که سبب کاهش pH و افت قلیابیت می‌گردد که پدیده نامطلوبی است.

#### ۹- مواد معدنی:

بیشترین مقدار کاتیون‌ها را سدیم و پتاسیم تشکیل می‌دهند که قادرند از کریستالیزاسیون 5 مولکول ساکارز جلوگیری نمایند به عبارت دیگر کاتیون‌ها حلالیت ساکارز را افزایش داده و بنابراین مقدار ملاس را بیشتر می‌کنند.

نکته: هر مولکول ازت از کریستالیزاسیون 25 مولکول ساکارز ممانعت می‌کند.

نکته: ازت موجود در پروتئین و آمونیاک در تصفیه حذف می‌شوند به این صورت که پروتئین‌ها فلوکه شده، آب از دست می‌دهند و نامحلول می‌شوند. آمونیاک نیز تبخیر می‌شود ولی ازت زیان‌بخش مثل بتائین در ملاس جمع می‌شود.

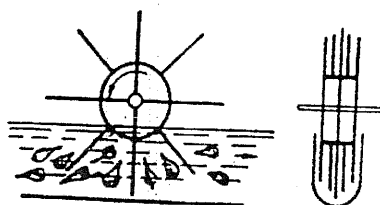
## انتقال چغندر به کارخانه

انتقال چغندر از سیلو به سالن تولید که در ایران اصطلاحاً فابریک نامیده می‌شود به وسیله فشار آب و از طریق کانال‌های بتونی انجام می‌شود. در این روش مقدار آبی معادل 8-10 برابر وزن چغندر با فشار 2-3 اتمسفر توسط جت‌های آب به آن‌ها پاشیده می‌شود. سرعت آب  $1 \frac{m}{s}$  و دمای آب کمتر از  $20^\circ C$  می‌باشد.

آب مورد استفاده جهت حمل چغندرها تا حدودی گل آلود است و کاربرد آب زلال در این مورد مناسب نیست زیرا دانسیته نسبی چغندر حدود 1.05-1.09 می‌باشد وقتی آب گل‌آلود باشد وزن مخصوص آن کمی از یک بیشتر شده و به وزن مخصوص چغندر نزدیک می‌شود در نتیجه چغندرها به صورت شناور در آب در می‌آیند و به آسانی حمل می‌شوند. کانال‌های به کار رفته از نوع کف صاف با گوشه‌های مدور می‌باشد. در این نوع کانال‌ها اصطکاک کم است و شن و سنگ درشت نیز نسبت به سایر کانال‌ها بهتر جدا می‌شود شیب کانال‌ها در خطوط مستقیم 1.5-2 درصد و در پیچ‌ها 2.5-2 درصد است.

### در مسیر انتقال چغندر چند دستگاه نصب می‌شود:

اولین دستگاه چرخ تنظیم کننده<sup>۱</sup> میزان عبور چغندر است که جهت کنترل و یا متوقف ساختن انتقال چغندر به خط تولید نصب می‌شود.



دو دستگاه بعدی علف گیر<sup>۲</sup> و شن گیر<sup>۳</sup> هستند که برخی کارخانجات اول شن گیر و سپس علف گیر را نصب می‌کنند و برخی بالعکس. مقدار شن و سنگ همراه چغندر بستگی به مزرعه‌ای که در آن کشت شده و به ویژه روش برداشت دارد. اگر بارگیری چغندر با دست انجام گیرد میزان درصد سنگ پایین و در صورتی که برداشت با ماشین باشد میزان سنگ و کلوخ بالاست و حتی در بعضی مواقع تا 50 کیلوگرم در هر تن نیز می‌رسد اما به طور میانگین 25-5 کیلوگرم شن و سنگ در هر تن چغندر وجود دارد. در صورت وجود سنگ از یک سو به سبب صدمات وارده، چغندر دچار ضایعات قندی می‌شود و از طرف دیگر باعث فرسایش دستگاه‌ها شده و یا مثلاً سبب شکسته شدن تینه‌های آسیاب خلال می‌گردد و در نهایت سبب افزایش قیمت تمام شده قند می‌شود. اساس عمل شن گیر اختلاف دانسیته چغندر با سایر ترکیبات (شن و سنگ) می‌باشد.

از آنجایی که سرعت سقوط چغندر در آب برابر  $0.17 \frac{m}{s}$  و سرعت سقوط شن  $0.3 \frac{m}{s}$  می‌باشد از دو دستگاه سنگ گیر به نام آر - تی<sup>۴</sup> و بارانوف<sup>۵</sup> استفاده می‌شود که در این دستگاه‌ها از کف کانال آب با سرعت  $0.17 \frac{m}{s}$  به بالا فرستاده می‌شود و بخاطر سرعت سقوط مختلف بین چغندر و سنگ، این مواد (شن و سنگ) به داخل حفره در کف کانال سقوط می‌کنند و چغندرها از بالا عبور می‌کنند.

1. regulator
2. Trash Catcher
3. Stone and sand catcher
4. RT. or Raffinerie Tirlemontoise
5. Baranov

• دستگاه بعدی علف‌گیر است. از آن جایی که برگ و علف باقی مانده در لابه‌لای سیلو اکثراً پوسیده هستند و باعث عفونت دیفوزیون می‌شوند بنابراین بایستی حذف شوند. در صورتی که این علف‌ها و یا برگ‌ها کمتر از 10 سانتی‌متر طول داشته باشد، با آب سرریز شده به خارج منتقل می‌شود و اما علف‌هایی که طول آن‌ها بیش از 10 سانتی‌متر باشد بایستی به طریق مکانیکی توسط دستگاه‌های علف‌گیر که روی کانال اصلی نصب شده‌اند از چغندر جدا شوند. این دستگاه‌ها مجموعه‌ای از چنگال‌های متحرک است که توسط دو زنجیر بی‌انتهای به یکدیگر متصل شده‌اند و برعکس جریان آب و چغندر حرکت نموده و به علف‌ها گیر می‌کنند و آن‌ها را از کانال خارج می‌سازند.

در حین حرکت چغندر در کانال، بسته به دمای آب و میزان شکستگی چغندر مقداری از قند آن در آب حل می‌شود و به وسیله میکروارگانیسم‌ها هیدرولیز شده و به اسید و گاز تبدیل می‌شود و به این علت pH آب کانال کاهش یافته و ضمن ایجاد کف، دارای بوی نامطبوعی نیز خواهد شد.

برای مقابله با این امر به آب کانال، شیر آهک اضافه می‌کنند تا pH آن به حدود 10 برسد. در این حالت میکروارگانیسم‌ها از بین نمی‌روند ولی فعالیت آن‌ها محدودتر می‌شود. ضمن این‌که در این حالت عمل ترسیب ناخالصی‌ها آسان‌تر انجام می‌شود. با توجه به این که کف کانال چغندر پایین‌ترین سطح در کارخانه است برای رساندن چغندر به سطح چغندرشویی، چغندر را بایستی از کف کانال به بالا حمل کنیم که برای این کار از سه روش زیر می‌توان استفاده کرد:

#### ۱- استفاده از پمپ چغندر:

آسان‌ترین روش برای بالا بردن چغندر به طور مداوم استفاده از پمپ است. در این روش علاوه بر چغندر آب نیز به بالا منتقل می‌شود. هر پمپی یک پمپ رزرو<sup>۱</sup> دارد اولین دستگاهی که رزرو دارد پمپ چغندر است. زیرا وجود شن و سنگ سبب فرسایش پروانه پمپ می‌شود و از سوی دیگر برخورد چغندر با هم سبب آسیب دیدن آن‌ها خواهد شد. ضریب عملکرد آن 40 تا 60 درصد می‌باشد.

#### ۲- چرخ چغندر:

چرخ بزرگی است که در آن کاسه‌های مشبکی تعبیه شده است. مزیت این چرخ کم بودن مصرف انرژی و آسیب کمتر به چغندر می‌باشد و معایب آن عبارتند از محدودیت ارتفاع، ظرفیت کم و نیاز به فضای زیاد. ضریب عملکرد 75 درصد می‌باشد.

#### ۳- پمپ ماموت:

این دستگاه از یک لوله U شکل عمودی با بازوهایی که از نظر ارتفاع با هم اختلاف دارند تشکیل شده است. چغندر و آب از کف کانال وارد بازوی کوتاه می‌شود از قسمت پائین بازوی بلند هوا به درون این بازو دمیده می‌شود در نتیجه وزن مخصوص آب و چغندر در بازوی بلند به میزان 50 درصد کاهش می‌یابد. در اثر اختلاف وزن مخصوص چغندر و آب بین دو بازو، چغندر از بازوی بلند به اندازه ۲ برابر ارتفاع بازوی کوچک به بالا حمل می‌شوند.

مزیت این دستگاه سالم ماندن چغندر، استهلاک کمتر و طراحی آسان ولی عیب آن مصرف انرژی زیاد آن است.

#### ۴- روش خشک:

در بعضی از کارخانه‌ها روش خشک به کار می‌رود و بدون استفاده از جریان آب عمل انتقال چغندر از سیلوها به محل فرآیند را انجام می‌دهند. در این روش معمولاً از تسمه نقاله‌ها و دستگاه‌های بالابرنده مخصوص استفاده می‌شود. روش خشک در کارخانه‌های ایران استفاده نمی‌شود.

پس از انتقال چغندر به خط تولید اولین دستگاه، دستگاه شستشوی چغندر است.

این عمل دارای نتایجی به شرح زیر است:

- ۱- سبب کاهش استهلاک تیغه‌های خلال می‌گردد.
  - ۲- سبب کاهش عفونت یا آلودگی میکروبی می‌گردد.
  - ۳- سبب بهبود وضعیت صاف کردن شربت‌ها در قسمت تصفیه شربت می‌شود.
  - ۴- سبب تقلیل در فرسایش تجهیزات دستگاه پرس تفاله و تفاله خشک‌کن می‌شود.
- برای شستشوی چغندر از دستگاه چغندرشویی کلاسیک یا حوض چغندرشویی استفاده می‌شود.

از جمله دستگاه‌های شستشوی چغندر<sup>۱</sup> انواع زیر می‌باشند:

#### ۱- دستگاه شستشوی چغندر مجهز به بازوی چرخان<sup>۲</sup>:

در ایران اغلب از این دستگاه برای شستشوی چغندر استفاده می‌کنند. کاربرد این دستگاه منجر به ضایعات قندی بیشتری می‌شود. یکی از علل این مساله زیادتر بودن زمان شستشو در این دستگاه است. زیرا چنانچه زمان شستشو زیاد باشد ضایعات قندی مرحله شستشو بیشتر می‌شود و در نتیجه مقدار مواد آلی موجود در پساب‌های خروجی از کارخانه BOD<sup>۳</sup> پساب‌های مذکور افزایش می‌یابد. چنین پساب‌هایی آلوده‌کننده محیط زیست هستند.

#### ۲- دستگاه شستشوی چغندر مجهز به آبفشان

#### ۳- دستگاه شستشوی چغندر با استوانه چرخان

مصرف آب در حوض شستشوی چغندر 200 درصد (ینی 2 برابر وزن چغندر) می‌باشد. در این حوض از پرکلرین جهت ضدعفونی کردن استفاده می‌شود.

پس از خروج از حوض چغندرشویی، چغندرها به بونکر چغندر می‌روند که این مخزن مصرف 20-30 دقیقه کارخانه را تأمین می‌کند و فشار لازم را برای خرد کردن تأمین می‌کند در صورتی که ارتفاع بونکر خیلی بلند باشد به دلیل اعمال فشار زیاد سبب ایجاد مشکل می‌شود.

#### تهیه خلال و استخراج قند از چغندر قند

در گذشته جهت استحصال شیره چغندر آن را پرس می‌کردند از آن جایی که این عمل نه اقتصادی است و نه اصولاً در حجم بسیار بالای امروزی قابل انجام است بنابراین امروزه چغندرها را آسیاب می‌کنند.



جهت تبدیل چغندر به خلال<sup>۱</sup> از دستگاه آسیاب خلال<sup>۲</sup> استفاده می‌شود که نوعی استوانه عمودی است که در قسمت پایین به صورت قیف در آمده و در کف آن صفحه‌ای افقی چرخان وجود دارد. سطح قاعده آن 12-16 خانه چهارگوش بریده شده است. در داخل این بریدگی‌ها قاب‌های چدنی قرار می‌گیرد که حامل تیغه‌های خلال می‌باشند تیغه‌ها طوری قرار می‌گیرند که تیزی آن‌ها به سمت بالا باشد. هر تیغه دارای تعدادی دنده برای برش دادن چغندرها می‌باشد. تعداد دنده در تیغه‌ها ثابت نیست هر چه تعداد دنده‌ها در تیغه بیشتر باشد خلال با پهنای کمتر ایجاد می‌شود.

از جمله دلایل تبدیل چغندر به برش‌های نازک خلال با مقطع عرضی V، موارد زیر است:

۱- ایجاد خلال سبب می‌شود در مرحله شربت‌گیری در دیفوزیون حرارت بهتر در سلول‌ها نفوذ نموده و سلول‌ها را از حالت زنده خارج کرده و جداره سلول‌ها را قابل نفوذ سازد تا قند به راحتی از آن‌ها بیرون آید.

۲- سرعت حرکت قند ساکارز از سلول‌های مرکزی خلال به خارج از آن، تابع ضخامت خلال است هر چه این ضخامت کمتر باشد، ساکارز زودتر از خلال خارج می‌شود.

۳- در داخل دستگاه دیفوزیون، خلال‌ها باید به خوبی توسط آب گرم احاطه شوند و آب به راحتی در بین خلال‌ها حرکت کند. شکل خاص مقطع عرضی خلال سبب می‌شود که از چسبیدن خلال‌ها به هم جلوگیری شود. وقتی خلال‌ها به یکدیگر بچسبند خروج قند به خوبی انجام نمی‌گیرد.

۴- شکل خاص خلال، سطح تماس آن را بیشتر می‌کند و باعث تسریع خروج مواد قندی از خلال می‌شود.

تیغه‌هایی که برای خلال استفاده می‌شود به سه شکل اصلی است:

الف) 19 دندانه

ب) 23 دندانه

ج) 26 دندانه

خلال به دست آمده از تیغه‌های با دندانه بیشتر ظریف‌تر می‌باشد.

در مورد چغندرهایی با کیفیت پایین (انواع یخ زده و فاسد) از تیغه‌های 19 دندانه استفاده می‌شود تا خلال ضخیم‌تر باشد. از خلال‌های ظریف به دست آمده از تیغه‌های 26 دندانه، قند زیادی خارج می‌شود اما این تیغه‌ها بسیار حساس هستند بنابراین استفاده از تیغه‌های 23 دندانه برای چغندره‌های سالم از همه رایج‌تر است.

ظرفیت یا مقدار چغندر مصرفی در آسیاب خلال بستگی به تعداد تیغه‌ها و نیز دور آسیاب خلال و قطر صفحه دارد. گام تیغه برای چغندر سالم 4mm و برای چغندر فاسد 5-7mm است. ضخامت خلال معمولاً بین 0.9-1.3 میلی‌متر می‌باشد.

**کیفیت خلال با سه شاخص تعیین می‌شود:**

۱- عدد سیلین:

طول ۱۰۰ گرم خلال را عدد سیلین گویند که بستگی به وضعیت تیغه‌های آسیاب خلال دارد. عدد سیلین بیان‌کننده درجه ظریف بودن خلال و سطح مخصوص خارجی خلال است.

عدد سیلین پارامتری برای تعیین کیفیت خلال است و در صورتی که بیش از 20 متر باشد مرغوب است. عدد نرمال آن حدود 15 متر است در صورتی که عدد سیلین کوچکتر از 10 متر باشد نامرغوب می باشد. نکته: مقدار عدد سیلین در دیفوزورهای افقی باید بیشتر از انواع عمودی می باشد.

## ۲- عدد سوئدی:

نسبت مقدار خلال های بزرگتر یا مساوی 5cm به وزن خلال های کوچکتر یا مساوی 1cm در 100 گرم خلال است. عدد سوئدی خوب باید بیشتر از 10 باشد ولی بهترین عدد بین 15-20 است. این اندیس معیاری جهت عبور شربت از لابلای خلال است. در صورتی که عدد سوئدی کمتر از 10 باشد نامرغوب است.

$$\text{عدد سوئدی} = \frac{\text{وزن خلال های بزرگ تر از 5 cm}}{\text{وزن خلال های کوچک تر از 1cm}}$$

## ۳- عدد موس<sup>۱</sup> یا نرمه:

نرمه به خلالی گویند که اندازه آن کوچکتر یا مساوی 1cm است. بنابراین وزن چنین خلالی را عدد موس گویند. این رقم بین 2-3 درصد نرمال است و هیچگاه نباید از 5 درصد تجاوز کند.

علل ایجاد نرمه عبارتند از:

- ۱- دور زیاد آسیاب خلال
  - ۲- قرار گرفتن برگ و علف لابلای تیغه های آسیاب خلال
  - ۳- کند بودن بیش از حد تیغه های آسیاب خلال
  - ۴- زیادی بیش از حد تعداد دندانهای تیغه آسیاب خلال.
- وجود نرمه زیاد سبب مشکل شدن کار صافی ها و افزایش ورود ناخالصی ها به درون شربت می گردد ضمن این که نرمه بین خلال ها قرار گرفته و حالت فشردگی ایجاد می کند پس تمام خلال با آب در تماس قرار نمی گیرد و خروج قند به خوبی انجام نمی گیرد.

## ترازوی خلال<sup>۲</sup>

بعد از تهیه خلال و قبل از ورود به دیفوزیون به طور مداوم وزن خلال ها اندازه گیری می شود تا مشخص شود چه مقدار چغندر به صورت خلال وارد فرآیند شده است.

### ۱- ترازوهای خودکار تسمه نقاله ای<sup>۳</sup>:

ضمن حرکت خلال توسط تسمه نقاله به سمت دیفوزیون توزین را انجام می دهند. در بعضی از کارخانه ها این ترازو با اصطلاح کرونوس<sup>۴</sup> شناخته می شود.

1. Mus  
2. Cossette scales  
3. Belt – conveyor scales  
4. Chronos

## ۲- ترازوی مریک:

علاوه بر توزین جریان ورودی خلال به دیفوزیون، می‌تواند بر اساس وزن خلال، وزن آب مصرفی در دیفوزیون را نیز به طور مداوم کنترل کند.

## - تعیین درصد قند خلال:

قبل از ورود خلال‌ها به دیفوزیون، از روی نوار نقاله نمونه‌برداری می‌کنند و درصد قند خلال را اندازه‌گیری می‌کنند. به درصد قند خلال دیژسیون می‌گویند.

## روش‌های مختلف عصاره‌گیری

### ۱- روش سانتریفوژ کردن:

این روش از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است ولی به طریقه صنعتی عملی نشده است.

### ۲- روش پرس کردن:

از این روش در صنعت قند نیشکری استفاده می‌شود.

### ۳- روش استفن:

در این روش حدود 80 درصد ساکارز از طریق پرس کردن خلال تغییر فرم یافته و یا دنا توره شده در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  به مدت 3 دقیقه استخراج می‌شود. از این روش در مناطقی که تولید چغندر بالا و میزان علوفه کم است استفاده می‌گردد.

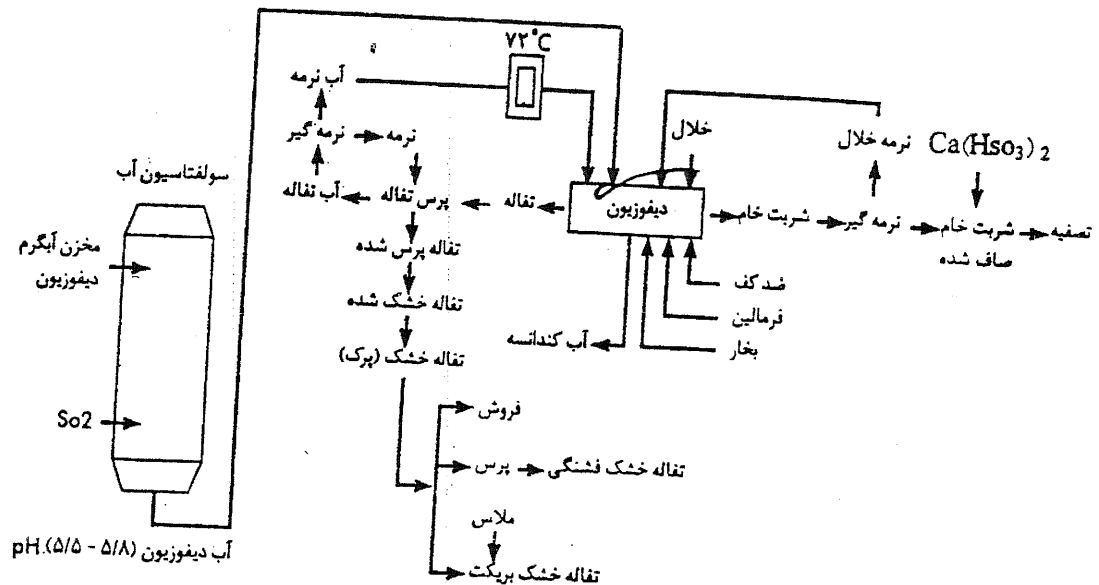
### ۴- روش استخراج:

در این روش یک یا چند ماده به وسیله یک خلال از یک حامل استخراج می‌شود و خود شامل سه روش زیر می‌باشد.

استخراج جامد - مایع (استخراج یک ماده از جامد توسط یک مایع مثل استخراج شکر از چغندر) استخراج مایع - مایع (عصاره‌گیری از یک مایع توسط مایع دیگری که در آن غیر قابل حل است) و استخراج گاز - مایع (از یک مخلوط گاز یک یا چند عضو آن در یک مایع حل شده و استخراج می‌شود).

استخراج ساکارز از چغندر قند باید شامل شرایط زیر باشد:

- ۱- تا حد امکان استخراج کامل انجام شود
- ۲- این عمل سریع و در دستگامی با حجم کم انجام شود.
- ۳- آب کمتری در این پروسه مصرف شود.
- ۴- شکر استحصالی درجه خلوص بالایی داشته باشد.



### کلیه مواد ورودی و خروجی در دیفوزیون

اساس دیفوزیون استخراج شربت خام با حداکثر درجه خلوص و حداقل درصد قند در تفاله می‌باشد. خروج قند از سلول‌های خلال بر مبنای پدیده انتشار است بنابراین از قانون فیک تبعیت می‌کند.

$$\frac{ds}{dt} = D_f \cdot A \frac{dc}{dr}$$

$\frac{ds}{dt}$ : مقدار شکر که در واحد زمان بر حسب  $\frac{kg}{s}$  از خلال خارج می‌شود.

$D_f$ : ضریب دیفوزیون یا ضریب انتشار است و به ویسکوزیته، دما، اندازه ذرات ماده محلول و نوع ماده‌ای که انتشار می‌یابد بستگی دارد. با افزایش دما و کاهش اندازه ذرات، این ضریب افزایش می‌یابد برخی از مواد غیر قندی و ناخالصی‌ها ضریب دیفوزیون بالاتری از ساکارز دارند یعنی در غلظت مساوی با ساکارز انتشار و نفوذ آن‌ها سریع‌تر انجام می‌گیرد.

$A$ : سطح مؤثر خلال (سطحی که از طریق آن تبادل انجام می‌شود)

$dc$ : تفاوت غلظت قند سلول‌های چغندر با شربت

$dr$ : ضخامت خلال

از این قانون نتیجه گرفته می‌شود که :

- ۱- هر چه اختلاف غلظت ( $dc$ ) بین قند موجود در آب و قند موجود در چغندر بیشتر باشد سرعت قندگیری بیشتر است.
- ۲- هر چه ضخامت خلال یا مسافتی که مولکول‌های شکر باید طی کنند تا به خارج برسند ( $dr$ )، کمتر باشد سرعت انتقال بیشتر می‌شود یا به عبارتی هر چه خلال نازک‌تری تهیه شود سرعت انتشار و خروج قند بیشتر می‌شود.
- ۳- هر چه دما بالاتر رود سرعت اسمز بیشتر می‌شود.
- ۴- هر چه سطح انتقال ( $A$ ) بیشتر شود سرعت انتشار بیشتر می‌شود.

۵- هر چه زمان فرآیند بیشتر شود میزان قند استحصال شده بیشتر است.

از آنجایی که در سلول زنده چغندر، عبور ساکارز از دیواره سلول مقدور نیست بنابراین بایستی به طریقی دیواره سلولی را برای عبور ساکارز آماده نمود. در این حالت از پدیده دناتوره کردن سلول‌ها که به روش‌های زیر انجام می‌شود، استفاده می‌گردد:

### ۱- روش مکانیکی:

دیواره سلولی تخریب شده و تبدیل به خمیر می‌شود. در این صورت مواد غیرقندی زیادی به شربت وارد می‌شود.

### ۲- روش شیمیایی:

با توجه به مشکلات کاری و حساسیت ساکارز به مواد شیمیایی از این روش استفاده نمی‌شود.

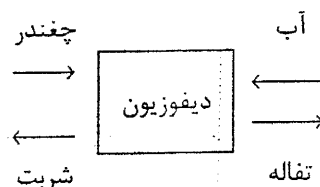
### ۳- روش حرارتی:

در عمل برای دناتوره کردن دیواره سلول‌ها از دو روش مکانیکی (تبدیل چغندر به خلال) و حرارتی (بالا بردن دمای خلال تا 80°C-75) استفاده می‌شود.

در دمای پائین‌تر از این سلول‌ها دناتوره نمی‌شوند و در دمای بالاتر از این نیز مواد پکتیکی دیواره سلولی به شربت افزوده شده و مشکلاتی را در صافی‌ها به وجود می‌آورند و علاوه بر آن دمای بالاتر از 80°C باعث تورم مواد پکتیکی می‌شود و این امر در قسمت پرس تفاله سبب می‌شود که تفاله دارای ماده خشک کمتری باشد، در نتیجه ضایعات قندی افزایش یابد.

سیستم‌های دیفوزیون به دو نوع غیر مداوم یا باتری (زمان طولانی و محدودیت ظرفیت) و دیفوزیون‌های مداوم تقسیم می‌شوند. در دیفوزیون‌های مداوم خلال از یک طرف و آب از طرف دیگر وارد دیفوزیون می‌گردد به عبارت دیگر دیفوزیون دارای سیستم غیرهمسو می‌باشد. شربت خام و تفاله آب‌دار نیز از آن خارج می‌شود. به این ترتیب شربت خام از سمت ورودی خلال خارج می‌شود و تفاله از سمت ورودی آب به بیرون منتقل می‌شود.

در اغلب دیفوزورها بخشی به نام پیش‌گرم‌کن (مایشه) وجود دارد که خلال قبل از ورود به دیفوزور به آن وارد می‌شود و ضمن مخلوط شدن با شربت خام خروجی از دیفوزور که دمایی بالایی دارد گرم شده و آماده شربت‌گیری می‌شود.



تراز وزنی آن‌چه به سیستم وارد و یا از آن خارج می‌شود باید با هم برابر باشد.

$$m_{ch} + m_A = m_{sh} + m_{To} \rightarrow \text{ch: چغندر, A: آب, sh: شربت, To: تفاله}$$

مقدار چغندر مصرفی را به طریقه توزین، مقدار آب و مقدار شربت را از طریق کنتور یا محاسبه، اندازه‌گیری می‌شود. در مورد مقدار تفاله سه عامل نقش دارد که عبارتند از:

۱- مواد نامحلول موجود در چغندر یا همان مارک،

۲- مقدار درصد قند

۳- مقدار ماده خشک تفاله.

به طور کلی  $\frac{1}{3}$  چغندر مصرفی را تفاله محاسبه می‌کنند یعنی از 100 کیلوگرم چغندر مصرف شده 33.3 کیلوگرم تفاله تولید می‌شود که 22 درصد تفاله، ماده خشک است یعنی تقریباً به ازای هر 100 کیلوگرم چغندر 6 کیلوگرم ماده خشک در تفاله داریم.

### عوامل مؤثر بر شربت‌گیری از خلال:

۱- دما

۲- کشش وزنی

۳- pH آب مورد استفاده

۴- مدت زمان استخراج قند

۵- کیفیت خلال

۶- فعالیت‌های میکروبی

### ۱- درجه حرارت:

دمای مناسب در دیفوزیون بین  $72^{\circ}\text{C}$  -  $75^{\circ}\text{C}$  است. برای چغندره‌های یخ‌زده دمای  $68^{\circ}\text{C}$  و آن‌هایی که دارای بافت خشبی هستند دمای  $74^{\circ}\text{C}$  -  $78^{\circ}\text{C}$  مناسب می‌باشد.

مزایای کاربرد دمای مناسب در دیفوزیون:

۱- سبب دناتورده کردن پروتئین‌های دیواره سلولی و در نتیجه تسریع استخراج قند (افزایش سرعت اسمز)

۲- کاهش بار میکروبی در دیفوزیون (کاهش عفونت)

۳- توقف فعالیت‌های آنزیمی

۴- انعقاد پروتئین‌ها در اثر حرارت که مانع ورود آن‌ها به شربت می‌شود.

در صورتی که دما از حد مناسب بیشتر باشد (به ویژه اگر از  $80^{\circ}\text{C}$  تجاوز کند) موارد زیر رخ می‌دهد:

۱- پکتین و سایر مواد کلوییدی وارد شربت می‌شوند به این ترتیب درجه خلوص شربت کاهش و ویسکوزیته آن افزایش می‌یابد که

سبب اشکال در کار صافی‌ها و دکانتورها می‌شود.

۲- در این حالت تفاله حالت لزج‌تری به خود می‌گیرد و پرس آن خوب انجام نمی‌شود.

۳- ماده خشک تفاله کمتر می‌شود.

• اگر دمای مورد استفاده از حد مناسب کمتر باشد، موارد زیر رخ می‌دهد:

۱- میزان ضایعات قندی از طریق تفاله افزایش می‌یابد

۲- فعالیت میکروارگانیسم‌ها بیشتر می‌شود

۳- احتمال فعالیت آنزیمی هم در این حالت وجود دارد.

## ۲- کشش شربت یا سوتیراژ یا درافت !

نسبت وزن شربت خام تولید شده به وزن خلال ورودی به دیفوزور را کشش شربت یا سوتیراژ می‌نامند که برحسب درصد بیان می‌شود. کشش شربت بین 120 - 105 درصد قرار دارد که به لحاظ مسایل صرفه‌جویی در انرژی، امروزه کشش 105 بهترین کشش شربت می‌باشد. با افزایش کشش وزنی میزان قند تفاله کاهش می‌یابد اما در این حالت به علت این که آب زیادی در دیفوزیون مصرف شده بریکس کاهش یافته و ناخالصی‌ها نیز وارد شربت می‌شوند. در نتیجه درجه خلوص هم کاهش می‌یابد ضمن این که در مرحله تغلیظ جهت جداسازی این آب اضافی باید انرژی زیادی مصرف نمود. اما اگر کشش وزنی کم شود درصد قند تفاله افزایش یافته و بریکس و درجه خلوص شربت هم افزایش می‌یابد. زیرا در این حالت غیرقندی‌ها فرصت ورود به شربت را پیدا نمی‌کنند.

$$\text{درصد ضایعات قندی تفاله نسبت به چغندر مصرفی - درصد قند خلال} \times 100 = \text{کشش وزنی \%} = \frac{\text{درصد قند شربت خام}}{\text{درصد ضایعات قندی تفاله نسبت به چغندر مصرفی - درصد قند خلال}} \times 100$$

## ۳- زمان دیفوزیون:

زمان دیفوزیون بستگی به وضعیت چغندر قند و نیز نوع دستگاه‌های مورد استفاده دارد و معمولاً بین 80-50 دقیقه می‌باشد. بین ضایعات قندی در تفاله با زمان دیفوزیون و کشش شربت رابطه عکس وجود دارد. افزایش بیش از حد زمان سبب ورود ناخالصی‌ها به درون شربت و کاهش درجه خلوص آن و نیز احتمال فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود. اگر زمان دیفوزیون کم باشد فرصت کافی جهت استخراج قند وجود نداشته و در نتیجه ضایعات قندی افزایش می‌یابد. یعنی بخش زیادی از قند وارد تفاله می‌شود. هر چه زمان دیفوزیون افزایش یابد سرعت آن کاهش می‌یابد که دلیل آن کاهش اختلاف غلظت بین سلول‌ها و شربت می‌باشد به همین دلیل سیستم دیفوزیون‌ها از نوع غیرهمسو طراحی شده است تا همواره اختلاف غلظت بین دو فاز وجود داشته باشد. از سوی دیگر هر چه که به انتهای دیفوزیون نزدیک می‌شویم (یا زمان دیفوزیون طولانی‌تر می‌شود) سرعت خروج مواد غیرقندی از مواد قندی بیشتر می‌شود که به این ترتیب درجه خلوص شربت کاهش می‌یابد.

## ۴- pH آب دیفوزیون:

بهترین آب جهت دیفوزیون آب کندانس می‌باشد که در نتیجه تقطیر بخار اویراتورها بدست می‌آیند. مقدار آب مصرفی دیفوزیون بستگی به سیستم استخراج قند و نیز کشش شربت دارد و در دیفوزیون‌های غیر مداوم (امروزه منسوخ شده‌اند) مقدار آب مصرفی 210% - 200 وزن خلال می‌باشد اما در دیفوزورهای مداوم به طور معمول مقدار آب 100-70 درصد وزن خلال مصرفی است.

- pH آب مورد استفاده بین 5.5 - 5.8 است.
- در pH کمتر از 5.5 احتمال خوردگی دستگاه‌ها و نیز انورسیون ساکارز وجود دارد.
- در pH بالاتر نیز ترکیبات پکتیکی هیدرولیز شده، وارد شربت می‌شوند که ضمن کاهش درجه خلوص سبب ایجاد اشکال در پرس تفاله و دکانتورها می‌شود. حجم گل نیز افزایش می‌یابد. اگر آب دیفوزیون قلیایی باشد رنگ تفاله سبز مایل به زرد می‌شود.
- آب مورد استفاده در دیفوزیون نباید قلیایی و سخت باشد زیرا pH قلیایی و سختی باعث افزایش ملاس می‌شود. البته آب سخت ماده خشک تفاله را بالا می‌برد. اسیدی کردن مقدار  $Ca^{2+}$  و  $AL^{3+}$  ماده خشک تفاله را افزایش می‌دهد.

• جهت کاهش pH آب ورودی به دیفوزیون به آب کندانس، گاز دی اکسید گوگرد می زنند که از سوزاندن گوگرد حاصل شده است. به این ترتیب pH خروجی از دیفوزیون حدود 6 حفظ می شود. گاهی نیز جهت اسیدی کردن آب به آن اسید سولفوریک یا کلریدریک می زنند. با توجه به این که در شربت خام آمینواسیدها حضور دارند، این شربت حالت بافری<sup>۱</sup> (تامپون) داشته و تغییرات pH آن چندان زیاد نیست.

#### ۵- کیفیت خلال مصرفی:

سطحی از خلال که در معرض عمل دیفوزیون قرار می گیرد تا حد امکان باید زیاد باشد و خلال باید مقطع عرضی به شکل V و ضخامتی مناسب داشته باشد. در این مورد وضعیت چغندرها نیز مهم است. که جهت ارزیابی آن از عدد سیلین (معرف سطح خلالها) عدد سوئدی (معیاری جهت عبور بهتر شربت از لابه لای خلالها) و عدد نرمة (معیاری از طرز کار تیغه های آسیاب) استفاده می شود.

#### ۶- فعالیت های میکروبی در دیفوزیون:

به فعالیت های میکروبی درون دیفوزیون اصطلاحاً عفونت گفته می شود. مهمترین باکتری هایی که در دیفوزیون احتمال حضور آنها وجود دارد لاکتوباسیلوسها می باشند هم چنین لوکونوستوک مزترئوئیدوس (تولیدکننده دکستران) و باسیلوس سوبتلیس (تولیدکننده لوان) هم اهمیت زیادی در صنعت قند دارند.

• مهمترین عوامل ایجاد کننده عفونت در دیفوزیون عبارتند از:

- ۱- گل و خاک همراه با چغندر،
- ۲- آب مصرفی: از آن جایی که آب کندانس حاصل از اوپراتور و کندانسور - بارومتریک است، ترموفیلها می توانند خود را با این شرایط وفق دهند.
- ۳- توقف دیفوزیون به دلیل برداشته شدن حرارت، به خصوص در بخش ورودی یا خروجی.

#### راه های شناخت عفونت

##### ۱- کشت میکروبی

بهترین روش برای شناسایی فعالیت میکروارگانیسمها در دیفوزیون کشت میکروبی است این روش اطمینان بالایی دارد اما به دلیل زمان طولانی قابل انجام نمی باشد.

##### ۲- اندازه گیری نیتريت

از آن جا که میکروارگانیسمهایی مثل باسیلوس استئاروترموفیلوس، نیترات را به نیتريت تبدیل می کنند از این روش می توان استفاده کرد. اما به دلیل زمان طولانی لازم برای اندازه گیری نیتريت این روش نیز قابل استفاده نمی باشد.

##### ۳- تعیین قند انورت

در هر تجزیه ساکاریز ابتدا قند انورت تشکیل می شود پس با اندازه گیری آن می توان به میزان فعالیت میکروارگانیسمها پی برد، آن جایی که قسمت عمده ای از قند انورت تولیدی بلافاصله به مواد دیگر تبدیل می شود این روش نیز قابل استفاده نیست.



#### ۴- اسیدیته

میکروارگانسیم‌ها قسمت عمده ساکارز را در نهایت تبدیل به اسید می‌کنند اما این روش نیز قابل قبول نیست چون قسمت عمده اسید تولیدی از طریق پکتین جذب تفاله می‌شود.

#### ۵- تعیین pH

به سبب تبدیل ساکارز به اسید با تعیین pH می‌توان به عفونت دیفوزیون پی برد. اشکال این روش خارج شدن بیشتر اسیدها با پکتین و ورود آن‌ها به تفاله نیز تامپونی بودن شربت خام می‌باشد پس ممکن است تغییرات pH نداشته باشیم اما با وجود این مسایل امروزه این روش مرسوم‌ترین روش تعیین عفونت در دیفوزیون می‌باشد. زیرا از تمام روش‌های دیگر سریع‌تر است.

#### معایب عفونت

##### ۱- ایجاد گاز:

در اثر این عمل خلال به قسمت بالای دیفوزیون منتقل می‌شود و عمل اسمز به خوبی انجام نمی‌شود.

##### ۲- تجزیه ساکارز:

این امر سبب تولید قند انورت می‌شود این قند خود به اسید لاکتیک تبدیل می‌شود و با کلسیم تشکیل لاکتات کلسیم می‌دهد که سبب افزایش سختی شربت می‌شود. میزان ساکارز مصرف شده توسط میکروارگانسیم‌ها که از دسته ضایعات نامعلوم کارخانه قند است حتی ممکن است به 0.15 - 0.1 درصد نیز برسد.

##### ۳- تولید پلی‌ساکاریدها

در نتیجه عمل میکروارگانسیم‌ها ترکیباتی مثل لوآن و یا دکستران تولید می‌شود که در صافی‌ها و دکانتور ایجاد مشکل می‌کند. باسیلوس سوبتلیس با تجزیه ساکارز، لوآن تولید می‌کند که پلی‌مری از فروکتوز است. و لوکونوستوک مزنتروئیدوس تولید دکستران می‌نماید.

##### ۴- افزایش رنگ و سختی شربت:

هر تجزیه ساکارزی توأم با تشکیل رنگ می‌باشد. به این ترتیب ضمن افزایش رنگ شربت، رنگ شکر نیز افزایش خواهد یافت. ضمن این‌که در اثر فعالیت میکروارگانسیم‌ها بخشی از ساکارز تبدیل به اسید لاکتیک می‌شود و اسید لاکتیک تولید لاکتات کلسیم محلول می‌نماید که به این ترتیب سختی شربت افزایش می‌یابد.

##### ۵- افزایش ملاس:

مواد غیر قندی ناشی از تجزیه ساکارز به عنوان ترکیباتی ملاس‌زا عمل می‌کنند و مانع کریستالیزاسیون ساکارز می‌شوند. برای جلوگیری از عفونت داخل دیفوزیون باید از مواد آنتی‌سپتیک استفاده کنیم. برای این منظور در ایران از فرمالین 30-40 درصد به مقدار 30 گرم برای هر تن چغندر استفاده می‌شود.

- بهترین محل برای افزودن فرمالین وسط دیفوزیون است.
- آب تفاله دارای فلورمیکروبی بالایی است پس به آب تفاله  $SO_2$  اضافه می‌کنند.
- اضافه کردن فرمالین به آب تفاله توصیه نمی‌شود زیرا  $SO_2$  فرمالین را نابود می‌کند.

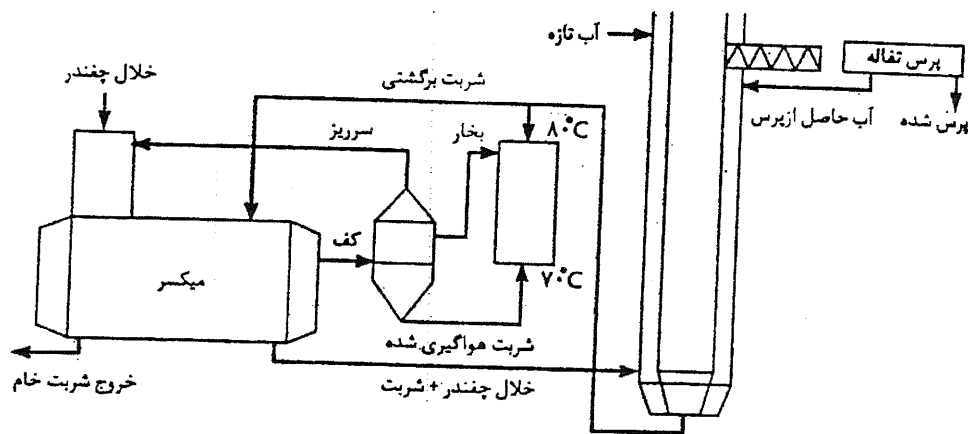
### انواع دیفوزورها:

انواع مهم دیفوزیون‌ها مداوم شامل برجی، DDS، RT، Desmith می‌باشد تفاوت این ۴ نوع در روش گرم کردن نمونه، تأمین دمای دیفوزیون و نیز افقی یا عمودی بودن آن‌هاست.

### الف) دیفوزیون برجی یا B.M.A :

جدیدترین نوع دیفوزیون مداوم است این دیفوزیون بالاترین ظرفیت را دارا می‌باشد. از یک بخش افقی و یک بخش عمودی تشکیل شده است. بخش افقی گرمکن یا مایشه و بخش عمودی برج نام دارد. در مایشه دیواره سلولی دناتوره شده و تراوایی آن زیاد می‌گردد.

- برای گرم کردن خلال از شربتی که از برج گرفته می‌شود یا شربتی که از خود بدنه گرفته شده، گرم شده و مجدداً وارد مایشه می‌گردد استفاده می‌شود. خلال و شربت توسط پمپ از مایشه کشیده شده و وارد انتهای برج می‌شوند و توسط پاروهای به سمت بالای برج حرکت می‌کنند در این حالت آب نیز از بالای برج در جهت عکس حرکت خلال به سمت پایین در حال حرکت است. تفاله خارج شده از بالای برج به قسمت پرس تفاله می‌رود. آب پرس جدا شده از تفاله به قسمت بالای برج منتقل شده و کمی پایین تر از محل ورودی آب تازه، وارد برج می‌شود.



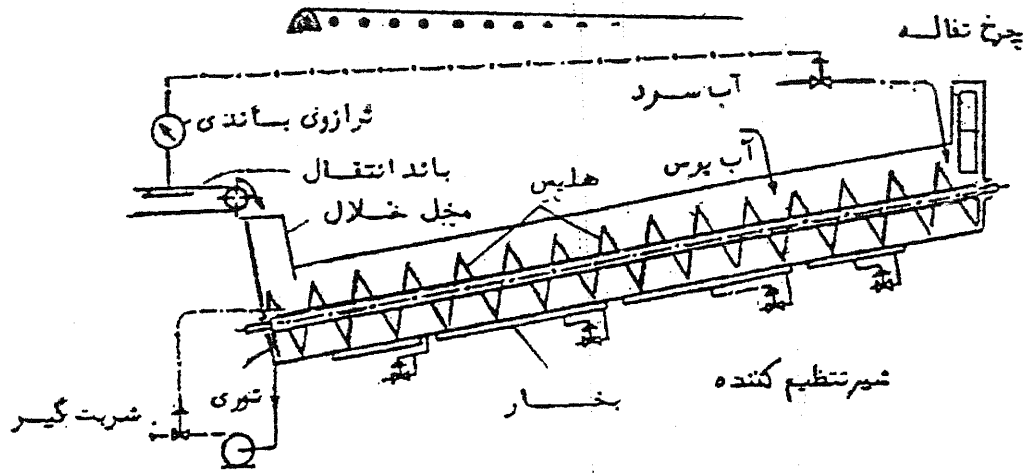
ساختمان دیفوزیون برج

### ب) سیستم D.D.S :

این سیستم افقی، دو جداره و دوار است. این دیفوزیون بدون رزرو می‌باشد. از دو نیم استوانه که به یکدیگر متصل شده و با خط افق زاویه  $8^\circ$  دارند، تشکیل شده است. این سیستم فاقد دیگ حرارتی (مایشه) می‌باشد.

- گرم کردن این سیستم از طریق تزریق مستقیم بخار بین دو محفظه و گرم کردن آب تازه و آب پرس انجام می‌گیرد.

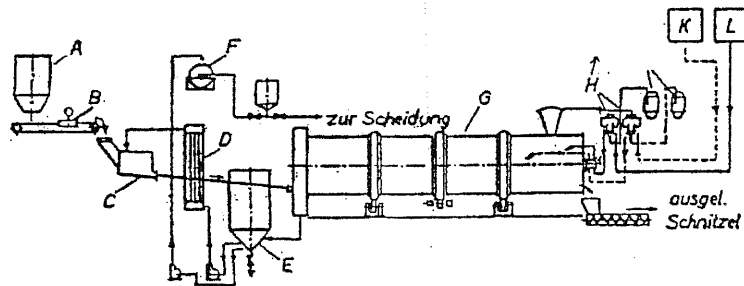
در داخل دستگاه دو هلیس قرار دارد که با حرکت خود خلال‌های وارد شده به دستگاه را در خلاف جهت آب ورودی (آب تازه و آب پرس) به جلو می‌رانند.



ساختمان دیفوزیون DDS

ج) سیستم R.T !

این دیفوزیون از نوع تحت فشار است. استوانه‌ای است که روی غلتک‌های خاصی به طور افقی و زاویه‌دار قرار گرفته و دارای حرکت ملایمی به دور خود است. در جداره داخلی دستگاه تیغه‌های ماریچی قرار دارد که با حرکت دورانی استوانه، خلال‌ها در جهت خلاف حرکت آب گرم ورودی به جلو رانده می‌شوند. دارای دیگ حرارتی بوده و گرم کردن از طریق تزریق مستقیم بخار به دیفوزیون، گرم کردن آب تازه و آب پرس و داغ کردن شربت صورت می‌گیرد. در این دیفوزیون برای کاهش pH دیفوزیون، به شربت خام، سولفیت هیدروژن کلسیم  $CaH(SO_4)_2$  اضافه می‌کنند که به روی ساکارز اثر منفی ندارد و نیز خلوص شربت خام را بالا می‌برد و سبب افزایش سرعت رسوب کردن کربنات کلسیم در دکانتور می‌شود.



ساختمان دیفوزیون RT

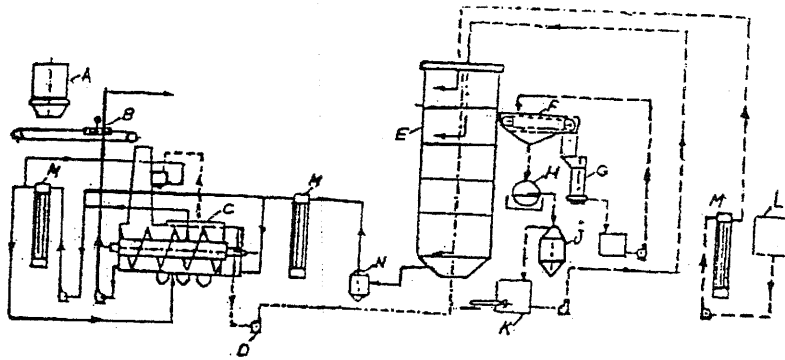
د. - دیفوزیون De Smith :

این دیفوزیون هم از نوع تحت فشار می‌باشد.

این سیستم افقی و دارای دیگ حرارتی است. جهت حرکت خلال و شربت عمود بر هم می‌باشد و انرژی لازم برای دنا توراسیون سلول‌های چغندر از طریق گرم کردن شربت‌های استحصالی در هر مرحله و گرم کردن آب تازه و آب پرس تأمین می‌شود.

### هـ) دیفوزیون برجی (عمودی) بوکاولف<sup>۱</sup>:

این دیفوزیون شباهت زیادی به B.M.A دارد مانند همان دیفوزیون جدید است و ظرفیت بالا دارد. قسمت اصلی آن شامل استوانه‌ای عمودی است که ماریچی در آن گردش می‌کند. البته تفاوت‌هایی در طراحی قسمت داخلی برج و پیش‌گرم‌کن در این دو دیفوزیون وجود دارد. دیفوزیون بوکاولف از نوع رزرو است.



ساختمان دیفوزیون بوکاولف

به طور کلی دیفوزیون‌هایی که دارای دیگ حرارتی یا مایسه هستند بهتر از انواع فاقد مایسه عمل می‌کنند چون در حین جداسازی قند، عمل گرم کردن هم صورت می‌گیرد.

نکته: به درصد قندی که از کل قند موجود در خلال استخراج می‌شود درجه دیفوزیون گویند.

به‌طور کلی میزان پرس شدن دیفوزیون در انواع بدون فشار یا بدون رزرو 65-75 کیلوگرم در 100 لیتر و در انواع تحت فشار 55 توضیح کیلوگرم در 100 لیتر می‌باشد.

### پرس تفاله

تفاله تر خارج شده از دیفوزیون حدود 93 درصد آب و 7 درصد ماده خشک دارد بنابراین نگهداری و جابه‌جایی آن مشکل است پس این تفاله پرس می‌شود تا بخش اصلی آب آن همراه با قسمتی از قند به دیفوزیون برگشت داده شود. محل ورود آب پرس به دیفوزیون کمی پایین‌تر از محل ورودی آب تازه می‌باشد.

در صورتی که بخواهیم میزان ماده خشک تفاله پرس‌شده بیشتر شود و تفاله به نجو بهتری فشرده گردد از روش‌های زیر می‌توان استفاده کرد:

۱- استفاده از مواد کمک‌کننده جهت فشرده سازی تفاله مثل ترکیبات کلسیم (کلرورکلسیم و سولفات کلسیم) که با ترکیبات پکتیکی موجود در تفاله واکنش داده و ایجاد پکتات کلسیم نامحلول می‌کنند و بافت تفاله تا حدی ترد شده و بهتر پرس می‌شود.

۲- استفاده از گاز گوگرد و تنظیم pH آب تازه در دیفوزیون

۳- استفاده از دستگاه‌های فشرده‌سازی شدید تفاله<sup>۲</sup> که دارای قدرت بیشتری نسبت به دستگاه‌های معمولی هستند.

وقتی تفاله پرس شده ماده خشک بیشتری داشته باشد در میزان حرارت لازم برای خشک کردن آن صرفه جویی می شود ولی از سوی دیگر با اعمال این روش ناخالصی های بیشتری از طریق آب پرس وارد شربت خام می شود و کار تصفیه شربت خام مشکل تر خواهد شد.

## مزایای برگشت آب پرس

۱- کاهش ضایعات قندی

۲- کاهش میزان آب مصرفی:

در حالت عادی آب مورد نیاز 70-100 درصد چغندر مصرفی است اما در صورت استفاده از آب پرس برگشتی این میزان به 35-50 چغندر مصرفی کاهش می یابد.

۳- کاهش میزان فاضلاب و آلودگی محیط زیست

۴- کاهش میزان سوخت:

چون آب تفاله پرس شده دارای مقادیری گرما می باشد مصرف آن سبب صرفه جویی در سوخت کارخانه می شود.

۵- افزایش میزان تفاله:

تفاله تولیدی به میزان 0.2 درصد افزایش می یابد به این دلیل که ذرات ریزی در آب پرس وجود دارد که اگر به دیفوزیون برگردانده شود سبب افزایش میزان تفاله می شوند.

پس از پرس نیز مقداری قند در تفاله باقی می ماند که جز ضایعات قندی کارخانه محسوب می شود و معمولاً بین 0.5 - 0.7 درصد است.

ماده خشک تفاله پس از پرس کردن به حدود 22 درصد می رسد. دمای اپتیمم تفاله برای پرس شدن حدود  $40-50^{\circ}\text{C}$  و pH حدود 5.5 - 5 می باشد

## خشک کردن تفاله

- جهت افزایش ماندگاری تفاله پرس شده، آن ها را در دستگاه تفاله خشک کنی، خشک می کنند.
- خشک کن از نوع Rotary drier است که در آن از هوای گرم حدود  $650^{\circ}\text{C}$  استفاده می شود که عموماً سیستم آن همسوا می باشد به این ترتیب ماده خشک تفاله به حدود 90 درصد می رسد.
- جهت افزایش ارزش غذایی تفاله به عنوان خوراک دام به آن ملاس می زنند در این حالت مقدار ملاس اضافه شده باید در حدی باشد که درصد قند تفاله خشک شده همراه با ملاس به بیش از 25 درصد نرسد.

## تصفیه شربت خام:

در فرآیند تولید شکر، اصلی ترین مرحله، تصفیه شربت خام است. زیرا در این مرحله هر قدر که مواد غیر قندی بیشتری حذف شود نسبت ساکارز به مواد خشک موجود در شربت به بالاترین حد خود می رسد (یعنی درجه خلوص شربت افزایش می یابد) و در نتیجه شربتی حاصل می شود که تولید شکر سفید با کیفیت عالی را ممکن می سازد.

## اهداف کلی تصفیه شربت خام:

- ۱- جداسازی مواد معلق
- ۲- خنثی‌سازی حالت اسیدی شربت خام
- ۳- مهم‌تر از همه جداسازی تا حد ممکن مواد غیر ساکارزی موجود در شربت خام و به این ترتیب افزایش درجه خلوص شربت. شربتی که دیفوزیون را ترک می‌کند (شربت خام) رنگ خاکستری تا سیاه دارد این رنگ به دلیل رنگدانه‌های ملاتینی است که به راحتی قابل حذف است. این شربت دارای بریکس بین 13-16 می‌باشد (برحسب ککش شربت) راحتی قابل حذف است. این شربت دارای بریکس بین 86-87 Q است. که درجه خلوص پایین بیانگر مقدار ناخالصی‌های بالا در شربت می‌باشد. pH این شربت 6 و درجه خلوص آن بین 86-87 Q است. که درجه خلوص پایین بیانگر مقدار ناخالصی‌های بالا در شربت می‌باشد. مواد غیرقندی شربت سبب کاهش درجه خلوص می‌شود این مواد حلالیت ساکارز را افزایش می‌دهند و تقریباً 1.5 برابر مواد غیرقندی، ساکارز به صورت محلول در آخرین پساب کارخانه که ملاس نامیده می‌شود، به صورت محلول از دست می‌رود. بنابراین باید به طریقی بخشی از مواد غیرقندی را حذف کنیم و درجه خلوص را افزایش دهیم تا شکر بیشتری به دست آید.

## دلایل تصفیه شربت خام:

- ۱- شربت چغندر حاوی مواد معلق‌ریزی است که در صورت عدم جداسازی باعث پایین آمدن درجه خلوص و ایجاد مشکل در قسمت صافیها می‌شوند.
- ۲- با توجه به اسیدی بودن شربت خام در دماهای بالا ساکارز هیدرولیز می‌شود و ضایعات قندی به بار می‌آورد بنابراین باید شربت را خنثی نمود.
- ۳- رنگدانه‌های موجود در شربت باعث کاهش کیفیت شکر سفید تولیدی می‌شود.
- ۴- ساپونین موجود در شربت باعث کف کردن آن در اواپراسیون می‌شود.
- ۵- مواد غیر قندی ملاس‌زا، میزان ملاس تولیدی و در نتیجه ضایعات قندی را افزایش می‌دهند.

## روش‌های تصفیه شربت

- ۱- تصفیه شربت به روش کلاسیک قدیم
- ۲- تصفیه شربت به روش کلاسیک جدید
- ۳- تصفیه شربت به روش Dorr
- ۴- تصفیه شربت به روش برانشوئیک
- ۵- تصفیه شربت به روش BMA
- ۶- تصفیه شربت به روش نوبی ساد
- ۷- تصفیه شربت به روش ویکلون

در مرحله تصفیه شربت امروزه از آهک و دی‌اکسیدکربن استفاده می‌شود.

کاربرد شیر آهک و گاز کربنیک مزایای خاصی دارد که به عنوان مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین شیوه تصفیه شیمیایی محسوب می‌شود. برخی از این مزایا به شرح زیر هستند:

- ۱- سنگ آهک در طبیعت به مقدار فراوان و با قیمت ارزان یافت می‌شود.
- ۲- تبدیل سنگ آهک به اکسید کلسیم (آهک) و گاز کربنیک و سپس تهیه شیر آهک از آن آسان است.
- ۳- هنگامی که شیر آهک به شربت خام اضافه می‌شود بخش زیادی از ناخالصی‌های محلول را به صورت نامحلول در آورده و رسوب می‌دهد. همچنین کریستال‌های کربنات کلسیمی که پس از زدن گاز کربنیک به شربت ایجاد می‌شود به سبب خاصیت جذب سطحی که دارند سبب حذف مقدار دیگری از ناخالصی می‌شود.
- ۴- ساکارات کلسیم حاصل از ترکیب آهک با ساکارز در مرحله کربناتاسیون به راحتی تجزیه شده و ساکارز آزاد می‌شود.
- ۵- شیر آهک به سبب داشتن حالت قلیایی، محیط شربت خام را از حالت اسیدی خارج نموده و مانع تجزیه ساکارز می‌شود.

#### نکات مهم:

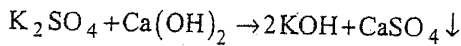
- ۱- هر چه مقدار ساکارز موجود در محلول بیشتر باشد، آهک بیشتری در آن حل می‌شود.
- ۲- حلالیت آهک در شربت با دما رابطه عکس دارد و هر چه حرارت کمتر باشد آهک بیشتری در ساکارز حل می‌شود.
- ۳- هر چه مقدار آهک وارد شده به محلول ساکارز بیشتر باشد و دمای محلول پایین‌تر باشد احتمال ایجاد تری ساکارات کلسیم نامحلول بیشتر می‌شود.
- ۴- در مسیر تصفیه شربت خام باید شرایط به گونه‌ای فراهم شود که احتمال ایجاد تری ساکارات کلسیم کمتر باشد (مثلاً با دمای بالاتر) و ساکارات تشکیل شده از نوع محلول باشد زیرا در صورت ایجاد تری ساکارات نامحلول میزان ضایعات ساکارز در کل شربت بالا می‌رود. ساکارات‌های محلول حاصل در مرحله کربناتاسیون با اضافه شدن دی‌اکسید کربن، ساکارز آزاد می‌کنند.
- ۵- برخلاف مرحله تصفیه در سیستم قندگیری از ملاس به روش استفن باید سعی شود که تا حد امکان ساکارز موجود در ملاس به صورت تری ساکارات کلسیم نامحلول درآمده و از ملاس بازیافت شود. مثلاً با کاهش دما یا افزایش نسبت آهک مصرفی این کار انجام می‌شود.

#### اثر آهک بر روی ترکیبات شربت خام

##### ۱- اثر آهک روی ترکیبات معدنی:

آهک آنیون‌هایی مثل سولفات‌ها و فسفات‌ها را به صورت نمک‌های کلسیم نامحلول در می‌آورد و آماده رسوب می‌سازد اما یون‌های سدیم و پتاسیم به صورت ترکیبات محلول در آمده و در شربت باقی می‌مانند و این توان را دارند که با یون‌های هیدروکسید ( $\text{OH}^-$ ) موجود در شربت تشکیل ترکیبات محلول و شدیداً قلیایی مثل NaOH و KOH بدهند و قلیائیت شربت را افزایش دهند. چون یون‌های سدیم و پتاسیم مذکور از قبل در شربت وجود داشته و در واقع منبع آن‌ها چغندر قند می‌باشد، بنابراین قلیائیت حاصل از آن‌ها را قلیائیت طبیعی<sup>۱</sup> می‌گویند.

در حالی که اگر هیدروکسید سدیم یا هیدروکسید پتاسیم و یا سایر ترکیبات قلیایی به صورت مصنوعی در مراحل فرآیند به شربت اضافه شود قلیائیت پدید آمده از آن‌ها را قلیائیت مصنوعی<sup>۱</sup> می‌نامند. نمونه‌ای از واکنش‌های موارد فوق به صورت زیر است:



## ۲- اثر آهک روی مواد آلی بدون ازت:

الف) اغلب اسیدهای آلی بدون ازت و نمک‌های آن‌ها مثل سیترات‌ها، مالئات و اگزالات‌ها معمولاً با آهک ترکیبات کلسیم نامحلول ایجاد کرده و رسوب می‌کنند. همچنین غالب ترکیبات آلی بدون ازت دیگر مانند ساپونین که در شربت خام وجود دارد معمولاً با آهک ایجاد ترکیبات کلسیم نامحلول کرده و رسوب می‌کنند.

ب ۱- آهک با قلیایی کردن شربت مانع تجزیه ساکارز و تبدیل آن به قند انورت می‌گردد اما بخشی از قند انورت موجود در چغندر در اثر آهک و حرارت بالای آهک خور II تجزیه می‌شود.

ب ۲- اگر مقدار قند انورت خیلی بالا باشد اسیدلاکتیک زیادی به وجود می‌آید و مقدار زیاد این اسید می‌تواند سبب افت قلیائیت و تجزیه بیشتر ساکارز گردد.

ب ۳- بخشی از قندهای انورت که تجزیه نشده‌اند و محلول باقی مانده‌اند به مراحل بعدی یعنی تغلیظ (اوپراسیون) رفته و آن‌جا با اسیدهای آمینه ترکیب شده و ایجاد رنگدانه‌های ملانوئیدینی نموده و رنگ شربت را تیره می‌کنند.

ج) بخش زیادی از رافینوز موجود در شربت خام با آهک جداسازی نشده و به حالت محلول در شربت باقی می‌ماند و وارد ملاس می‌شود. اگر رافینوز تحت تأثیر دمای پایین و مقدار زیاد آهک قرار گیرد می‌تواند به رافینوزات تری کلسیک نامحلول تبدیل شود، چنین واکنشی در مراحل تصفیه شربت خام رخ نمی‌دهد اما هنگام قندگیری از ملاس به روش استفن این واکنش صورت می‌گیرد و ترکیب حاصل به همراه ساکارات‌های حاصله به گل ساکارات تبدیل شده و به مراحل تصفیه برمی‌گردد.

## ۳- اثر آهک روی رنگدانه‌ها:

۱- ملانین‌های حاصل از قهوه‌ای شدن آنزیمی در مرحله کربناسیون جذب سطحی کربنات کلسیم می‌شده و خارج می‌شوند اما جذب آن‌ها برگشت‌پذیر است به این معنی که اگر عمل زدن گاز کربنیک بیش از حد انجام شود و قلیائیت شربت زیاد پایین آید ملانین‌ها آزاد می‌شوند.

۲- ملانوئیدین‌های حاصل از میلارد نیز جذب سطحی کربنات کلسیم می‌گردند و با آن‌ها رسوب کرده و جداسازی می‌شوند. البته این امکان وجود دارد که در مرحله اوپراسیون مجدداً در اثر ترکیب قند انورت با اسیدهای آمینه (که در مرحله تصفیه حذف نمی‌شوند) ملانوئیدین‌ها تشکیل شده و سبب تیره شدن رنگ شربت شوند.

## ۴- اثر آهک روی مواد ازت‌دار محلول در شربت خام:

الف) قسمت عمده اسیدهای آمینه تحت تأثیر مراحل تصفیه قرار نمی‌گیرند بنابراین در شربت باقی مانده و تشکیل ملاس می‌دهند بنابراین آمینواسیدها از مواد ملاس‌زای اصلی هستند.



ب) اسیدهای آمینه آمیدی در اثر حرارت و قلیایی تجزیه شده و آمونیاک آزاد می‌کنند و بقیه آن‌ها به صورت اسید پیرولیدون کریوکسیلیک در می‌آید. معمولاً پس از جداسازی آمونیاک بخش باقی‌مانده آمیدهای مذکور به شکل محلول در شربت باقی‌مانده و وارد ملاس می‌شوند. ج) بتائین از دسته ترکیبات ازت‌دار محلول در آب است که آهک اثری روی آن نداشته و به شدت ملاس‌زا می‌باشد پس جز ازت مضره است

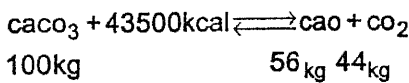
### هـ اثر آهک روی ناخالصی‌های ازته کلئیدی

بخش عمده‌ای از ترکیبات پکتیکی در صورت عملکرد صحیح مرحله تصفیه شربت جذب سطحی کربنات کلسیم شده و رسوب می‌کنند. جهت حذف بهتر آن‌ها مقدار کمی از گل رسوب یافته در دکانتور را به بخش آهک خور مقدماتی برمی‌گردانند. کریستال‌های کربنات کلسیم موجود در این گل که گل برگشتی نام دارد سبب جذب و رسوب نمودن ترکیبات پکتیکی شده و مانع بروز اشکال در دکانتور می‌گردند.

پروتئین‌ها نیز از دسته مواد ازت دار کلئیدی هستند و اگر آهک خور مقدماتی به خوبی و به آرامی انجام شود هر پروتئینی به pH ایزوالکتریک خود رسیده و منعقد می‌شود. هم‌چنین گل برگشتی نیز به حذف بهتر آن‌ها کمک می‌کنند.

### کوره‌های آهک کک‌سوز

کوره آهک<sup>۱</sup> یکی از اجزای لازم و ضروری کارخانه قند است که آهک و گاز کربنیک هر دو در این قسمت تهیه می‌شوند. در این واکنش کربنات کلسیم را حرارت می‌دهند و از آن آهک و دی‌اکسید کربن تولید می‌کنند این عمل را تکلیس می‌نامند. آهک مناسب برای فرآیند تصفیه بایستی وزن مخصوص کم، سطح مخصوص زیاد و قابلیت حل شدن خوب داشته باشد. در ایران به عنوان ماده سوختی از کک زغال سنگ استفاده می‌شود.



این معادله برگشت پذیر و انرژی‌خواه<sup>۲</sup> می‌باشد. در کارخانه مجدداً CaO و CO<sub>2</sub> با هم ترکیب شده و کربنات کلسیم تولید می‌شود که به صورت رسوب است و گل نام دارد.

1kg کک خالص 8100 kcal انرژی تولید می‌کند، بنابراین طبق واکنش تجزیه سنگ آهک برای تجزیه هر 100 کیلوگرم سنگ آهک 6.4 کیلوگرم و یا به عبارتی به میزان 5.4 درصد سنگ آهک، کک لازم است. اما در عمل مقدار کک موردنیاز بین ۱۲ - ۸ درصد (به‌طور متوسط 10 درصد) سنگ آهک می‌باشد. زیرا هم درجه خلوص کک ۱۰۰ درصد نیست و هم بخشی از گرمای تولید شده هدر می‌رود. سنگ آهک مصرفی را 10 درصد چغندر مصرفی محاسبه می‌کنند.

1. Lime Kiln  
2. endo thermic

## کوره آهک دارای سه منطقه است:

### ۱- منطقه پیش گرم کن:

این منطقه در قسمت بالای کوره آهک قرار دارد. در این قسمت، سنگ کربنات کلسیم سرد وارد کوره آهک شده و گاز  $CO_2$  با دمای  $800-900^\circ C$  به طرف بالای کوره آهک صعود می‌کند. در این حالت گاز  $CO_2$  خروجی، گرمای خود را به سنگ آهک و کک منتقل نموده و در نتیجه دمای آن کاهش می‌یابد و از طرف دیگر سنگ آهک و کک ورودی به کوره داغ می‌شوند.

### ۲- منطقه آتش:

در این قسمت دمای کوره معادل  $1150^\circ C$  بوده و تجزیه واقعی سنگ آهک در این قسمت انجام می‌شود. با افزایش درجه حرارت از  $800^\circ C$  به  $1150^\circ C$  کریستال‌های  $CaO$  به دست آمده درشت و منفرد هستند اما بالای این دما مجدداً به هم جوش خورده و سطح نسبی کاهش و جرم مخصوص آن‌ها افزایش می‌یابد. اگر کک  $CO_2$  به سمت خارج از کوره زیاد شود منطقه آتش گسترش یافته و سنگ جوش ایجاد می‌شود. ولی اگر سرعت تخلیه آهک زیاد شود منطقه آتش کوچک می‌شود در این حالت به جای آهک، سنگ آهک خام از کوره خارج می‌شود. جوش، کوره نتیجه مستقیم گرم کردن اضافی کوره است در این حالت در اثر حرارت بالا سنگ‌های آهک به هم می‌چسبند. در صورت ایجاد جوش درصد کک را نسبت به سنگ کاهش می‌دهند و نیز اگر جوش مانع ککش هوا از قسمت پائین کوره به داخل آن شود، لازم است که ککش پمپ هوا را افزایش داد.

زمان پخت تابعی از ابعاد سنگ آهک است به این ترتیب که هر چه ابعاد سنگ بزرگ‌تر باشد زمان پخت بیشتر می‌شود. دمای  $1150^\circ C$  برای زمانی است که درجه خلوص آهک 99 درصد باشد چنانچه درجه خلوص افزایش یابد به دمای بیشتر نیاز داریم. وجود اسید سیلیسیک و سیلیکات‌ها در سنگ آهک سبب می‌شود که آهک به سختی تبدیل به شیر آهک شود. سیلیسی بدترین اثر را روی آهک می‌گذارند. به این دلیل که نقطه ذوب این ترکیبات پایین‌تر از آهک بوده و زود ذوب می‌شوند و روی سنگ آهک قرار می‌گیرند و مانع تبدیل آن به شیر آهک می‌شوند. منیزیم نیز به سبب اینکه ملاس‌زا می‌باشد به‌ویژه در مناطقی که قندگیری از ملاس وجود دارد نامناسب است.

### ۳- منطقه سرد:

در این قسمت دمای آهک به دلیل تبادل گرمایی که با هوای ورودی به کوره انجام می‌دهد خنک می‌شود و دمای هوای ورودی افزایش می‌یابد.

## مزایای کک و کوره‌های کک سوز

- ۱- به علت پراکندگی قطعات کک در میان قطعات سنگ آهک، راندمان حرارتی مناسب است.
- ۲- از نظر مکانیکی و تعمیرات، کوره کک سوز ساده می‌باشد.
- ۳- سرمایه‌گذاری اولیه کوره‌های کک سوز کمتر است.
- ۴- مهم‌ترین مزیت کوره‌های سوز بالاتر بودن درصد دی‌اکسیدکربن در مخلوط گازهای خروجی است.

عیب اساسی کوره‌های کک سوز آن است که:

عملکرد کوره بسیار تحت تأثیر کیفیت سنگ آهک و کک و متناسب بودن ابعاد آن است.

- بهترین کک، ککی است که فاقد گوگرد بوده، حداقل رطوبت را داشته و میزان خاکستر آن کمتر از 8 درصد باشد. برای مثال حضور خاکستر بالا به خصوص املاح سدیم و پتاسیم در کک و باقی ماندن آن در آهک پس از سوختن کک می‌تواند در نهایت املاح مذکور را از طریق شیر آهک مصرفی در تصفیه، وارد شربت کند که این املاح اثر ملامس‌زایی دارند.

**نکته:** کمترین  $\text{CO}_2$  را کوره‌های گازسوز تولید می‌کنند.

**نکته:** هر تن سنگ آهک  $3000\text{m}^3$  گاز  $\text{CO}_2$  با دمای  $35^\circ\text{C}$  تولید می‌کند.

- گاز دی‌اکسید کربن به‌دست آمده از کوره به دستگاه خاکستر گیر هدایت می‌شده و سپس در لاور آن را شسته و خنک می‌کنند. لاور یک استوانه فولادی عمودی است که گاز از کف آن وارد شده و با آبی که از روی چند صفحه پایین می‌ریزد، برخورد می‌کند. آب دارای دمای  $20-30^\circ\text{C}$  می‌باشد. قسمت زیادی از گاز خروجی از بالای کوره را گاز ازت تشکیل می‌دهد.

درصد گاز کربنیک در مخلوط گازهای خروجی را اصطلاحاً غلظت گاز می‌خوانند و عامل بسیار مهمی در فرآیند تصفیه است غلظت گاز کربنیک توسط دستگاه اورست<sup>۱</sup> اندازه‌گیری می‌شود.

درصد خلوص  $\text{CO}_2$  هرچه بیشتر باشد عمل اشباع بهتر انجام می‌شود مقدار گاز  $\text{CO}_2$  نباید کمتر از 30 درصد کل گازهای خروجی از کوره باشد.

### آهک به‌دست آمده دو استفاده دارد:

۱- برای قندگیری از ملاس که در این صورت ابتدا وارد کنکاسور می‌گردد که آهک را به قطعات ریز تبدیل می‌کند. سپس وارد آسیاب شده و پودر آهک ایجاد می‌شود پودر آهک تولیدی را برای قند گیری از ملاس به کار می‌برند.

۲- در آهک خور ۱ و 2 جهت تصفیه شربت به کار می‌رود برای این منظور آهک بدست آمده از کوره را وارد میک<sup>۲</sup> می‌کنند. میک استوانه دوار است که آب و آهک را با هم مخلوط نموده و در این حالت آهک زنده، هیدراته شده یا اصطلاحاً کشته می‌شود به این ترتیب اکسید کلسیم ( $\text{CaO}$ ) تبدیل به هیدروکسید کلسیم یا شیر آهک  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  می‌گردد. سپس شیر آهک حاصل وارد شن‌گیر، و بعد وارد مخزن شیر آهک و در نهایت وارد آهک خور می‌شود.

برای تولید شیر آهک بهتر است از آب خالص استفاده نشود و آب حاوی کمی قند باشد زیرا آهک در محلول‌های قندی راحت‌تر از آب خالص حل می‌شود.

معمولاً غلظت شیر آهک  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  را با درجه بومه بیان می‌کنند و 20 درجه بومه معادل  $\text{Bx}=36$  یا 212 گرم در لیتر  $\text{CaO}$  می‌باشد.

توجه: هر درجه بومه معادل 10 گرم  $\text{CaO}$  در لیتر است.

### کوره‌های آهک گازسوز<sup>۳</sup>

از نظر ساختمان، ظاهری تقریباً مشابه کوره‌های کک‌سوز دارند و مناطق سه‌گانه در آن دیده می‌شود.

در این نوع کوره‌ها از گازهای طبیعی مثل بوتان و پروپان به عنوان سوخت<sup>۱</sup> استفاده می‌کنند که مستقیماً در قسمت داخلی کوره (در بخش پایینی منطقه احتراق) تزریق شده و با سوختن، حرارت لازم را برای تجزیه سنگ آهک فراهم می‌نماید. در بعضی از این کوره‌ها برای متعادل کردن سوختن گاز در منطقه احتراق، از عمل گردش دادن مجدد هوا و گازها در آن منطقه استفاده می‌کنند تا سوخت گازها به صورت کاملتری انجام شود. هوای لازم برای سوختن گازها از قسمت پایین کوره وارد می‌شود. اما قسمتی از این هوا به جای گذشتن از میان آهک‌های تولیدی، توسط لوله‌هایی که در منطقه خنک‌کننده کوره قرار دارند و توسط دستگاه‌های مکنده<sup>۲</sup>، مستقیماً به ناحیه ورود سوخت به کوره فرستاده می‌شود. این کار هوای بیشتر و خالص‌تری را برای فرآیند سوختن گاز وارد منطقه احتراق می‌کند.

### کوره‌های آهک مایع‌سوز<sup>۳</sup>:

این کوره‌ها نیز شبیه کوره‌های کک‌سوز می‌باشند. در مجاورت کوره، اتاقک‌های<sup>۴</sup> نصب شده که در آن سوخت مایع به حالت گازی تبدیل می‌شود به این ترتیب که سوخت مایع با عبور از دستگاه پاشنده<sup>۴</sup> به ذرات بسیار ریزی تبدیل شده و شکل گاز مانند یا بخارمانندی پیدا می‌کند. برای این که تبدیل سوخت و شکسته شدن سوخت مایع به ذرات گاز آسان شود، بخشی از گازهای داغ تولیدی در کوره توسط لوله‌هایی از منطقه احتراق به درون اتاقک‌های مذکور گردش داده می‌شود، این عمل موجب افزایش دما در اتاقک‌ها شده و به فرآیند تبدیل سوخت مایع به ذرات گاز مانند کمک می‌کند. سوخت به حالت گاز از اتاقک‌ها خارج شده و به درون کوره در منطقه احتراق تزریق می‌گردد و با سوختن و ایجاد حرارت موجب پخش سنگ آهک و تجزیه آن می‌شود جریان هوا در این کوره‌ها مشابه کوره‌های گازسوز است.

### روش کلاسیک تصفیه شربت

امروزه در بیشتر کارخانجات از این روش استفاده می‌شود. روش کار بدین صورت است که به شربت خام در دو مرحله که موسوم به آهک خور I و II هستند به میزان ۲-۳ درصد آهک اضافه می‌کنند (اصولاً مقدار مصرف آهک 85-100 درصد مواد غیرقندی شربت خام می‌باشد) و در نتیجه مواد کلوئیدی و پروتئین‌ها و نمک‌های غیرمحلول کلسیم رسوب کرده و از شربت جدا می‌شود به این مرحله آهک زنی یا آهک‌خور گفته می‌شود. علت افزودن آهک در دو مرحله این است که اضافه کردن یک مرحله‌ای آهک سبب افزایش ناگهانی و بیش از حد pH شده و با تجزیه ساکارز همراه است.

مرحله بعدی به این صورت است که آهک اضافی در شربت را به وسیله گاز کربنیک تبدیل به کربنات کلسیم می‌کنند این ترکیب به علت سطح متخلخلی که دارد به ناخالصی‌ها متصل شده و آن‌ها را راسب می‌نماید و هم‌زمان با آن ساکارات کلسیم، ساکارز را آزاد می‌کند، که به این مرحله گاز‌خور گفته می‌شود.

### آهک خور مقدماتی<sup>۵</sup>، (آهک خور I، دیفیکاسیون I، پرشولاژ)

در این مرحله 0.25% درصد از کل آهک مصرف شده و pH شربت خام از 6 به 10.8-11.2 می‌رسد.

1. Blower
2. Oil-fired kiln
3. Gasi fying chambers
4. In jector
5. Preliming

## اهداف آهک خور I:

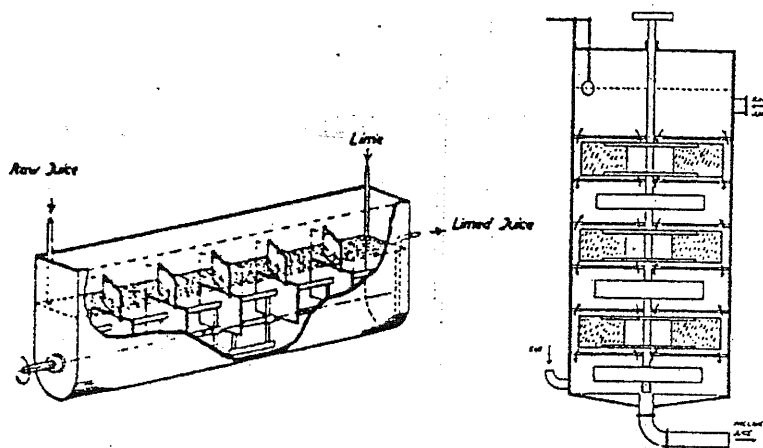
- ۱- ایجاد شرایط و pH مطلوب جهت انعقاد و به هم چسبیدن ناخالصی‌ها به ویژه پروتئین‌ها می‌باشد.
  - ۲- خنثی شدن pH اسیدی شربت خام.
- از آنجایی که هر یک از مواد غیرقندی در یک pH معین جدا می‌شوند در صورتی که pH خیلی سریع بالا رود برخی از مواد غیرقندی فرصت جدا شدن پیدا نمی‌کنند.
- در این مرحله اگر pH از 11.2 بالاتر رود:
  - برخی از مواد رسوب کرده، دوباره حل می‌شوند و دیگر حتی با کاهش مجدد pH هم قابل جداسازی نیستند.
  - در صورتی که pH از 10.8 کمتر باشد مواد غیرقندی کاملاً جدا نمی‌شوند
  - عموماً کاربرد درجه حرارت نسبتاً کمتر در این مرحله مناسب‌تر است. زیرا دمای بالا سبب شکسته شدن برخی مواد کلوئیدی می‌شود.

**نکته:** در آهک‌خور I بسیاری از اسیدهای آلی با کلسیم ترکیب و حذف می‌شوند مثل اسید تارتاریک و گلوکونیک. ولی بعضی مثل اسید اگزالیک و اسید سیتریک حذف نمی‌شوند و روی بدنه‌های اواپراتور رسوب می‌کنند.

## روش‌های انجام آهک خور I

برای انجام این مرحله دستگاه‌های مختلفی وجود دارد از جمله:

- ۱- آهک زن مقدماتی بریگل مولر
- ۲- آهک‌زن مقدماتی ناوو<sup>۱</sup>



### ۱- روش اشپینگر<sup>۲</sup>:

یکی از متدهای آهک‌خور اول است. در این روش یک دفعه تمام شیر آهک لازم ( 0.25 درصد ) را به شربت اضافه می‌کنند تا pH از 6 به 11.2 برسد. به این ترتیب افزایش pH یکنواخت و سریع می‌باشد.

1. Naveau - Prelimer

2. Spengler

این روش به دلیل این که به برخی از غیرقندی‌ها فرصت جدا شدن نمی‌دهد، امروزه متداول نیست. زیرا سیستم از نوع Batch می‌باشد یعنی مخزن با شربت پر شده، آهک زنی می‌شود و سپس خالی می‌شود و شربت بعدی پر می‌گردد. این فرآیند 20 دقیقه طول می‌کشد و درجه حرارت انجام واکنش 40 درجه سانتی‌گراد است.

## ۲- روش دوچک:

این روش مداوم و تدریجی است و در آن pH آهسته‌آهسته (پلکانی) بالا می‌رود. به این ترتیب سعی می‌شود که آهک‌زنی به گونه‌ای انجام شود که ضمن افزایش pH، شربت در هر pH خاص مدتی باقی بماند، این روش در دستگاهی به نام بریگل مولر انجام می‌شود. در این روش استفاده از جریان غیر همسو شربت خام و شیر آهک حالت خاصی از افزایش تدریجی و یکنواخت pH شربت را به وجود می‌آورد. این دستگاه 7 خانه دارد و شربت از خانه هفتم خارج می‌شود. در خانه سوم یا چهارم گل دکانتور یا ساکارات کلسیم به منظور تنظیم pH اضافه می‌شود. مدت زمان توقف شربت در هر یک از خانه‌ها 3 دقیقه و مجموعاً 20 دقیقه است. دمای شربت و زمان آهک‌خور اول با هم نسبت عکس دارند. در کل، زمان بیشتر و دمای کمتر مناسب‌تر است. بهترین دما برای آهک‌خور اول 65°C - 60 است.

در صورتی که دما بالای 65°C باشد، گل به خانه دوم و سوم اضافه می‌شود و در صورتی که کمتر از 65°C باشد به خانه اول اضافه می‌شود. اضافه کردن گل دکانتور به آهک‌خور اول سبب افزایش قلیائیت می‌شود و به علت آن که گل دارای رسوب کربنات کلسیم است، سبب می‌شود که در اشباع I بلورهای کربنات کلسیم درشت‌تر شده و در نتیجه گل در دکانتور بهتر رسوب می‌کند.

نکته: محل قرار گرفتن مخزن گل برگشتی بین مسیر شربت خام و آهک‌خور اول است.

بنابراین در سیستم کلاسیک تصفیه شربت، افزایش pH آهک‌خور اول به صورت تدریجی یا پروگرسوآ و زیاد شونده است.

آهک‌خور چند مرحله‌ای برای تصفیه شربت حاصل از چغندرهای سالم و با کیفیت نرمال مناسب است. ولی برای چغندرهایی که در اثر سرمازدگی آسیب دیده باشند مناسب نیست، زیرا کلوییدهای این نوع چغندرهای آسیب دیده در آهک‌خور چند مرحله‌ای غیر طبیعی عمل می‌کنند و در نتیجه شربت این نوع چغندرها هنگام صاف کردن مشکلاتی را باعث می‌شود. بعد از آهک‌زنی مقدماتی به دلایل زیر شربت را گرم می‌کنند:

۱- جداسازی ناخالصی‌ها

۲- تبدیل ترکیبات محلول به نامحلول

۳- کاهش آلودگی میکروبی

## آهک خور اصلی<sup>۱</sup>، (آهک خوردوم، دیفیکاسیون II، شولاژ)

در این مرحله pH شربت را به 12.6 و یا کمی بیشتر می‌رسانیم.

### اهداف آهک خور اصلی:

۱- مهم‌ترین هدف این مرحله هیدرولیز عوامل تشکیل دهنده رنگدانه‌های ملانوئیدینی می‌باشد. از یک سو قند انورت تبدیل به اسید لاکتیک می‌شود و از سوی دیگر اسید آمینه آسپارژین و گلوتامین نیز تحت اثر قلیایی و حرارت به اسید پیرولیدون و  $\text{NH}_4^+$  تبدیل می‌گردند در نتیجه امکان تشکیل رنگدانه‌های ملانوئیدینی از بین می‌رود.

۲- استریل کردن شربت در دما و pH بالا

۳- در دسترس قرار دادن آهک اضافی در شربت، این آهک با مواد موجود در شربت واکنش نداده و در مرحله گاز خور I ضمن ترکیب با  $\text{CO}_2$  ایجاد کربنات کلسیم اضافی می‌کند که نقش تعیین کننده‌ای در جداسازی ناخالصی‌ها دارد.

• تقریباً از کل 2 درصد آهک مصرفی 0.25 درصد در آهک خور اول و 1.75 درصد در آهک خور دوم استفاده می‌شود.

نکته: بهترین راه کنترل آهک خور دوم تعیین مقدار قند انورت است که باید کمتر از 0.008 درصد باشد.

• در مرحله آهک خور دوم به منظور بهبود رنگ شربت آن را هوادهی می‌کنند.

نکته: در صورتی که عوامل تشکیل دهنده رنگ (قند انورت) در آهک خور II هیدرولیز نشوند و یا عمل هیدرولیز در این مرحله کامل نشود. این ترکیبات در شربت باقی مانده و به بخش اواپراسیون وارد می‌شوند که در این بخش به علت دمای زیاد تجزیه شده و تبدیل به ترکیباتی اسیدی مثل اسیدلاکتیک می‌شود که pH را کاهش داده و سبب تجزیه ساکارز و خوردگی دستگاه‌ها می‌شود.

در این صورت مجدداً کاهش pH و حضور دمای بالا باعث تبدیل مقدار بیشتری ساکارز به قند انورت می‌شود. انورت نیز به اسید لاکتیک تبدیل شده و محیط باز هم اسیدی‌تر می‌شود که باز سبب از بین رفتن قند می‌شود به این ترتیب ممکن است pH شربت در اواپراتور از حدود 9 به 6 تقلیل یابد.

• مدت زمان انجام این مرحله بین 8-10 دقیقه و بهترین دمای آهک خور دو  $88^\circ\text{C}$  می‌باشد.

• در دمای  $80^\circ\text{C}$  در مدت سه دقیقه حدود 90 درصد قند انورت تجزیه شده و تبدیل به اسید لاکتیک می‌شود.

اما تجزیه آمیدها (آسپارژین و گلوتامین) به سرعت قند انورت صورت نمی‌گیرد. پس اگر بنا به دلایلی میزان آمید موجود در چغندر قند افزایش یابد بایستی زمان و دمای آهک خور II را افزایش داد در غیر این صورت آمیدها در شربت باقی مانده و در مرحله اواپراسیون pH شربت را کاهش می‌دهند.

برای هیدرولیز عوامل تشکیل دهنده رنگ ملانوئیدین (رنگدانه میلارد) دمای بالا مورد نیاز است که در روش کلاسیک قدیم این دما را روشوفر تأمین می‌کرد ولی به سبب اینکه جلالیت شیر آهک در دمای بالا کاهش می‌یابد این امکان وجود دارد که کلیه عوامل تشکیل دهنده رنگ ملانوئیدین حذف نشوند.

بنابراین روش کلاسیک جدید ابداع شد. در این روش شیر آهک به آهک خور II اضافه می‌شود و زمان لازم برای تأثیر آهک بر روی عوامل تشکیل دهنده رنگ در نظر گرفته می‌شود. یعنی در این مرحله شیر آهک عوامل تشکیل دهنده رنگ ملانوئیدین را می‌شکند ولی

تجزیه آن‌ها به سبب عدم تامین دمای کافی انجام نمی‌گیرد. برای تامین دما شربت آهک خورده را وارد روشوفر می‌کنند. سپس زمان کافی را برای تجزیه عوامل تشکیل دهنده رنگ می‌دهند.

نکته: پایین آمدن pH در اوپراسیون به دلیل عدم تنظیم pH در شولاژ می‌باشد.

### کربناسیون I، (گاز خور، ساتراسیون اول، اشباع I)

در این مرحله با جذب آهک اضافی pH را به حدود 10.8-11.2 تقلیل می‌دهیم.

اهداف این مرحله به شرح زیر است:

- ۱- رسوب دادن آهک اضافی با  $CO_2$  به صورت کربنات کلسیم و جدا کردن کربنات کلسیم و مواد غیر قندی منعقد شده.
  - ۲- گاز کربنیک باعث کاهش pH شربت آهک خورده می‌شود و شربت را جهت مرحله تغلیظ آماده می‌کند.
  - ۳- گاز کربنیک سبب می‌شود که اتصال بین ساکارز و آهک در مولکول‌های ساکارات شکسته شده و آهک آزاد شده با  $CO_2$  تولید کربنات کلسیم نماید و در نتیجه مولکول‌های ساکارز در شربت حالت آزاد یابند.
- در این مرحله تزریق گاز  $CO_2$  و ترکیب آن با شیر آهک  $Ca(OH)_2$  منجر به تشکیل رسوبات با بار مثبت کربنات کلسیم می‌شود. این رسوبات، کلونیدهای با بار منفی (پکتین، پروتئین) را در سطح خود جذب نموده و از فرآیند خارج می‌کنند.

نکته: قلیائیت، مقدار گرم  $CaO$  موجود در 100 میلی‌لیتر شربت می‌باشد.

- قلیائیت شربت در این حالت بین 0.8-1 درصد  $CaO$  در 100 میلی‌لیتر شربت می‌باشد.
- هرگاه قلیائیت از حدود تعیین شده کمتر شود (یعنی  $CO_2$  بیشتری وارد شربت گردد):
  - شربتی بیش از حد کربناته به دست می‌آید که رنگ آن قهوه‌ای تیره می‌شود.
  - محتوی مقدار زیادی مواد غیرقندی حل شده است
  - اگر قلیائیت خیلی بالا باقی بماند (یعنی  $CO_2$  کمتری مصرف شود):
- شربت کمتر از حد کربناته به دست می‌آید که صاف کردن آن به سختی انجام می‌شود.
- وجود داشتن مقداری آهک اضافی (0.8-1 درصد) پس از خاتمه عمل اشباع I باعث کمک به مرحله صاف کردن شربت می‌شود.
- اگر pH بیشتر از 12 باشد موارد زیر رخ می‌دهد:

- جدا نشدن کامل آهک
  - عدم ترسیب کربنات کلسیم در دکانتور
  - عدم صاف شدن مناسب شربت در دکانتور
  - روشن‌تر شدن رنگ شربت
- اگر pH به کمتر از 10.8 برسد سبب موارد زیر می‌شود:
- حل شدن مجدد مواد غیر قندی



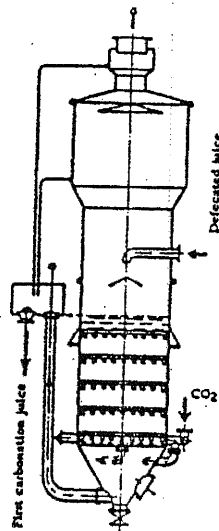
- تیره شدن رنگ شربت
- کاهش درجه خلوص شربت

• افزایش سرعت ترسیب گل در دکانتور و سرعت صاف شدن شربت در صافی‌ها

• دستگاه کربناتور<sup>۱</sup> شامل تانک استوانه‌ای بزرگی است که از قسمت بالای آن شربت آهک خورده وارد مخزن شده و روی یک کلاهک مخروطی می‌ریزد و از قسمت پایین این استوانه نیز گاز  $CO_2$  به درون شربت دمیده می‌شود. تزریق گاز از طریق لوله‌هایی انجام می‌شود که سوراخ‌های متعددی دارند و گاز را به صورت حباب‌های ریزی درون شربت پخش می‌کنند. هر چه اندازه حباب‌های گاز وارد شده به شربت کوچک‌تر باشد به دلیل تماس بیشتر با شربت، کارایی بهتری خواهد داشت. ارتفاع شربت در کربناتور متناسب با فشار  $CO_2$  است و معمولاً ۴.۵ - ۶ متر می‌باشد.

مرحله‌ای تحت عنوان برگشت مجدد یا سیرکولاسیون<sup>۲</sup> نیز معمولاً در اشباع I انجام می‌شود:

به این ترتیب که بخشی از شربت گاز خورده از تانک کربناتور خارج شده و با شربت در حال ورود به تانک اصلی مخلوط شده و به داخل کربناتور برمی‌گردد. به این ترتیب مقدار شربت در حال گردش ۴-۵ برابر شربت اصلی می‌باشد. این کار باعث درشت‌تر شدن کریستال‌های کربنات کلسیم به سبب افزایش راندمان عمل گاز خوردن می‌گردد.



دمای مناسب جهت انجام اشباع I،  $85^{\circ}C$  است. در صورتی که دمای شربت کمتر از این مقدار شود خطر کف کردن شربت وجود دارد. از طرف دیگر هرچه درصد گاز  $CO_2$  بیشتر شود عمل اشباع بهتر صورت گرفته و هرچه کمتر باشد خطر کف کردن وجود دارد. در صورتی که جهت جریان  $CO_2$  و شربت همسو باشد کریستال‌های کربنات کلسیم بسیار ریزی تشکیل می‌شود و احتمال کف کردن وجود دارد.

کربنات کلسیمی که از آهک اضافی در ساتراسیون ایجاد می‌شود به صاف شدن شربت از مواد فلوکه شده کمک می‌کند.

کریستال‌های کربنات کلسیم به علت دارا بودن سطح بزرگ، مقداری از مواد غیر قندی شربت را جذب نموده و با خود ته‌نشین می‌نمایند و از این جهت به شربت کیفیت بهتری می‌دهد.

نمک‌های محلول، اسیدهای آمینه و رنگ‌های شربت جذب سطح کربنات کلسیم می‌شوند. ثابت شده است که هرچه شربت زمان کوتاه‌تری را در حرارت و قلیایی بالای کند ساتراسیون بهتر خواهد بود. گازهای دیگری که همراه گاز کربنیک وارد شربت می‌شوند زیانی را باعث نمی‌شوند. این گازها عموماً اکسیژن، اسید سولفوریک و مونواکسید کربن است.

مونواکسید کربن عمل ساتراسیون را کند می‌کند و اکسیژن و اسید نیز عمل رنگ زدایی را انجام می‌دهند. در بعضی از کارخانجات قند به شربت خروجی از اشباع I مواد افزودنی مثل پرسی فلوک (سپاران)<sup>۱</sup> اضافه می‌کنند که در این حالت سرعت ترسیب گل در دکانتور به شدت افزایش پیدا می‌کند و شربت در صافی‌ها به خوبی صاف می‌شود.

### دستگاه‌های مربوط به کربناتاسیون

این دستگاه‌ها باید شرایط زیر را داشته باشند:

- ۱- پخش یکنواخت گاز در تمام ارتفاع شربت
- ۲- دادن زمان کافی برای انجام واکنش
- ۳- سرعت نسبی بالای گاز
- ۴- کنترل و تنظیم فشار گاز
- ۵- ارتفاع شربت در حد ایتیمم حفظ شود.

### مرحله ته‌نشینی ناخالصی‌ها و صاف کردن شربت

معمولاً شربت خارج شده از اشباع I را از یک روشوفر عبور می‌دهند و تا دمای  $95^{\circ}\text{C}$  گرم می‌کنند. هدف از این کار تسریع رسوب دادن کربنات کلسیم می‌باشد. سپس شربت را وارد یک فلاش تانک می‌نمایند تا در آنجا جریان غلیانی تبدیل به جریان آرام شود سپس شربت وارد دکانتور می‌شود. در دکانتور کربنات کلسیم و مواد غیر قندی منعقد شده از شربت جدا شده و به صورت گل ته‌نشین می‌شوند. شربت زلال از بالا خارج شده و گل‌ها به وسیله پمپ به خارج دکانتور هدایت می‌گردند. آن‌ها یا به فیلتر خلا برای جدا شدن گل و شربت می‌روند و یا به آهک خور اول (خانه 3 و یا 4 بریگل مولر) برای تنظیم pH فرستاده می‌شوند. چون در گل برگشتی از دکانتور مقداری شیرآهک  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  وجود دارد بنابراین می‌توان از آن به طور بهینه استفاده نمود در حقیقت هدف اصلی از برگشت گل دکانتور درشت‌تر شدن کریستال‌های کربنات کلسیم است. با هدایت گل برگشتی از دکانتورها به آهک خور مقدماتی این گل به عنوان هسته اولیه عمل نموده و مواد کلوئیدی را جذب خود می‌نماید و بدین ترتیب اندازه کریستال‌های کربنات کلسیم درشت‌تر می‌شود. با درشت‌تر شدن این کریستال‌ها سرعت ترسیب در دکانتورها افزایش می‌یابد و نیز صاف شدن گل در فیلتر خلا بهتر و سریع‌تر انجام می‌شود.

اخیراً به جای دکانتور از فیلتر تغلیظ استفاده می‌شود.

مزایای فیلتر تغلیظ:

- ۱- کاهش مصرف آهک
- ۲- کاهش ضایعات قندی

۳- تولید رنگ کم‌تر می‌باشد. اما در دکانتور چون زمان توقف بالاست این موارد اتفاق نمی‌افتد. همچنین در فیلتر تغلیظ، گل 5 تا 7 بار غلیظ می‌شود ولی در دکانتور 2.5 تا 5 بار.

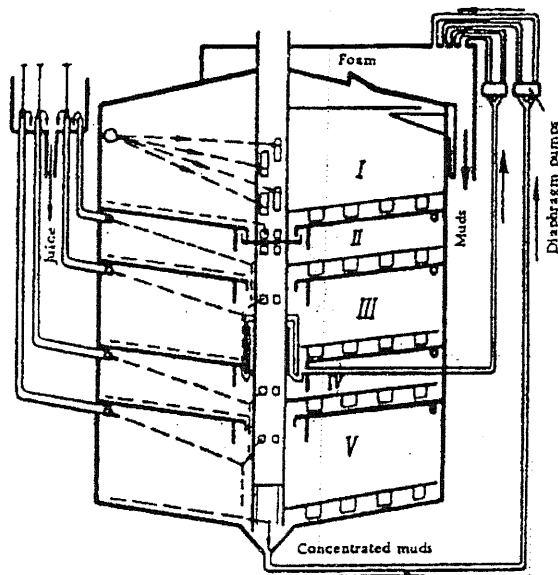
گل خروجی از دکانتور به فیلتر خلأ هدایت می‌شود تا در آنجا شربت موجود در گل جدا شود شربت خروجی از فیلتر خلأ و نیز شربت خروجی از دکانتور، صاف شده و برای جداسازی بقیه آهک وارد مرحله اشباع 2 یا کربناتاسیون 2 می‌شود.

### ته نشین کننده یا دکانتور

دکانتورها مخازنی با حجم زیاد به صورت چهار گوش یا گرد می‌باشند که داخل آن‌ها به طبقات مختلف تقسیم شده است. وظیفه دکانتورها ترسیب دادن گل و زلال ساختن شربت می‌باشد. به دست آوردن شربتی زلال‌تر نشانگر عملکرد مناسب دکانتور و مراحل قبل می‌باشد.

**نکته:** عواملی مثل دمای شربت، قلیابیت مرحله اشباع I، مقدار شیر آهک مصرفی در آهک خور، غلظت و وزن مخصوص شربت و ویسکوزیته شربت از جمله عوامل مؤثر در بهبود کار دکانتورها می‌باشند. بهتر است دمای شربت در دکانتور کمتر از  $80^{\circ}\text{C}$  نباشد زیرا کاهش دما سبب افزایش ویسکوزیته شربت و کندی رسوب می‌شود. زمان توقف شربت در دکانتور نیز تا حد ممکن باید کوتاه باشد.

زیرا در زمان طولانی (حدود ۲ ساعت) برخی از ناخالصی‌ها دوباره محلول می‌شوند. امروزه معمولاً زمان توقف شربت در دکانتورها حدود نیم‌ساعت است.



در رابطه با نحوه خروج گل از دکانتورها آن‌ها را در دو نوع می‌سازند:

#### ۱- دکانتور استاتیکی ( ایستائی ):

در این نوع دکانتور، گل در اثر نیروی ثقل از طریق صفحات شیب‌دار به طرف پایین جریان می‌یابد. شیب آن  $45-60^{\circ}$  می‌باشد. ضریب تغلیظ حدود ۴ است.

## ۲- دکانتور مکانیکی:

در این نوع دکانتور، گل توسط پارویی که به یک محور متصل شده است و با سرعت آرامی می چرخد روی صفحات شیب دار هدایت شده و از دستگاه خارج می شوند شیب آن  $10^\circ$  می باشد. نسبت تغلیظ بین ۷ - ۴ است.

### صاف کردن شربت

همراه با گل ته نشین شده در دکانتور کمی شربت نیز وجود دارد که باید توسط صافی های مخصوص از گل جدا شود. جهت این منظور از صافی های خلأ استفاده می شود گل صاف شده و خارج شده از صافی خلأ معمولاً مقدار کمی (حدود 0.1-0.5% وزن چغندر) قند با خود دارد که این قند قابل جداسازی نیست و همراه گل از کارخانه خارج می شود و جزء ضایعات کارخانه قند محسوب می شود.

گل خارج شده از صافی خلأ به عنوان کود آهکی برای خنثی کردن زمین های اسیدی استفاده می شود.

### عوامل مؤثر در صاف کردن شربت به شرح زیر هستند:

#### ۱- فشار:

اختلاف فشار در دو طرف لایه رسوبی نیروی محرکه صاف شدن را ایجاد می کند. در صافی های کربناتاسیون اول و دوم این فشار ۴ - ۳ اتمسفر است.

#### ۲- دما:

سرعت صاف شدن با افزایش دما بیشتر می شود بنابراین شربت ها را قبل از صافی تا  $80-90^\circ\text{C}$  گرم می کنند.

#### ۳- زمان:

هرچه زمان فیلتراسیون افزایش یابد ضخامت قشر رسوب روی صافی افزایش یافته و در نتیجه سرعت جریان شربت کاهش می یابد بنابراین صافی را باید به طور متناوب تمیز کرد.

### انواع صافی ها

#### ۱- صافی فشاری<sup>۱</sup>

برای از بین بردن املاح کربنات کلسیم از شربت خروجی صافی خلأ استفاده می شود این نوع صافی معایبی مثل کار غیر مداوم و نیاز به نیروی کارگری بالا دارد.

#### ۲- صافی خلأ:

وظیفه این صافی آن است که تا حد ممکن مواد قندی موجود در گل را جداسازی کند.

استوانه‌های مشبک است که به طور افقی درون یک مخزن ناودانی که محتوی گل دکانتور است قرار دارد. معمولاً ۳۵ درصد استوانه درون مخزنی قرار دارد. سطح مشبک استوانه با پارچه صافی پوشانده می‌شود و از قسمت داخلی استوانه توسط لوله‌هایی که به پمپ خلأ متصل هستند، خلأ به قسمت سطحی استوانه اعمال می‌شود. در اثر اعمال خلأ لایه‌ای از گل بر سطح استوانه چسبیده و شربت موجود در آن مکیده می‌شود. پس از این کار قسمت انتهایی لایه گل توسط تیغه‌ای جدا می‌شود. در فاصله کمی از کف سطح مشبک یک دیواره داخل استوانه به شکل استوانه غیر مشبک قرار دارد. هوای بین دو دیواره به وسیله پمپ خلأ تخلیه می‌شود.

گل صافی خلأ را می‌توان کمی رقیق کرد و برای خنثی کردن حالت اسیدی زمین‌های دارای خاک‌های اسیدی و به عنوان کود آهکی در آن زمین‌ها در حد کم استفاده کرد. شربت یا آب قنددار به دست آمده از صافی خلأ که بسیار رقیق است می‌تواند با شربت حاصل از دکانتور مخلوط شده و به مرحله کربناسیون دوم برود اما چون رقیق بودن آن زیاد می‌باشد بهتر است برای تهیه شیر آهک استفاده شود.

### ۳- صافی مکانیکی:

این نوع صافی در تمام کارخانه‌های قند مورد استفاده قرار می‌گیرد و کار آن جدا کردن مقادیر جزئی رسوب از شربت و تولید یک شربت شفاف است. به عبارتی این صافی‌ها جهت تکمیل کار صافی‌های فشار به کار می‌رود. به خصوص شربت‌هایی که مرحله اشباع II را طی کرده‌اند و می‌خواهند به مرحله طبخ‌ی بروند به این صافی منتقل می‌شوند تا زلال شوند. این صافی‌ها با فشار پایین کار می‌کنند. شربت با قوه ثقل خود از مخزنی که سه متر بالاتر از صافی قرار دارد وارد صافی می‌شود و به همین دلیل شربت این صافی‌ها صاف و روشن است.

### اشباع II، (کربناسیون II، گاز خور II، ساتراسیون II)

هدف از مرحله اشباع دو به حداقل رساندن میزان آهک و املاح آهکی محلول موجود در شربت می‌باشد. زیرا اگر ترکیبات آهکی محلول در این مرحله حذف نشوند، در مرحله اوپراسیون در اثر دمای بالا بر روی بدنه اوپراتور رسوب کرده و مانع تبادل حرارتی می‌شود ضمن اینکه وجود این املاح سبب افزایش تولید ملاس می‌گردد.

شربت قبل از ورود به مرحله اشباع II توسط روشوفر تا دمای حدود  $105^{\circ}\text{C}$  -  $100$  گرم می‌شود.

این عمل برای این است که بعضی از املاح محلول موجود در شربت مثل بی‌کربنات‌ها تبدیل به ترکیبات نامحلول مثل کربنات‌ها شده و آماده رسوب گردند.

هم‌چنین شربت قبل از ورود به کربناسیون II باید یک بار دیگر صاف شود زیرا وجود حتی مقادیر 0.01 درصد گل در شربت سبب تیره شدن رنگ شربت رقیق تولید شده آن می‌گردد.

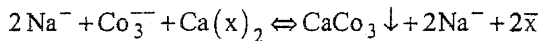
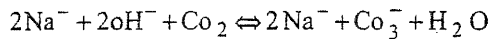
عمل اشباع II یک فعل و انفعال شیمیایی است برخلاف اشباع I که یک فرآیند فیزیکی و جذب سطحی می‌باشد.

راندمان مصرف گاز  $\text{CO}_2$  در اشباع II برابر 50 درصد می‌باشد اما این راندمان در اشباع I برابر 70 درصد است و علت این امر قلیائیت پایین‌تر شربت در اشباع II است ضمن این که مصرف گاز  $\text{CO}_2$  در اشباع دو نصف اشباع یک است.

گاز کربنیک اضافه شده با هیدروکسید کلسیم (شیر آهک) موجود در شربت واکنش داده و رسوب کربنات کلسیم می‌دهد.

هم‌چنین هیدروکسید سدیم و پتاسیم شربت (یعنی قلیایی طبیعی چغندر) نیز در این حالت تبدیل به کربنات سدیم و پتاسیم می‌گردد.

نمک‌ها و کمپلکس‌های محلول کلسیم نیز با کربنات سدیم و پتاسیم تشکیل کربنات کلسیم داده و رسوب می‌کنند. همه این عوامل سبب کاهش سختی شربت می‌گردد.



در اشباع II به طور کلی دو موضوع قلیائیت طبیعی و قلیائیت اپتیمال مهم می‌باشد.

- هر چه قلیایی طبیعی شربت بالاتر باشد کربنات سدیم و پتاسیم بیشتری تشکیل شده و حذف املاح آهکی بهتر صورت می‌گیرد. اما در صورت کمبود قلیائیت طبیعی به شربت اشباع II کربنات سدیم یا هیدروکسید سدیم (سود سوزآور) اضافه می‌شود که به این‌ها قلیائیت مصنوعی می‌گویند و این مواد در پرشولاژ یا گاز خور I به شربت اضافه می‌شوند. اما اشکال این کار در این است که سدیم ترکیبی شدیداً ملامس‌زا می‌باشد.

اگر گاز  $\text{CO}_2$  بیش از حد به کربناتور تزریق شود (رعایت نکردن قلیایی اپتیمم) سبب می‌گردد کربنات تولید شده تبدیل به بی‌کربنات کلسیم محلول درآید که سبب رسوب در اوپراتورها خواهد شد.

به این ترتیب در کربناسیون II معین کردن قلیایی اپتیمم یعنی قلیائیتی که در آن ترکیبات آهکی محلول شربت یا به عبارتی سختی شربت در حداقل باشد بسیار مهم است. قلیائیت اپتیمم شربت کاملاً به وارسته چغندرها وابستگی دارد اما عموماً برابر 0.021 درصد  $\text{CaO}$  محاسبه می‌شود. در چنین حالتی pH شربت معادل 8.8-9 است.

- گلوتامین شربت خام مهمترین ماده‌ای است که باعث کم شدن قلیایی شربت می‌شود. زیرا با از دست دادن آمونیاک، اسید تولید می‌کند.

- قند انورت، منگنز، کلسیم و اسیدهای آمینه باعث پائین رفتن درجه قلیایی شربت خام می‌شوند.

- اسید اگزالیک، اسید فسفریک و پکتین سبب بالا رفتن درجه قلیایی شربت می‌شوند.

از آنجایی که در اشباع I pH بر روی 10.8-11.2 تنظیم شده است در نتیجه مقداری آهک در شربت باقی می‌ماند در انتهای اشباع I مواد غیر قندی وارد گل شد، اکنون در اشباع II می‌توان با اضافه کردن  $\text{CO}_2$  همه آهک را رسوب داد.

در pH بهینه اشباع II که برابر  $\text{pH}=8.5-9.5$  است، آهک محلول و بی‌کربنات محلول نباید وجود داشته باشد زیرا چنانچه یون کلسیم ( $\text{Ca}^{2+}$ ) در شربت باقی بماند در قسمت اوپراسیون رسوب کرده و مانع انتقال حرارت می‌گردد. ضمن این‌که این املاح در مرحله طبخ‌ی نیز اشکال ایجاد می‌کنند.

در اشباع II بازهم مقداری سختی داریم که این سختی شامل املاح محلول لاکتات کلسیم می‌باشد.

شربت خروجی از اشباع II به مخزن فعل و انفعالات می‌رود از آنجایی که این مخزن دارای هم‌زن است و شربت به مدت 20 دقیقه در آن می‌ماند لذا فرصتی است که واکنش‌ها تکمیل شده و بی‌کربنات‌های محلول به کربنات کلسیم نامحلول تبدیل گردند.

پس از اشباع II شربت از صافی‌های تحت فشار و بعد از آن از صافی‌های مکانیکی عبور کرده و صاف می‌شود که به آن شربت رقیق گویند. این شربت دارای درجه خلوص حدود 90 و رنگ زرد طلایی است.

### محاسبه ضریب تصفیه شربت:

ضریب تصفیه شربت نشان می‌دهد که چند درصد ناخالصی‌های شربت خام طی مراحل تصفیه جداسازی شده‌اند. این ضریب با استفاده از معادله زیر قابل محاسبه است:

$$\text{ضریب تصفیه} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2(100 - Q_1)} \times 100$$

$Q_1$ : درجه خلوص شربت خام

$Q_2$ : درجه خلوص شربت رقیق

محاسبه میزان  $CO_2$  جذب شده (راندمان گاززنی):

$$\text{میزان } CO_2 \text{ جذب شده} = \frac{C_1 - C_2}{C_1(100 - C_2)} \times 100$$

$C_1$ :  $CO_2$  ورودی

$C_2$ :  $CO_2$  خروجی

در طی تصفیه شیمیایی حدود 92 درصد از مواد پروتئینی، 50 درصد از مواد آلی بدون ازت و کمتر از 15 درصد مواد معدنی از شربت گرفته می‌شوند به عبارت دیگر در طی فرآیند تصفیه حدود 40 درصد از کل ناخالصی‌های شربت حذف می‌شوند.

### تصفیه شربت به روش Dorr:

در این روش تصفیه، آهک خور 1 و 2 وجود ندارد و گاز و آهک یا هم وارد دستگاهی می‌شوند که این دستگاه کار آهک خور اول و اشباع یک را انجام می‌دهد.

چون در این روش تصفیه شربت، آهک خور دوم وجود ندارد، بنابراین عوامل تشکیل دهنده رنگ ملانوتیدین به‌طور کامل هیدرولیز نمی‌شوند و بنابراین افت pH شربت غلیظ وجود دارد.

از مزایای این روش آن است که کریستال‌های کربنات کلسیم کاملاً درشتی تشکیل می‌شود و به همین دلیل سرعت ترسیب گل در دکانتور بسیار خوب می‌باشد. این سیستم از نظر دکانتور و صافی بهترین روش محسوب می‌شود.

تصفیه شربت به روش کلاسیک مناسب چغندرهای فاسد نمی‌باشد، زیرا در این نوع تصفیه شربت، کریستال‌های کربنات کلسیم ریز تشکیل می‌شود و مشکل صافی و دکانتور وجود دارد در حالی که در تصفیه به روش Dorr مشکل جدی برای تصفیه چغندرهای فاسد وجود ندارد زیرا کریستال‌های کربنات کلسیم کاملاً درشت تشکیل می‌شود.

### تصفیه شربت به روش برانشوئیک:

این روش ترکیبی از روش کلاسیک و Dorr می‌باشد. در این روش بلورهای کربنات کلسیم درشت تشکیل شده و عوامل تشکیل دهنده رنگ ملانوتیدین هیدرولیز می‌شود.

ادامه روش کلاسیک → آهک خور 2 و اشباع 2 →  $88^\circ C$  گرم کن → آهک خور 1 و اشباع 1 (در یک مخزن) → گرم کن  $85^\circ C$  → شربت

## تصفیه شربت خام با زدن همزمان آهک و گاز کربنیک یا دفکو کربناسیون<sup>۱</sup>:

این روش امروزه مرسوم می‌باشد. در این سیستم بعد از گرم کردن شربت خام یک آهک‌زنی ملایم<sup>۲</sup> صورت می‌گیرد و با فاصله اندک از آن و گاهی همزمان با آن، زدن گاز کربنیک یا مرحله کربناسیون اول نیز اجرا می‌شود. در چنین حالتی قلیائیت در شربت در حد کمی باقی می‌ماند با گردش مجدد و بازگشت دادن<sup>۳</sup> شربت، اعمال آهک‌زنی و گاززنی تا حد کامل پیش می‌رود، سپس شربت حاصل به دکانتور منتقل گشته و از آن جا به کربناسیون دوم می‌رود.

علت تغییر دادن روش کلاسیک و ابداع این روش‌ها آن بود که:

۱- وقتی شربت خام با محیط قلیایی قوی و با حرارت مواجه می‌شود، احتمال تجزیه قسمتی از ساکارز موجود در شربت و تبدیل آن به گلوکز و فروکتوز (قندهای انورت) وجود دارد. که در این حالت ایجاد ملانوئیدین‌ها هم بیشتر می‌شود.

۲- در شرایط قلیایی قند انورت تبدیل به اسیدلاکتیک شده و نتیجه محیط اسیدی شده و ساکارز بیشتری تجزیه می‌شود. در روش دفکو - کربناسیون امکان بروز واکنش‌های مخرب<sup>۴</sup> فوق کمتر می‌باشد.

زیرا شربت با آهک‌زنی ملایم‌تری روبرو می‌شود. در بیشتر این سیستم‌ها مرحله آهک‌زنی مقدماتی نیز وجود دارد. همچنین برای تکمیل عمل تصفیه بازگشت دادن کل کربناسیون (گل دکانتور) که حاوی ذرات کربنات کلسیم است و زدن آن به شربت به همراه شیر آهک نیز اجرا می‌شود.

با توجه به همزمانی و یا ادغام کربناسیون اول و آهک‌زنی، دستگاه مورد استفاده در این سیستم کربناتور نامیده می‌شود. گرچه هم عمل آهک‌زنی و هم گازنی در آن انجام می‌شود.

دو روش در سیستم دفکو - کربناسیون وجود دارد که بر اساس نام کربناتور نامگذاری شده است:

۱- کربناتورسیستم دور<sup>۵</sup>: در این سیستم دو تانک وجود دارد یکی برای گاز زدن و دیگری برای اضافه کردن شیر آهک.

۲- کربناتور بنینگ<sup>۶</sup>: در این سیستم از یک تانک استفاده می‌شود که هم عمل گاززنی و هم آهک‌زنی در این تانک صورت می‌گیرد. بدین ترتیب هم در هزینه و هم در فضای اشغال شده به وسیله دستگاه صرفه‌جویی می‌شود.

## تصفیه شربت به روش ویکلوند<sup>۷</sup>:

در سال‌های اولیه ابداع این روش، قسمتی از شربت گازخورده<sup>۸</sup> مربوط به کربناسیون اول به مرحله قبل از آهک‌زنی بازگشت داده شده و وارد شربت خام می‌شد. اما بعداً با تغییرات بوجود آمده در این سیستم از گل دکانتور برای این منظور استفاده شد.

1. Simultaneous Liming and carbonation or Defeco – carbonation
2. mild liming
3. recirculation
4. Destructive reactions
5. Dorr system carbonator
6. Benning Carbonator
7. wicklund Juic Purification
8. Over carbonated



## تصفیه شربت به روش نوی ساد<sup>۱</sup>

در این روش ابتدا مقداری گل کربناسیون با شربت خام خروجی از دیفوزیون مخلوط می‌شود، این کار در دستگاه آهک‌خور مقدماتی ناوو صورت می‌گیرد. سپس شربت، گرم شده وارد قسمت دفکو - کربناسیون می‌شود که شامل دو تانک است و شربت بین دو تانک حالت گردش دارد. در تانک اول عمل آهک‌زنی و در تانک دوم عمل کربناسیون انجام می‌شود. بعد شربت به دکانتور رفته و مواد قابل رسوب کردن از آن جدا شده و صاف می‌شود در مرحله بعد شربت به آهک‌زنی اصلی رفته و حدود یک درصد چغندر مصرفی به آن آهک به صورت شیر آهک زده می‌شود، بعد از 10 دقیقه زمان، شربت تا 95-90 درجه سانتی‌گراد گرم شده و به کربناسیون اول می‌رود آن‌گاه مواد قابل رسوب در دکانتور دیگری از شربت جدا شده و شربت صاف شده به کربناسیون دوم می‌رود.

## سولفیتاسیون<sup>۲</sup>:

جهت کاهش رنگ شربت از روش‌هایی مثل سولفیتاسیون، استفاده از خاک‌ها و مواد کمک صافی و روش‌های تعویض یونی استفاده می‌شود.

در روش سولفیتاسیون گوگرد را در کوره گوگرد<sup>۳</sup> سوزانده و  $SO_2$  ایجاد می‌کنند.

• این گاز پس از ورود به محیط آبی مثل شربت ایجاد اسید سولفور<sup>۴</sup> می‌نماید که به عنوان یک ترکیب رنگ‌بر عمل می‌کند از سوی دیگر اسیدسولفور یک احیا کننده قوی است و اگر کلیات شربت بیش از حد باشد سبب تعدیل آن می‌شود ضمن این که ویسکوزیته شربت را کاهش می‌دهد.

گاز گوگرد قبل از ورود به درون شربت خنک می‌شود.

عمل سولفیتاسیون در اغلب کارخانه‌ها بر روی شربت غلیظ (شربت پس از اواپراسیون) و یا لیکور استاندارد انجام می‌گیرد. هم‌چنین این عمل بر روی شربت رقیق (بعد از کربناسیون II) هم قابل اجرا می‌باشد. پس از زدن گاز گوگرد به شربت آن را تا  $85^{\circ}C$  گرم می‌کنند و از صافی عبور می‌دهند. البته بهتر است عمل سولفیتاسیون روی شربت رقیق صورت گیرد. اگر شربت pH پایینی داشته باشد اعمال این روش مطلوب نیست زیرا با ورود گوگرد به شربت کاهش بیشتری در pH آن رخ می‌دهد.

## دستگاه سختی‌گیر

در برخی از کارخانجات قند برای جلوگیری از ایجاد رسوب در بدنه تبخیر کننده‌ها در مسیر شربت رقیق، دستگاه سختی‌گیر نصب می‌کنند این دستگاه دارای رزین‌های تبادل یونی بوده و با آب نمک احیا می‌شود.

بعد از ورود شربت رقیق به این دستگاه یون سدیم موجود در رزین وارد شربت شده در عوض یون کلسیم شربت جذب رزین می‌شود و بدین ترتیب از ایجاد رسوب در بدنه‌های اواپراتور جلوگیری به عمل می‌آید.

از مهم‌ترین معایب نصب دستگاه سختی‌گیر این است که سدیم وارد شده به شربت به شدت ملاس‌زاست و از کریستالیزاسیون ساکارز جلوگیری به عمل می‌آورد.

ر کارخانجات پیشرفته‌تر برای خارج کردن سدیم از دستگاه کونتین استفاده می‌شود. این دستگاه دارای رزین بوده و احیای آن از طریق سید منیزیم انجام می‌شود در حقیقت یون سدیم جذب رزین این دستگاه شده و در مقابل یون منیزیم وارد شربت می‌شود. معمولاً دستگاه کونتین را در مسیر پس آب پخت 2 نصب می‌کنند بنابراین در صورتی از دستگاه سختی‌گیر در کارخانه‌های قند استفاده می‌شود که دستگاه کونتین در مسیر پس آب پخت 2 نصب شود. درجه خلوص ملاس چغندر بدون این سیستم 60 و با این سیستم 46-49 است. در ایران به دلیل این که از ملاس قندگیری می‌کنند، دستگاه کونتین استفاده نمی‌شود. زیرا منیزیم وارد شده به شربت در هنگام قندگیری از ملاس مزاحمت ایجاد می‌کند.

### اوپراسیون یا تغلیظ شربت

شربت زلالی که بخش تصفیه را ترک می‌کند شربت رقیق<sup>1</sup> نام دارد. بریکس آن بین 13-15 است که بایستی به حدود 60-70 برسد قسمتی که عمل تغلیظ شربت یا تبخیر در آن انجام می‌گیرد، اوپراتور نام دارد. در این قسمت، بخشی از آب موجود در شربت تبدیل به بخار شده و از شربت خارج می‌شود در نتیجه شربت تغلیظ می‌شود و به نام شربت غلیظ نامیده می‌شود.

|                  |  |
|------------------|--|
| آب قندی غیر قندی |  |
| $NS + S + A$     |  |
| $2 + 13 + 85$    | ترکیب شیمیایی شربت رقیق                        |
| $10 + 65 + 25$   | ترکیب شیمیایی شربت غلیظ (5 برابر تغلیظ می‌شود) |

تقریباً به ازای هر کیلوگرم چغندر مصرفی حدود یک کیلوگرم آب بایستی تبخیر شود.

### انواع دستگاه‌های تبخیرکننده (اوپراتورها)

#### ۱- دستگاه تبخیرکننده لایه نازک صعودی<sup>2</sup>:

این نوع اوپراتورها در قسمت مبدل حرارتی دارای لوله‌های باریک و طولی هستند. با اعمال جریان در اطراف لوله‌های مذکور و تبادل حرارتی، مایعی که درون لوله‌ها جریان دارد تغلیظ می‌شود. وقتی شربت در درون لوله‌ها به جوش آید، حباب‌های بخار به همراه جریان شربت به سمت بالای لوله صعود می‌کنند، در این حالت با افزایش تعداد و درشت‌تر شدن حباب‌ها و قرار گرفتن آن‌ها به شکل دانه‌های تسبیح در پشت سر هم، موجب می‌شود که لایه بسیار نازکی از شربت در تماس با دیواره لوله قرار گیرد، چنین وضعیتی راندمان انتقال حرارت و سرعت تبخیر را افزایش می‌دهد، سیستم مذکور می‌تواند به صورت تحت‌خلان نیز عمل کند.

#### مزیت این اوپراتورها:

- در این نوع اوپراتورها به علت قطر کم لوله‌های مبدل حرارتی سرعت حرکت شربت در لوله‌ها زیاد است.
- حالت غلیظی و بهم‌خوردگی مناسبی به علت پدید آمدن حباب‌های بخار درشت و زیاد در لوله‌ها وجود دارد.

1. This juice  
2. Climbing film Evaporator

۳- مدت باقی ماندن شربت در دمای بالا کم بوده و در نتیجه امکان تجزیه ساکارز و ضایعات قندی کاهش می‌یابد.

۴- قطر کم و ارتفاع زیاد لوله‌ها ساختمان مناسبی را در تبخیرکننده ایجاد می‌کنند، به طوری که سطح کمتری در کارخانه اشغال کرده‌اند یک نوع از این اواپراتورها به نام کستنر<sup>۱</sup> می‌باشد.

## ۲- دستگاه تبخیرکننده لایه نازک نزولی<sup>۲</sup>:

این اواپراتورها بسیار شبیه لایه نازک صعودی بوده ولی جریان شربت در لوله‌های آن‌ها، حالت نزولی دارد و از نیروی وزن برای به حرکت در آوردن شربت در لوله‌ها استفاده می‌کنند.

### مزیت این اواپراتورها:

۱- وقتی از این اواپراتورها در اواپراتورهای چند بدنه‌ای استفاده شود می‌توان تعداد بدنه‌ها را بیشتر در نظر گرفت در حالی که در لایه نازک صعودی بیشتر از 4 بدنه نمی‌توان در نظر گرفت.

۲- مدت زمان ماندن شربت در این اواپراتورها کوتاه‌تر است (30-20 ثانیه) در حالی که در اواپراتورهای لایه نازک صعودی 4-3 دقیقه می‌باشد.

**نکته:** در برخی از اواپراتورهای لایه نازک در بخشی از دستگاه، مایع در حال تغلیظ حرکت صعودی و در بخشی دیگر حرکت نزولی دارد. به این نوع تبخیرکننده‌ها، تبخیرکننده لایه نازک صعودی - نزولی می‌گویند.

## ۳- دستگاه تبخیرکننده چاپمن<sup>۳</sup>:

در این نوع اواپراتورها علاوه بر بدنه اصلی اواپراتور، یک مبدل حرارتی اضافی نیز در مجاورت دستگاه تعبیه شده و شربت توسط پمپی بین بدنه اصلی و مبدل حرارتی، جریان چرخشی دارد.

به این ترتیب سطح تبادل حرارتی افزایش یافته و با چرخشی که شربت می‌کند حالت به هم خوردگی آن بیشتر شده و انتقال حرارت بهتر صورت می‌گیرد.

## ۴- دستگاه تبخیرکننده چند بدنه‌ای:

به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی (بخار) در کارخانجات از اواپراتورهای چند بدنه‌ای استفاده می‌شود که در ایران از چهار بدنه می‌باشد.

مقدار بخار مصرفی در این اواپراتورها از تقسیم آب مصرفی بر تعداد بدنه‌ها به دست می‌آید.

هرچه شربت غلیظ‌تر شود باید زمان توقف و دمای آن کاهش یابد.

بخار مورد مصرف در اواپراتورها از توربین می‌آید.

بخار دارای 2.8-3atm فشار و دمای 125°C می‌باشد در بدنه چهارم دما 100°C است. اما اگر دما به زیر 100°C تنزل پیدا کند

بایستی اواپراتور آخر را تحت خلأ قرار دهیم.

1. Kestner Evaporator
2. Falling Film Evaporator
3. Chapman Evaporator

به طور کلی دو نوع اوپراتور داریم:

۱- اوپراتورهای تحت فشار

۲- اوپراتورهای که بدنه آخر آن‌ها تحت خلأ می‌باشد.

در کشورهای اروپایی از اوپراتورهای تحت فشار استفاده می‌کنند. در این سیستم دمای بخار ورودی  $133^{\circ}\text{C}$  و با فشار  $3.1\text{ atm}$  است و دمای بدنه چهارم  $100^{\circ}\text{C}$  و با فشار  $1\text{ atm}$  می‌باشد.

در ایران دمای بخار ورودی به بدنه اول  $7-6^{\circ}\text{C}$  کمتر از  $133^{\circ}\text{C}$  است بنابراین در بدنه چهارم بخار دارای دمای کمتر از  $100^{\circ}\text{C}$  است. بنابراین این بدنه آخر تحت خلأ کار می‌کند.

اوپراتورهای چند مرحله‌ای شامل چند مخزن جداگانه است که هر کدام به نام Effect یا بدنه مشهور هستند.

شربت از این بدنه‌ها به صورت پی‌در پی عبور می‌کند تا تبدیل به شربت غلیظ شود. در این حالت تنها بدنه اول از بخار روتور (بخار برگشتی از توربین) استفاده می‌نماید. بخار حاصل از بدنه اول برای گرم کردن بدنه بعدی که در فشار کمتری کار می‌کند، استفاده می‌شود.

بخار بدنه دوم نیز شربت بدنه سوم را که نقطه جوش آن به علت پائین بودن فشار کمتر است به جوش می‌آورد.

بخار بدنه آخر به یک کندانسور هدایت می‌شود و گازهای غیرقابل کندانس نیز به وسیله یک پمپ خلأ مکیده شده و خارج می‌گردد خلأ نقطه جوش شربت بدنه آخری را به  $58-60^{\circ}\text{C}$  می‌رساند.

باید توجه داشت که افزایش بدنه‌های اوپراتورها محدود می‌باشد زیرا از هر مرحله به مرحله بعدی کاهش فشار و اتلاف و کاهش انرژی بخار وجود دارد.

هم‌چنین اگر تعداد بدنه‌ها زیاد باشد ناچار باید فشار و دمای بخار ورودی به بدنه اول خیلی بالا باشد که در این صورت مقداری از ساکارز موجود در شربت تجزیه می‌شود هم‌چنین تمام بخار خارج شده از یک بدنه وارد بدنه بعدی نمی‌شود بلکه بخشی از این بخار صرف تأمین انرژی حرارتی قسمت‌های دیگر کارخانه می‌شود.

نمونه‌ای از برخی قسمت‌های کارخانه که بخار مصرفی خود را از بخار حاصل از بدنه‌های اوپراتور ۵ بدنه‌ای تأمین می‌کنند:

| قسمت مصرف کننده بخار    | بدنه اوپراتور، تأمین کننده بخار |
|-------------------------|---------------------------------|
| گرم کننده شربت رقیق     | بدنه اول                        |
| دستگاه خشک کن شکر       | بدنه دوم                        |
| دیفوزیون                | بدنه سوم                        |
| دیگ‌های پخت مرحله طباحی | بدنه سوم و چهارم                |
| سایر گرم کننده‌ها       | بدنه سوم - چهارم و پنجم         |

در حین اوپراسیون باید موارد زیر کنترل شود:

۱- دمای شربت از  $120^{\circ}\text{C}$  تجاوز نکند.

۲- زمان توقف شربت در اوپراتور تا حد ممکن کوتاه باشد.

۳- سطح شربت در اوپراسیون پایین نگه داشته شود زیرا هر چه ارتفاع شربت در بدنه اوپراتور بیشتر باشد زمان توقف شربت بیشتر

می‌شود. معمولاً ارتفاع شربت  $\frac{1}{3}$  ارتفاع بدنه اوپراتور است.

۴- pH شربت بین 8-9 باشد زیرا در  $pH < 8$  عمل انورسیون صورت می‌گیرد و در  $pH > 9$  نیز تجزیه ساکارز در محیط قلیایی صورت می‌گیرد.  
در هنگام عملیات اوپراسیون باید به موارد زیر توجه شود:

### ۱- کنترل بریکس در بدنه‌های مختلف:

ف از این کار این است که بریکس نهایی شربت حدود 70 باشد.

### ۲- کنترل حجم شربت ورودی به اوپراتور:

اگر سطح تراز از میزان استاندارد (یک سوم لوله) بیشتر باشد، شربت زمان طولانی در اوپراتور مانده و عملیات تغلیظ به خوبی انجام نمی‌شود.  
اگر سطح شربت از حد تراز پایین‌تر باشد هم خطر سوختگی شربت وجود دارد و هم این که لوله‌ها در اثر فشار بخار بالا جمع می‌شوند.

به دلیل افزایش غلظت و کاهش دما، ویسکوزیته شربت از بدنه اول تا آخر افزایش می‌یابد. در شربت‌هایی که ویسکوزیته بالاتری دارند حرکت مولکول‌های بخار سخت‌تر می‌شود و غلیان شربت در بدنه‌های آخر کمتر می‌شود بنابراین در این حالت جهت جلوگیری از سوختن بدنه سطح تراز شربت را بالاتر بگیریم.

### ۳- کنترل جوشش شربت بر روی لوله‌ها:

بیت غلیان شربت در هر بدنه اوپراتور نشانگر کیفیت تبادل حرارتی و اوپراتور می‌باشد.

### ۴- کنترل دما در هر بدنه اوپراتور:

در دما بخار ورودی به هر بدنه مخصوصاً بدنه اول و نیز کنترل دمای شربت ورودی و خروجی از هر بدنه در تنظیم کار مرحله تغلیظ است. اگر اختلاف دمای شربت خروجی از بدنه اول و شربت خروجی از بدنه آخر زیاد باشد می‌تواند نشانگر نامناسب بودن تبادل حرارتی در اوپراتور باشد در چنین حالتی کارخانه باید میزان مصرف چغندر قند خود را کاهش دهد تا شربت کمتری وارد اوپراتور شود.  
لوگاری از این حالت تصفیه مناسب و به ویژه انجام اشباع دو مناسب، بسیار مهم است.

### ۵- کنترل دما در بدنه‌های اوپراتور:

#### ۵-۱- آب کندانس:

ورود بخار به بدنه‌های اوپراسیون انرژی حرارتی موجود در آن به شربت داخل بدنه‌ها منتقل می‌شود و این بخار تبدیل به آب می‌شود. در صورتی که آب کندانس از بدنه‌های اوپراسیون خارج نشود سطح مفید انتقال حرارت کم شده و نمی‌توان بخار را به بدنه‌ها کرد بنابراین باید به طور مداوم آب کندانس حاصل را از بدنه‌های اوپراسیون خارج کرد که برای این منظور از نام بیسنر استفاده می‌شود که در واقع همان تله بخار می‌باشد این دستگاه در مسیر آب کندانس بدنه‌های اوپراسیون نصب می‌شود. بخار بدنه‌ها جلوگیری می‌کند و از طرف دیگر آب کندانس تشکیل شده به راحتی از بدنه‌ها خارج می‌شود.

در نتیجه هیدرولیز اسیدهای آمینه به ویژه گلوتامین و آسپارژین، آموباک تولید می‌شوند که باید از اوپراتور خارج شود. میزان قند آب کندانس حاصل از اوپراسیون باید کنترل شود چون قسمتی از این آب به مصرف تغذیه کوره بخار می‌رسد. بنابراین اگر در این آب ساکارز وجود داشته باشد در کوره بخار تجزیه شده و با ایجاد ترکیبات خورنده و یا پدید آوردن رسوبات موضعی در لوله‌های مبدل حرارتی کوره بخار سبب خوردگی آن‌ها می‌شود. به همین جهت آب کندانس با تست مولیش کنترل می‌شود تا فاقد قند باشد. آب کندانس بدنه اول فاقد قند می‌باشد. قسمت دیگری از آب کندانس هم ابتدا اسیدی شده و سپس به مصرف دیفوزیون می‌رسد. در مرحله اوپراسیون، حرارت باعث رسوب برخی از مواد محلول می‌گردد که علت این امر تنظیم نبودن pH در اشباع II است. برای برطرف کردن رسوبات، هم می‌توان از سختی‌گیر استفاده کرد و هم از بدنه‌ها رسوب‌زدایی کرد.

### روش‌های رسوب‌زدایی از بدنه‌ها عبارتند از:

#### ۱- مکانیکی:

این روش منسوخ شده است.

#### ۲- استفاده از دستگاه VOMA:

این روش بیشتر کاربرد صنعتی دارد و با آب با فشار زیاد عمل می‌کند.

#### ۳- استفاده از HCl و $H_2SO_4$ :

این روش خوردگی ایجاد می‌کند.

#### ۴- استفاده از سود 4 درصد:

جوشاندن بدنه به مدت 24 ساعت پس از روش وما (VOMA) و یا روش دستی.

در زمانی که شربت در بدنه‌های اوپراسیون تغلیظ می‌شود، یک‌سری تغییرات شیمیایی اتفاق می‌افتد که عبارتند از:

الف) بعضی از مواد حلالیت خود را از دست می‌دهند و به صورت معلق در شربت باقی می‌مانند به این علت است که شربت غلیظ باید پس از خروج از بدنه‌های اوپراسیون صاف گردد.

ب) بعضی از مواد در اثر تغلیظ شربت، حلالیت خود را از دست می‌دهند و به صورت رسوب در جدار لوله‌ها باقی می‌مانند که این رسوبات باعث کاهش ضریب انتقال حرارت می‌شود و در نتیجه شربت به خوبی تغلیظ نمی‌گردد.

نکته: رسوبات در بدنه اول، به طور عمده ناشی از بی‌کربنات‌ها و در بدنه دوم، سولفات‌ها و سولفیت‌ها و کمی اکسالات و قسمت عمده رسوب در بدنه سوم و چهارم از اکسالات تشکیل می‌شود.

برای جلوگیری از ایجاد رسوب روش‌های زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

الف) نصب دستگاه سختی‌گیر در مسیر شربت رقیق

ب) تنظیم pH و قلیائیت اپتیمم در مرحله اشباع II

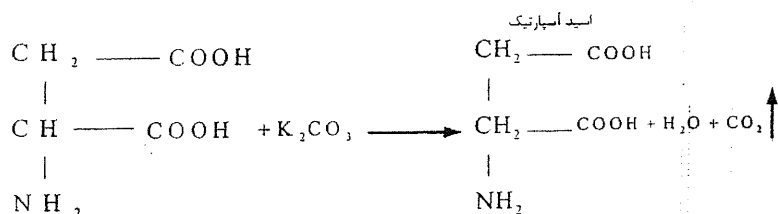
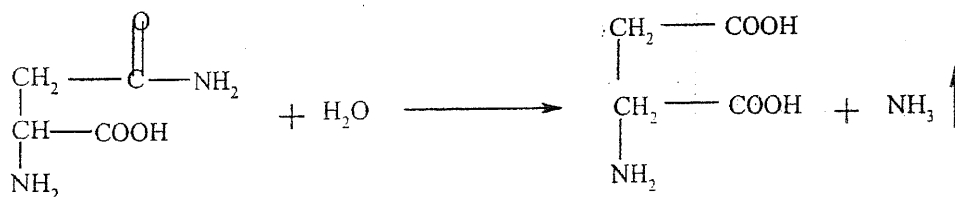
ج) نصب دیگ جوش در مسیر شربت رقیق

علل افت قلیائیت شربت در اوپراتورها:

۱- تجزیه قند ساکارز و تبدیل آن به قند انورت و تجزیه قندهای انورت و تبدیل آن‌ها به ترکیبات اسیدی و کاهش قلیائیت

۲- رسوب ترکیبات آهنی محلول باقی مانده در شربت

۳- تجزیه آمیدهایی مانند گلوتامین و آسپارژین موجود در شربت و جدا نشدن عامل آمیدی آن‌ها. این مسأله سبب متعاضد شدن گاز آمونیاک از شربت شده و باقی مانده آمیدها (اسیدهای آمینه) نیز حالت اسیدی بیشتری دارند. از طرف دیگر یون‌ها و املاح قلیایی موجود در شربت مانند ترکیبات سدیم و پتاسیم نیز جذب آن‌ها شده و کاهش بیشتری در قلیائیت شربت حادث می‌شود. واکنش‌های مربوط به صورت زیر خلاصه می‌شوند:



گاز آمونیاک و گاز دی‌اکسیدکربن

که در واکنش‌های فوق به وجود می‌آیند، اصطلاحاً گازهای غیرقابل کندانس<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند. گازهای مذکور به همراه بخار حاصل از تبخیر شربت از بالای هر بدنه اوپراتور خارج شده و وارد قسمت مبدل حرارتی بدنه بعدی می‌شوند. در این مرحله گازهای مذکور تا حدی به صورت عایق حرارتی عمل کرده و تبادل حرارت در مبدل حرارتی را کاهش می‌دهند. پس از تبادل حرارت، بخار تبدیل به آب کندانس شده و قسمتی از گازهای CO<sub>2</sub> و NH<sub>3</sub> وارد آب‌های کندانس خروجی از بدنه‌های اوپراتور شده (بدنه دوم به بعد) و در آن حل می‌شوند. در این مورد با توجه به این که آمونیاک حالت قلیایی شدید دارد، لذا موجب قلیایی شدن آب‌های کندانس شده و pH آن به حدود 8 می‌رسد.

پس اگر آمیدها مثل آسپارژین و گلوتامین در مرحله آهک‌زنی به صورت اسیدپیرولیدون در نیایند:

۱- در ایجاد مواد رنگی و تیره کردن رنگ شربت مؤثر هستند. (به صورت اسید آمینه در واکنش میلارد شرکت می‌کنند).

۲- در مرحله تغلیظ و اوپراسیون مشکل ایجاد می‌کنند.

برای رفع مشکل عایق حرارتی بودن گازهای غیرقابل کندانس، در اوپراتور بدنه دوم به بعد، لوله‌ای فرعی نصب می‌کنند که قسمت مبدل حرارتی را که در آن بخار جریان دارد به قسمت بالایی بدنه اصلی اوپراتور متصل می‌سازد.

ضمن فعالیت اواپراتور گاهی، شیر لوله مذکور را باز کرده و قسمت عمده گازهای غیرقابل کندانس را همراه با کمی بخار به قسمت بالای بدنه آن اواپراتور منتقل می‌سازند تا از نقش عایق‌کنندگی آن جلوگیری کنند، این گازها به همین ترتیب در بدنه‌های بعدی انتقال یافته و در نهایت به کندانسور که متصل به بدنه آخر است می‌روند.

نکته: مشکل گازهای غیرقابل کندانس در بدنه اول اواپراتور بروز نمی‌کند، زیرا بخار ورودی به مبدل حرارتی بدنه اول بخار برگشتی از توربین است که فاقد  $\text{CO}_2$  و  $\text{NH}_3$  می‌باشد.

## قندگیرها

در کارخانه قند در تمام تبخیرکننده‌ها یا بدنه‌های تبخیر و حتی در دیگ‌های پخت در قسمت کریستالیزاسیون با توجه به این که در اثر غلیان قطرات شربت به سمت بالا پرتاب می‌شوند یک سیستم قندگیر در داخل بدنه اواپراتور نصب می‌شود تا بخار و شربت را از یکدیگر جدا کند. در هر حال تمام قندگیرها بر اساس تئوری‌های زیر طراحی و ساخته می‌شوند:

۱- برخورد بخار و شربت با یک مانع

۲- تغییر ناگهانی سرعت بخار و شربت

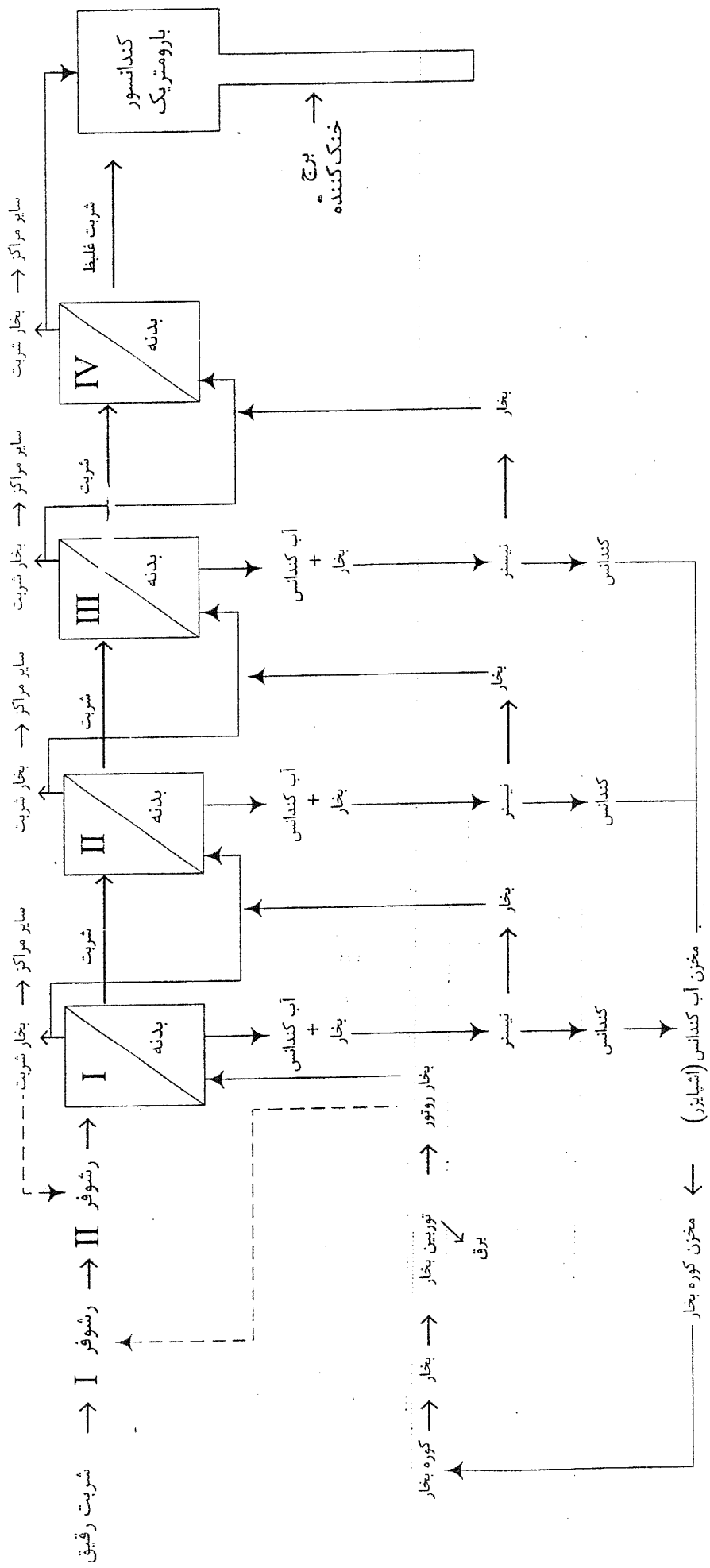
۳- تغییر ناگهانی مسیر بخار و شربت

به عنوان مثال در یک نوع قندگیر که به نام قندگیر چتری معروف است هر سه تئوری رعایت شده است یک نوع قندگیر دیگر به نام قندگیر مخزنی معروف است که بخار و شربت به یک مخزن وارد می‌شوند و به یک صفحه برخورد می‌کنند و در نتیجه از هم جدا می‌شوند.

قندگیر سفالی، قندگیری دیگر می‌باشد که یک استوانه توخالی است که داخل آن تکه‌های سفال ریخته شده است به این ترتیب بخار و شربت ضمن حرکت از داخل تکه‌های سفال در اثر برخورد آن‌ها و همچنین تغییر مسیر از یکدیگر جدا می‌شوند.

پس باید با نصب قندگیرها در مسیر بخار از ورود قند از طریق آب کندانس به داخل اواپراتور جلوگیری کرد و جهت جلوگیری از ایجاد کف از مواد ضدکف مثل متیل سیلیکون استفاده کرد.





نکته: به کوره بخار تری سدیم فسفات اضافه می کنند تا pH به حدود 10-10.5 برسد.

## کریستالیزاسیون<sup>۱</sup>

کریستالیزاسیون یا تبلور عبارت است از :

- عملی که در آن ماده از حالت نامنظم به حالت منظم و مرتب تغییر حالت می دهد.
- در اثر جداسازی حرارتی که از آن برای بدست آوردن یک ماده خالص از مخلوطی از مواد استفاده می شود.

اهداف کریستالیزاسیون به شرح زیر هستند:

- الف: تولید تک کریستال با خواص ویژه
- ب: تصفیه و خالص سازی یک ماده از طریق کریستالیزاسیون
- ج: جدا کردن یک ماده از یک سیستم چند ماده ای
- د: فرم و شکل دادن به محصولات

الف: رقم حلالیت

رقم حلالیت شکر نشان می دهد که چند گرم ساکارز در صد میلی لیتر آب در دمای معین حل می شود. در صورتی که این غلظت افزایش یابد ساکارز دیگر حل نشده و به صورت کریستال در می آید.

ب: رقم اشباع یا ضریب اشباع

نسبت حلالیت ساکارز در محلول ناخالص به محلول خالص می باشد.

ج: رقم فوق اشباع یا ضریب فوق اشباع

نسبت حلالیت ساکارز خالص یا ناخالص در محلول فوق اشباع به محلول اشباع است. این ضریب را با علامت یا حرف C نشان می دهند.

$$C = \frac{\text{مقدار ساکارز موجود به ازای یک قسمت آب در محلول فوق اشباع}}{\text{مقدار ساکارز موجود به ازای یک قسمت آب در محلول اشباع}} \quad C = \frac{\text{شکر اضافه}}{\text{آب}}$$

در هنگام حل شدن ساکارز در آب چهار حالت زیر به وجود می آید:

۱- حالت غیر اشباع

حالتی است که اگر کریستال شکر به آب اضافه شود، در آن حل می شود.

## ۲- حالت اشباع

حالتی است که اگر کریستال شکر به آن اضافه شود حل نمی‌شود و ضمناً مولکول ساکارز اضافه‌ای وجود ندارد که بتواند به صورت کریستال در آید.

## ۳- حالت فوق اشباع

حالتی است که مولکول‌های موجود به خودی خود نمی‌توانند جذب یکدیگر شوند و ایجاد کریستال نمایند. اگر ساکارز اضافه شود در این صورت کریستالها می‌توانند مولکولهای ساکارزی که حلالیت خود را از دست داده‌اند جذب نموده و درشت‌تر شوند. از نظر صنعت قند این وضعیت بهترین حالت است زیرا در این حالت عمل کریستالیزاسیون تحت کنترل قرار دارد و کریستال‌های ساکارز یکنواخت‌تری به دست می‌آید.

## ۴- حالت مافوق اشباع

حالتی است که هم کریستالهای موجود می‌توانند رشد کنند و هم این که مولکول‌های ساکارزی که حلالیت خود را از دست داده‌اند می‌توانند جذب یکدیگر شده و ایجاد کریستال نمایند. این حالت به هیچ وجه مناسب صنعت نیست زیرا کریستال‌های حاصله ریز و درشت بوده و باعث کاهش کیفیت شکر می‌شوند.

با دو عمل می‌توان فوق اشباعیت یا ضریب C را بالا برد:

۱- اضافه کردن شکر

۲- تبخیر آب که در کارخانه از این روش استفاده می‌شود.

تبخیر آب در کارخانجات قند در این مرحله تحت خلأ و در دمای  $75^{\circ}\text{C}$  انجام می‌شود و به این مرحله طباقی یا کریستالیزاسیون می‌گویند. پس این مرحله در واقع ادامه عملیات اوپراسیون است.

براین مبنای سه حالت یا منطقه را می‌توان متصور بود:

۱- منطقه META که در آن  $C=1-1.2$  می‌باشد در این منطقه اگر کریستالی وجود داشته باشد رشد کرده و اما کریستال جدیدی تشکیل نمی‌شود.

۲- منطقه دارای  $C=1.2-1.3$  یا منطقه متوسط<sup>۱</sup> است که در این مرحله در صورتی که هسته کریستالیزاسیون وجود داشته باشد کریستال جدیدی تشکیل می‌شود.

۳- منطقه‌ای که حالت مافوق اشباع دارد و  $C > 1.3$  است. کریستال‌های جدید با ابعاد و اشکال گوناگونی تشکیل می‌شود که به این منطقه، منطقه ناپایدار<sup>۲</sup> گویند.

از آن جایی که در منطقه متوسط و ناپایدار کریستال یکنواخت به دست نمی‌آوریم، منطقه متا، مناسب‌ترین ناحیه جهت تشکیل کریستال است.

1. Inter mediate

2. Labile zone

## راه‌های کریستالیزاسیون عبارتند از:

### ۱- ایجاد شوک:

چنانچه به شربت فوق اشباع، شوک وارد کنیم مولکول‌های ساکارز حلالیت خود را از دست داده و ایجاد کریستال می‌کنند. به دلیل یکنواخت نبودن اندازه کریستال‌های حاصله این روش به هیچ وجه مناسب صنعت قند نیست.

### ۲- افزودن پودر شکر:

به شربت فوق اشباع پودر شکر اضافه می‌کنند چون این پودر دارای سطوح فعالی است که مولکول‌های ساکارز را جذب خود کرده و کریستال‌های درشت ایجاد می‌کند. در این روش ساخته شدن کریستال جدید و ایجاد کریستال‌های دوقلو اجتناب ناپذیر است. از معایب کریستال‌های دوقلو یا چند قلو این است که چون کریستال‌های ساکارز به هم متصل می‌شوند لذا درمحل اتصال کریستال‌ها لایه‌ای از چربی باقی می‌ماند که به طور ظاهری این لایه دیده نمی‌شود ولی به محض حل شدن شکر در آب این رنگ ظاهر می‌شود.

### ۳- افزودن پودر شکری که با الکل ایزوآمیل به مدت ۴ ساعت در آسیاب قرار داده شده است :

این روش هم سبب ایجاد کریستال‌های ریز و دوقلو یا چند قلو می‌شود.

### ۴- افزودن پودر شکری که با الکل ایزوآمیل به مدت ۸ ساعت در آسیاب قرار گرفته سپس به آن گلیسرین اضافه

شده است:

### ۵- استفاده از امواج اولتراسونیک<sup>۱</sup>:

این امواج با ایجاد تلاطم و بهم خوردگی لازم در محلول فوق اشباع، شرایط مناسب را برای ایجاد هسته‌های اولیه کریستال فراهم می‌سازند. این بهترین روش است و کریستال دوقلو یا چند قلو در آن در حداقل است.

بدنه‌های طبخ‌ی یا دستگاه‌های پخت معمولاً از نوع متناوب یا Batch هستند. دستگاه‌های پخت تحت خلأ قرار دارند. علت کاربرد خلأ آن است که با توجه به غلیظ بودن شربت چنانچه تغلیظ در فشار جو صورت گیرد، نقطه جوش آن تا حدود 120 درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در چنین دمایی تیره شدن شدید رنگ شربت روی خواهد داد. با اعمال خلأ، نقطه جوش شربت به پایین‌تر از 100 درجه سانتی‌گراد رسیده و جوشیدن غالباً در محدوده دمایی 75-80 درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود.

مراحل کریستالیزاسیون به ترتیب زیر است.

#### ۱- مرحله تزریق :

شربت وارد کریستالایزر می‌گردد و شیر بخار باز می‌شود.

#### ۲- مرحله تغلیظ:

هرچه آب بخار می‌شود شربت اضافه می‌کنیم تا یک سطح ثابت در کریستالایزر حفظ شود. پایان مرحله تغلیظ زمانی است که به فوق

اشباع لازم برای کریستالیزاسیون برسیم.

### ۳- مرحله دانه پاشی یا دانه گذاری<sup>۱</sup> :

در این مرحله از کریستال‌های ریز شکر استفاده می‌کنیم که تشکیل هسته‌های اولیه کریستال را می‌دهد.

### ۴- مرحله تشکیل کریستال:

این مرحله حدود ۱۰ دقیقه طول می‌کشد تا میزان رشد مطلوب در کریستال‌ها اتفاق افتد. تزریق شربت در این مرحله قطع می‌شود برای اینکه تاحد ممکن ضریب فوق اشباع ثابت نگه داشته شود، به وسیله بستن بخار تبخیر آب شربت را کاهش می‌دهند و یا با استفاده از آب آن را متعادل می‌کنند.

در صورتی که از ماگما برای دانه‌گذاری استفاده شود مرحله فوق حذف می‌شود. در این صورت ضریب فوق اشباع  $C = 0.95 - 1.05$  می‌باشد.

### ۵- مرحله رشد کریستال :

مهم‌ترین مرحله طبخی، دانه‌بندی و رشد کریستال‌هاست.

در محلول محتوی ساکارز عمده‌ترین پیوندهای مولکولی، پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های هیدروکسیل در مولکول ساکارز با آب می‌باشد که قویتر از پیوند بین گروه‌های هیدروکسیل در مولکول‌های ساکارز مجاور یکدیگر است. لذا با عمل تبخیر آب و جدا کردن مولکول‌های آب سعی می‌شود که تشکیل پیوند بین مولکول‌های ساکارز تقویت شود.

مجدداً با باز کردن بخار، تبخیر آب افزایش می‌یابد و برای ثابت نگه داشتن ضریب فوق اشباع شربت پایه در منطقه متا، سیروپ تزریق می‌شود تا تبخیر جبران شود در این مرحله آرام آرام درجه حرارت بالا می‌رود که این افزایش با افزایش ناخالصی همراه است.

### ۶- مرحله سفت شدن :

در این مرحله دیگر سیروپ اضافه نمی‌شود و تغلیظ تا رسیدن به 55 درصد کریستال ادامه می‌یابد با سنجش غلظت (BX=90-92) می‌توان فهمید که به این میزان رسیده‌ایم و در نهایت کریستالیزر را تخلیه می‌کنند.

**نکته:** ماده غیر قندی سبب افزایش حلالیت ساکارز شده و در نتیجه مانع جذب ساکارز می‌شود پس هر قدر نسبت ماده غیر قندی به قندی بیشتر باشد زمان کریستالیزاسیون طولانی‌تر است و برعکس هرچه درجه خلوص بالاتر باشد زمان کریستالیزاسیون کوتاه‌تر است.

پخت در زمان تخلیه دمایی حدود  $85^{\circ}\text{C}$  دارد وقتی پخت به داخل مالاکسور<sup>۲</sup> تخلیه می‌شود درجه حرارتش کاهش می‌یابد و در نتیجه درجه فوق اشباعی در حدود 0.1 افزایش یافته و احتمال تشکیل کریستال‌های جدید وجود دارد که نامطلوب است. بنابراین برای کاهش درجه فوق اشباعی به پخت‌مقداری آب گرم  $75^{\circ}\text{C}$  اضافه می‌کنند.

### مراحل تولید شکر سفید از پخت‌ها:

در اثر سانتریفیوژ کردن پخت I دو جز شکر سفید<sup>۳</sup> و پساب ضعیف تشکیل می‌شود. در مورد پساب ضعیف بعضی منابع اصطلاح شربت سبز<sup>۱</sup> را به کار می‌برند.

1. Seeding
2. Malaxour
3. White sugar

شکر ایجاد شده از نظر سفیدی و درخشندگی مطلوب نیست زیرا لایه‌ای از پساب اطراف آن را احاطه کرده است پس زرد رنگ به نظر می‌رسد.

برای از بین بردن این لایه‌ی نازک، شکر را در داخل سانتریفوژ با آب گرم شستشو می‌دهند که به این عملیات کلر ساژ<sup>۲</sup> می‌گویند. در نتیجه شستشو مقدار کمی از کریستال شکر نیز حل می‌شود مجموع این شکر حل شده و پسابی که بلورهای شکر را احاطه کرده بود تشکیل پساب قوی را می‌دهد زیرا درجه خلوص بالایی دارد. پساب قوی را مجدداً به داخل پخت I بر می‌گردانند. زمانی که کیفیت شکر مهم‌تر باشد عملیات کلر ساژ را بیشتر انجام می‌دهند.

پساب ضعیف پخت I به پخت II وارد می‌شود و مراحل پخت و دانه گذاری نیز انجام می‌شود. از سانتریفوژ کردن پخت II دو جز تشکیل می‌شود که شامل شکر زرد<sup>۳</sup> و پساب می‌باشد.

هر گاه شکر را مجدداً در آب حل نمایند و به بریکس حدود 60-62 برسازند کلرس<sup>۴</sup> ایجاد می‌شود. در این حالت شکر زرد حاصل از پخت II در آب حل شده و کلرس II ایجاد می‌شود. اگر Bx کلرس از 62 درصد بالاتر رود، مشکلاتی در کار صافی‌ها رخ می‌دهد.

کلرس II به داخل پخت I برگردانده می‌شود و پساب ضعیف پخت II نیز به مرحله III فرستاده می‌شود. در برخی از کارخانجات به منظور افزایش درجه خلوص شربت غلیظ قبل از ارسال آن به مرحله طبخ، آن را با کلرس دو مخلوط می‌کنند و آن‌چه به دست می‌آید لیکور استاندارد<sup>۵</sup> است. جهت کاهش رنگ تیره لیکور استاندارد ممکن است عملیات سولفیتاسیون بر روی آن انجام شود.

**نکته:** لیکور استاندارد درجه خلوص بالاتری نسبت به شربت غلیظ دارد.

از آنجایی که میزان ناخالصی‌های پخت III زیاد است بنابراین مدت لازم برای کریستالیزاسیون پخت III طولانی است در این مرحله عمل تغلیظ تدریجی و در فشار و دمای کم صورت می‌گیرد. پس از طی مراحل کریستالیزاسیون در نهایت آپارات پخت III به داخل رفریژرانت تخلیه می‌شود. مدت زمان باقی ماندن پخت در رفریژرانت سه طولانی‌تر از پخت یک و دو است و گاهی به حدود 12 تا 72 ساعت می‌رسد. در طی این مدت با به جریان انداختن آب سرد در هم‌زن‌های رفریژرانت دمای ماسکویت به حدود  $45^{\circ}\text{C}$  می‌رسد این حالت سبب می‌شود که حالت فوق اشباع ماسکویت افزایش یافته و رشد کریستال‌ها تداوم یابد. پس از مدتی که کریستال‌ها رشد می‌کنند به تدریج ماسکویت سفت شده و سیالیت آن کاهش پیدا کرده و ویسکوزیته به شدت افزایش می‌یابد جهت کاهش سیالیت به ماسکویت آب اضافه می‌شود.

وقتی که ماسکویت سه سانتریفوژ می‌شود حاصل کار شکر پخت سه و پساب پخت سه است که در سیستم سه پختی، سپاب پخت سه (پخت آخر) را ملاس می‌گویند.

شکر پخت سه تحت عنوان شکر قرمز می‌باشد که به چند صورت قابل استفاده است:

۱- شکر قرمز را در آب کندانس یا شربت رقیق حل کرده و به عنوان کلرس سه در تولید پخت دو استفاده می‌شود.

1. Green syrup
2. Claircage
3. Yellow Sugar
4. Clairce
5. Standard liquor

۲- روش دیگر استفاده از شکر پخت سه به صورت آفینه می‌باشد. در این روش مقدار کمی شربت رقیق به شکر درجه سه اضافه می‌شود. البته مقدار شربت رقیق اضافه شده به حدی کم است که شکر تنها کمی مرطوب می‌شود و حل نمی‌گردد، محصول به دست آمده را آفینه یا ماگما می‌نامند. سپس ماگما را سانتریفوژ کرده و پساب آن را در پخت سه یا دو مصرف می‌کنند. شکری که از سانتریفوژ کردن ماگما حاصل می‌شود را شکر آفینه می‌نامند. اگر درجه خلوص شکر آفینه بالا باشد می‌توان آن را در تهیه لیکور استاندارد به کار برد.

### بنا به دلایل زیر نمی‌توان کریستالیزاسیون را در یک مرحله انجام داد:

- ۱- اگر میزان کریستال در داخل پخت به حدود 55 درصد برسد سیالیت پخت از بین می‌رود پس حداکثر مقدار کریستال 55-60 درصد است.
- ۲- اصولاً هر چه درجه خلوص شربت بالاتر باشد مراحل کریستالیزاسیون بیشتر می‌شود. در این حالت درجه خلوص پساب هم بالاتر خواهد بود ضمن این‌که کریستال بیشتری نیز تشکیل می‌شود. پس چون در پخت I درجه خلوص پساب بالا خواهد بود بنابراین باید مراحل پخت بعدی نیز انجام گیرد تا حدی که درجه خلوص به حدود 60 برسد که به صورت ملاس می‌شود.

## راه‌های کاهش ویسکوزیته پخت III

### ۱- استفاده از مواد شیمیایی:

ترکیب اصلی این مواد نوعی استر ( $\alpha$ -methyl glucoside ester) می‌باشد. این مواد هم باعث کاهش ویسکوزیته و هم باعث کاهش زمان طبخ می‌شوند.

### ۲- افزایش دمای ماسکویت:

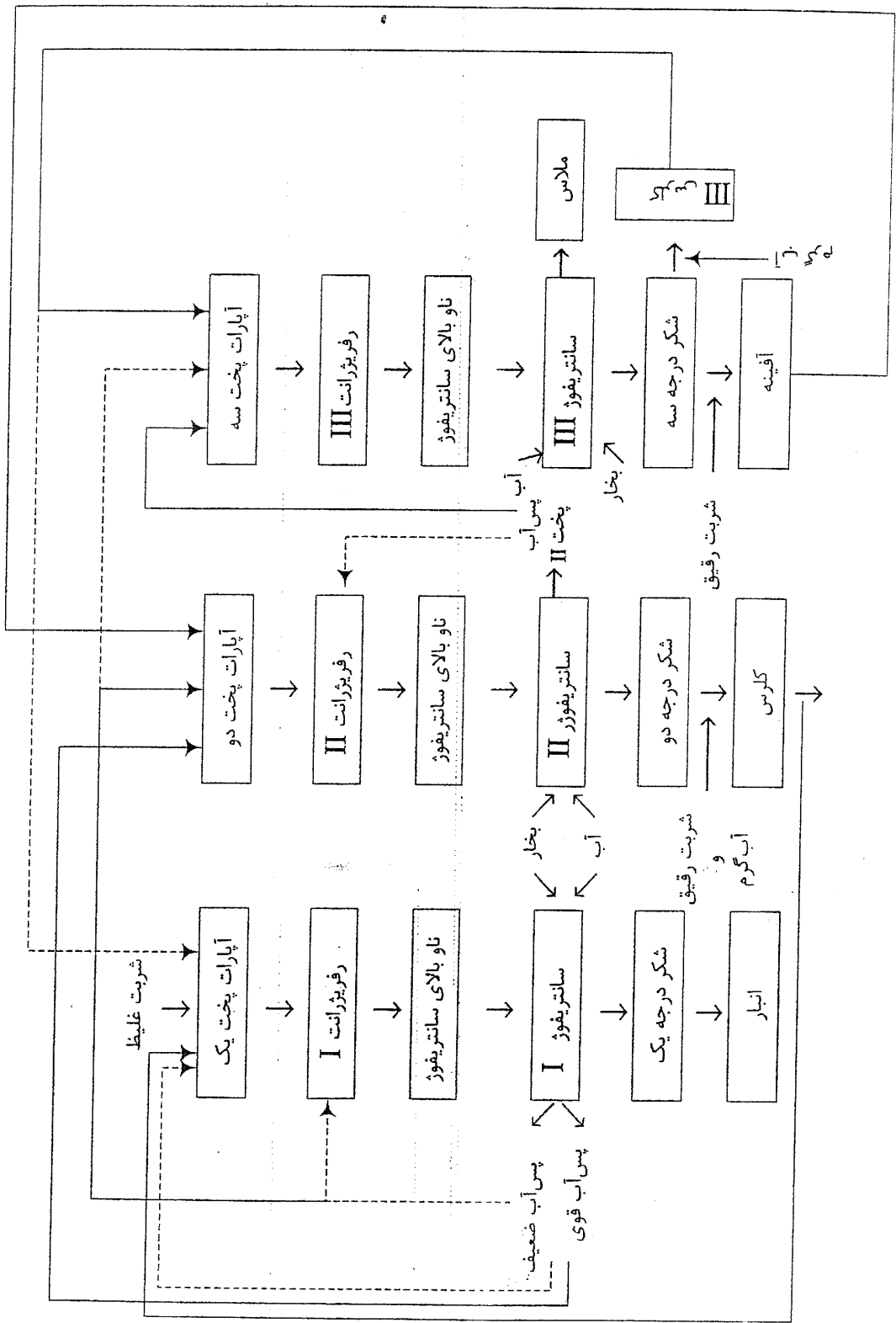
در این روش در مراحل انتهایی نگهداری ماسکویت در رفریژرانت و درست قبل از سانتریفوژ کردن ماسکویت دمای آن را افزایش داده و به حدود 50 درجه سانتی‌گراد می‌رسانیم، افزایش دما ویسکوزیته را کاهش می‌دهد.

### ۳- افزایش دادن تعداد رفریژرانت‌ها:

با این روش می‌توان مدت بیشتری ماسکویت را در رفریژرانت نگهداری کرد و کندی کار سانتریفوژ خلی در عملکرد مراحل قبل و بعد از آن بوجود نمی‌آورد. البته باید فضای لازم برای این کار هم وجود داشته باشد.

### ۴- افزودن آب به ماسکویت:

این روش در کشورهایی مانند ایران استفاده می‌شود که روش مناسبی نیست زیرا آب موجب حل شدن مقداری از ساکارز موجود در ماسکویت پخت آخر شده و ضایعات قندی از طریق ملاس افزایش می‌یابد. لذا بهتر است از این روش استفاده نشود مگر این‌که چاره دیگری وجود نداشته باشد. در این صورت نیز باید به مقدار مشخص و کنترل شده آب اضافه شود.



دیگرام جریان شربت‌ها و پساب‌ها در یک سیستم سه پختی



### رفریژرانت‌ها<sup>۱</sup>:

مخازنی هستند که زیر دیگ‌های پخت نصب می‌شوند و محتویات دیگ پخت پس از خاتمه کار طبخ‌ی به داخل آن‌ها تخلیه می‌شود این مخازن مجهز به هم‌زن‌های قوی بوده و ماسکویت<sup>۲</sup> را برای سانتریفیوژ کردن آماده می‌سازد.

در برخی کارخانجات رفریژرانت پخت یک و دو را که نقش سردکنندگی کمتری دارند و بیشتر نقش هم زدن ماسکویت را دارند به نام مخلوط کننده پخت یا میکسر یا مالاکسور<sup>۳</sup> می‌نامند.

اما در مورد پخت سه نقش دستگاه فوق در سرد کردن ماسکویت به منظور تداوم رشد کریستال‌های شکر با اهمیت است به همین دلیل این دستگاه تنها یک مخلوط کننده ساده نیست، بلکه هم‌زن‌های آن حالت دو جداره داشته و با برقراری جریان آب سرد در جدار داخل آن‌ها در حد لازم ماسکویت را سرد می‌کنند تا با افزایش حالت فوق اشباع رشد کریستال‌ها در دستگاه مذکور تا قبل از مرحله سانتریفیوژ ادامه می‌یابد. بنابراین در مورد مالاکسور پخت سه اصطلاح رفریژرانت به کار می‌رود.

| پخت I | پخت II | پخت I | نوع پخت / خصوصیات |
|-------|--------|-------|-------------------|
| 89-90 | 92-94  | 93-95 | بریکس             |
| 91-93 | 86-88  | 76-78 | درجه خلوص         |
| 2-2.5 | 2.5-4  | 12-18 | زمان پخت (ساعت)   |

برای سانتریفیوژ کردن ماسکویت از دستگاه سانتریفیوژ استفاده می‌شود در سانتریفیوژ ضمن اعمال نیروی گریز از مرکز، شربت و قسمت عمده ناخالصی‌ها از کریستال‌های شکر موجود در ماسکویت جدا می‌شود. سانتریفیوژها در دو نوع مداوم و غیرمداوم ساخته می‌شوند. سانتریفیوژهای پخت یک از نوع غیر مداوم و سانتریفیوژهای پخت دو و سه از نوع مداوم هستند.

در سانتریفیوژهای مداوم به کریستال‌های شکر ضربه وارد می‌شود بنابراین کریستال‌ها دچار شکستگی می‌شوند و حالتی مات و کدر می‌گیرند اما در سانتریفیوژهای غیر مداوم این اتفاق نمی‌افتد چون شکر درجه یک باید به بازار عرضه شود اما اگر هدف تولید قند از شکر باشد از سانتریفیوژهای مداوم برای پخت یک نیز می‌توان استفاده کرد.

### خشک کردن شکر سفید

شکر سفیدی که از سانتریفیوژ پخت I خارج می‌شود، تقریباً حدود 1 تا 2 درصد رطوبت دارد، بنابراین باید آن را خشک کرد تا عمر نگهداری آن افزایش یابد. این کار در دستگاه‌های خشک‌کن شکر<sup>۳</sup> صورت می‌گیرد که به نام گرانولاتور نیز خوانده می‌شوند.

### انواع خشک‌کن‌های شکر:

۱- خشک‌کن استوانه‌ای گردان<sup>۴</sup>

1. Refrigerants
2. Massecuite
3. Sugar drier
4. Rotary Drom Drier

که از انواع این خشک کن می توان به خشک کن بی . ام . آ<sup>۱</sup> و خشک کن بوکاولف<sup>۲</sup> اشاره کرد.

۲- خشک کن سینی دار توربو<sup>۳</sup>

۳- خشک کن گردان روزنه دار یا روتولور<sup>۴</sup>

- دانه های شکر که از خشک کن خارج می شود معمولاً رطوبت بسیار اندکی حدود 0.02 تا 0.03 درصد دارند، این رطوبت نباید از 0.06 درصد بیشتر باشد. زیرا:

۱- امکان بهم چسبیدن و کلوخه شدن شکر وجود دارد.

۲- ممکن است فعالیت میکروبی در آن صورت گیرد.

### غربال کردن شکر

بعد از خشک کردن، شکر را غربال می کنند، معمولی ترین غربال، غربالی است که بستر غربال حالت لرزاننده داشته باشد. بعضی از غربال ها طوری طراحی شده اند که شکر را از نظر اندازه نیز درجه بندی می کنند.

### نگهداری شکر

شکر را یا به صورت فله ای یا بسته بندی نگهداری می کنند.

### ملاس

آخرین پساب حاصل از مراحل طبخ یا کریستالیزاسیون است که نمی توان به روش تبخیر و تغلیظ، ساکارز بیشتری را به صورت کریستال از آن جدا کرد.

بررسی ترکیبات شیمیایی ملاس به ویژه اثر مواد غیرقندی برافزایش ساکارز نشان می دهد که دسته ای از مواد غیرقندی موجب افزایش حلالیت ساکارز می شوند این دسته از مواد را ملاس زای مثبت می گویند مانند سدیم و پتاسیم.

برخی از مواد غیرقندی موجب کاهش حلالیت ساکارز می شوند که به آنها ملاس زای منفی می گویند مانند کلسیم.

نکته: مهمترین کاتیون های ملاس زای پتاسیم و بعد سدیم می باشد.

• کم اهمیت ترین آن ها کلسیم و منیزیم می باشد.

• آنیون ها به ترتیب قدرت ملاس زایی عبارتند از:

بی کربنات ها  $> NO_3^- >$  فرآورده اسیدی ناشی از تجزیه قند انورت  $>$  لاکتات  $>$  تیروزینات  $>$  گلوتامات  $> Cl^- > HCOO^- > CO_3^{2-} > OH^-$

۱- مواد به شدت ملاس زا: کربنات های قلیایی و کلرید و استات های سدیم و کلسیم

۲- مواد متوسط ملاس زا: نمک های دیگر سدیم و پتاسیم، آمینواسیدها، اسید لاکتیک

۳- مواد ملاس زا با قدرت کم: قند انورت، نمک های قلیایی ناشی از محصولات تجزیه انورت، تمام نمک های کلسیم و نترات سدیم.

1. B.M.A.drier

2. Buckau – wolf

3. Turbo – Trav drier

### ضریب ملاس زایی:

تعداد کیلوگرمهای ساکارز موجود در ملاس در مقابل یک کیلوگرم از هر ماده غیرساکارزی موجود در آن.

### کاربردهای ملاس:

الف) مصرف مستقیم ملاس

ب) مصرف ملاس در صنایع تخمیری

ج) سایر مصرف ملاس

الف) مصارف مستقیم ملاس:

۱- خوراک دام

۲- مصرف ملاس به عنوان کود

۳- مصرف مستقیم ملاس برای خوراک انسان

۴- تهیه بتائین

۵- کاربرد ملاس در سیستم‌های قندگیری از ملاس

ب) مصرف ملاس در صنایع تخمیری:

۱- تهیه الکل اتیلیک و اسید استیک

۲- تهیه خمیر مایه نانوائی

۳- تهیه اسید گلوتامیک

۴- تهیه اسید سیتریک

۵- تهیه پروتئین تک‌یاخته

ج) سایر مصارف ملاس:

تولید گلیسرین - پروپیونیک اسید و بوتیریک - فوماریک....

### قندگیری از ملاس به روش استفن:

مراحل قندگیری از ملاس به روش استفن:

۱- رقیق کردن ملاس اولیه:

ملاس را در مخزنی که دارای همزن می‌باشد با آب مخلوط کرده در این حالت بریکس ملاس به حدود 5 تا 12 درصد می‌رسد.

علت رقیق کردن ملاس این است که قند موجود در آن با آهک بهتر واکنش نشان می‌دهد. در ضمن دما را به کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسانند.

## ۲- تولید ساکارات و رسوب دادن آن:

ابتدا آهک را در آسیاب‌های مخصوص کاملاً خرد و پودر کرده و آن را الک می‌کنند. سپس پودر آهک را به ملاس رقیق شده در تانک واکنش اضافه کرده، (به آن راکتور یا خنک کننده نیز می‌گویند). واکنشی که بین آهک و ساکارز رخ می‌دهد واکنشی حرارت‌زا (اندوترمیک) می‌باشد. از طرف دیگر برای اینکه آهک بیشتری با ساکارز واکنش دهد و به جای ساکارات محلول، ساکارات نامحلول بصورت ساکارات تری کلسیک بوجود آید نیاز است در تانک واکنش دما تا حد امکان پایین باشد. (دما نباید بالاتر از  $10^{\circ}\text{C}$  باشد).

برخی از راکتورها دوجداره بوده و با جریان آب سرد بین دوجدار عمل خنک کردن صورت می‌گیرد. در برخی از راکتورها تجهیزات جذبی آمونیاک وجود دارد که دما را به 3 تا 4 درجه حتی کمتر می‌رساند.

## ۳- صاف کردن و بدست آوردن کیک ساکارات سرد<sup>۱</sup>:

بعد از انجام مرحله دو محتویات راکتور را صاف می‌کنند، صاف کردن توسط صافی خلاء انجام می‌گیرد. لایه ساکاراتی که روی صافی خلاء قرار می‌گیرد کیک ساکارات سرد نامیده می‌شود.

کیک ساکارات سرد که 90 درصد آن از ساکارات به وجود می‌آید، از صافی خارج می‌شود. به این پساب، پساب مادر<sup>۲</sup> گویند؛ که 65% از ناخالصی‌های ملاس را شامل می‌شود. پساب مادر در برخی از کارخانه‌ها به فاضلاب می‌رود و قند موجود در آن جز ضایعات به حساب می‌آید.

## ۴- فرآیند ساکارات گرم<sup>۳</sup>:

در برخی از کارخانه‌ها فرآیند ساکارات گرم وجود دارد. به این ترتیب که پساب مادر را در یک مبدل حرارتی تا 90 درجه گرم می‌کند تا ساکارات موجود در آن به صورت ساکارات تری کلسیک آماده ته‌نشین شدن گردد.

پساب گرم شده را به دستگاه ته‌نشین کننده<sup>۴</sup> می‌برند. سپس مواد ته‌نشین شده به دستگاه صافی دیگری که از نوع صافی خلاء است منتقل می‌شود؛ آنچه بر روی صافی به صورت لایه‌ای بدست می‌آید کیک ساکارات<sup>۵</sup> گرم نامیده می‌شود.

در مورد واکنش‌هایی که در فرآیند ساکارات گرم واقع می‌شود این نظر وجود دارد که در اثر حرارت اعمال شده تا دمای 90 درجه سانتی‌گراد ترکیبات ساکارات محلول یعنی ساکارات منوکلسیک و ساکارات دی‌کلسیک که در پساب مادر وجود دارند، شکسته شده و آهک از ساکارز جدا می‌شود.

سپس به علت زیاد بودن مقدار آهک در پساب، مجدداً ساکارز با آهک بیشتری واکنش داده و بصورت ساکارات تری کلسیک نامحلول در می‌آید. در نتیجه ساکارات نامحلول هم در دماهای بسیار پایین و هم در دماهای بالا حدود 90 درجه سانتی‌گراد، به وجود می‌آید.

پساب حاصل از کیک ساکارات گرم، 3.5 درصد قند ملاس را با خود می‌برد. این پساب را به عنوان مکمل غذایی به تفاله چغندر می‌زنند یا در محصولات تخمیری مانند مونوسدیم گلوتامات (MSG) استفاده می‌شود. ولی در اغلب کارخانه‌ها پساب به فاضلاب می‌رود.

1. reaction tank
2. cold saccharate cake
3. Mother Liguour
4. Hot saccharate proces
5. Thickener
6. Hot saccharate

## ۵- تهیه شیر ساکارات!

به مجموعه کیک‌های ساکارات که از مرحله 3 و 4 بدست آورند کیک‌های صافی<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند. کیک ساکارات بدست آمده را با شربت رقیق که حداکثر محتوی 10 درصد قند می‌باشد در تانکی مخلوط کرده که به آن شیر ساکارات می‌گویند. شیر ساکارات را تا دمای حدود 85 درجه سانتی‌گراد گرم کرده و آن را غالباً قبل از کربناسیون مثلاً در آهک‌خور مقدماتی یا آهک‌خور اصلی وارد فرآیند تصفیه شربت می‌سازند. چنانچه کارخانه سیستم دفکو کربناسیون داشته باشد و مراحل آهک‌زنی و گاززنی همزمان و در یک دستگاه کربناتور صورت گیرد شیر ساکارات را به قسمت آهک‌زنی دستگاه مذکور می‌فرستند.

**نکته:** با استفاده از روش استفن: ۱- قسمت عمده‌ای از ساکارز ملاس بازیابی می‌شود.

۲- مقداری از آهک لازم برای تصفیه شربت به صورت ساکارات وارد سیستم تصفیه کارخانه می‌شود.

البته به همراه شیر ساکارات مقداری از مواد غیر ساکارزی ملاس نیز به مراحل تصفیه برگشت داده می‌شود. ملاس که برای تشکیل ساکارات به کار می‌رود نباید بیش از 4 درصد انورت داشته باشد.

## ضایعات کارخانه قند

ضایعات کارخانه قند به دو نوع ضایعات معلوم و ضایعات نامعلوم تقسیم می‌شوند.

ضایعات معلوم شامل 2.5 درصد ضایعات ملاس، 0.1 درصد قندی که همراه با گل خارج می‌شود و 0.2 درصد قندی که با تفاله خارج می‌شود.

در حدود 0.2 درصد نیز ضایعات نامعلوم محاسبه می‌کنیم که منشأ آن می‌تواند هیدرولیز شدن قند در کل فرآیند و یا مصرف توسط میکروارگانیسم‌ها باشد.

اگر ضایعات نامعلوم بیش از 0.3 درصد باشد و مثلاً به 1 درصد برسد دلیل آن سررفتن شربت در دیفوزیون می‌باشد.

## راندمان صنعتی

مقدار شکر تولیدی به مقدار چغندر مصرفی را راندمان صنعتی گویند.

## راندمان تجاری

مقدار شکر تولیدی به مقدار چغندر خریداری شده را راندمان تجاری گویند.

## ضریب استحصال تجاری

میزان شکر تولیدی به درصد شکر خریداری شده را ضریب استحصال تجاری گویند.

## ضریب استحصال صنعتی

میزان شکر تولیدی به درصد شکر مصرفی را ضریب استحصال صنعتی گویند.

- کارخانه‌ای 50000 تن چغندر مصرف کرده است اگر درصد ضایعات قندی کارخانه 2.5 درصد باشد و شکر تولیدی 5200 تن باشد. درصد قند چغندر خریداری شده و راندمان و ضریب استحصال کارخانه چقدر است؟

$$\text{راندمان صنعتی} = \frac{5200}{50000} \times 100 = 10.4$$

$$\text{عیار چغندر} = 10.4 + 2.5 = 12.9$$

$$\text{شکر خریداری شده} = 50000 \times 0.129 = 6450$$

$$\text{ضریب استحصال تجاری} = \frac{5200}{6450} \times 100 = 80.6\%$$

## تولید قند کله و حبه

شکر درجه I را در آب کندانس حل نموده تا کلس I به دست آید. بریکس کلس را حدود ۶۰-۶۲ در نظر می‌گیرند. در مرحله بعد عملیات رنگزدایی از کلس I انجام می‌گیرد که به طرق زیر انجام می‌شود.

۱- استفاده از رزین‌های رنگبری

۲- استفاده از کاربورافین ( زغال فعال ) که این روش مرسوم‌تر است.

معمولاً آپارات‌های پخت قند کوچک می‌باشد چنان‌چه هدف تهیه قند حبه باشد، پخت را به داخل رفریژرانت قند حبه تخلیه می‌کنند و سپس آن را سانتریفوژ می‌کنند و پساب حاصله از سانتریفوژ قند به مصرف آپارات پخت I می‌رسد و شکر حاصله از سانتریفوژ قند حبه به طرف پرس‌های قند حبه هدایت می‌گردد. در پرس‌های قند حبه شکرهای مرطوب فشرده شده و شکل قند حبه و یا اشکال دیگر در می‌آید.

پس از آن که قند حبه بر روی سینی‌ها قرار می‌گیرد سینی‌ها به طرف خشک‌کن هدایت می‌شود. دمای خشک‌کن حدود  $80^{\circ}\text{C}$  است.

چنان‌چه هدف تهیه قند کله باشد، پخت را به داخل مالاکسور می‌ریزند که در قسمت تحتانی آن شیرهای تخلیه قرار می‌گیرد.

از طریق شیرهای تخلیه، پخت قند به داخل قالب‌های مخروطی شکل ریخته می‌شود این قالب‌ها در قسمت انتهایی سوراخی دارند و از طریق سوراخ مذکور بر روی میله‌هایی که در واگن‌های مخصوص تعبیه شده مستقر می‌شوند به طوری که میله سوراخ قالب را مسدود می‌کند و توسط واگن قالب‌ها را به طرف گرمخانه حمل می‌کنند. گرمخانه دارای دمای  $35-40^{\circ}\text{C}$  است. زمان توقف قالب‌های قند در گرمخانه ۴ ساعت است پس از آن قند به قسمت سردخانه هدایت می‌شود. دمای سردخانه حدود  $25^{\circ}\text{C}$  است و هدف از توقف قند کله در سردخانه ادامه عمل کریستالیزاسیون است. زمان سردخانه گذاری نیز حدود ۴ ساعت است.

پس از این مرحله عملیات سانتریفوژ با سرعت ۷۰۰ دور در دقیقه انجام می‌گیرد پس از میان کریستال‌های قند خارج می‌شود برای شستشوی قند کله در ضمن سانتریفوژ کردن از شربت یا لیکور خاصی به نام کلس شکر رافیناد استفاده می‌شود و شربت مذکور ضمن عمل سانتریفوژ روی قندهای کله درون قالب‌ها پاشیده می‌شود و پساب بین کریستال‌ها را شستشو داده و خارج می‌کند بدون اینکه سبب حل شدن کریستال‌ها شود. زمان سانتریفوژ کردن حدود  $30-15$  دقیقه می‌باشد.

پس از سانتریفوژ کردن قندهای کله از قالب‌ها خارج می‌شوند این قندها کمی مرطوب بوده و باید در خشک‌کن، خشک شوند. خشک‌کن‌ها در حالت تونلی دارند و برای خشک کردن از هوای گرم استفاده می‌شود. حداکثر دمای خشک کردن قند به حدود 80-85 درجه سانتی‌گراد

می‌رسد.

به قند قبل از سانتریفوژ، قند سبز گفته می‌شود و به قند، پس از سانتریفوژ، قند سفید گفته می‌شود.

نکته ۱: گاهی در جداره قالب، هوا وجود دارد که باعث ایجاد حفره در سطح قند می‌شود. همچنین هنگام تخلیه پخت به داخل قالب، کریستالها ته‌نشین شده و پساب در قسمت فوقانی قالب جمع می‌شود. به منظور برطرف کردن حفره‌های سطح قالب و نیز اختلاط مجدد پساب و کریستال به داخل قالب وارد می‌زنند. (تراش‌دهی کف قالب)

نکته ۲: سر قند متراکم‌تر از ته آن است، لذا در قسمت کف قند کریستال‌ها متراکم نبوده و دارای خلل و فرج می‌باشند. بنابراین با گوشت کوب‌های مخصوص و با وارد کردن ضربه به ته قند، آن را فشرده می‌کنند.

### سوالات تکنولوژی قند

۱- 30 تن پخت از شربت غلیظی با  $Bx=90$  تهیه شده است. اگر درجه خلوص شربت غلیظ  $Q=80$  باشد مقدار مواد غیر قندی در 30 تن پخت چقدر است؟

$$Q = \frac{POL}{BX} \times 100 \quad \text{درصد قند} = \frac{\text{درجه خلوص}}{\text{مواد جامد محلول}} \times 100 = \text{قند} = \frac{PL}{90} \times 100 = 72\%$$

مواد غیر قندی  $90 - 72 = 18\%$

۲- کارخانه‌ای مقدار 900 تن چغندر با درصد قند 15 درصد مصرف کرده است. تعیین کنید چه مقدار شکر وارد کارخانه شده است. اگر شکر تولید 108 تن باشد ضریب استحصال و راندمان کارخانه چقدر است.

شکر خریداری شده  $900 \times 0.15 = 135$

$$\frac{108}{135} \times 100 = 80\% \quad \text{ضریب استحصال}$$

$$\frac{108}{900} \times 100 = 12\% \quad \text{راندمان}$$

۳- در کارخانه‌ای به ازای هر تن چغندر 1200 لیتر شربت تهیه شده است قلیایی این شربت قبل از ورود به اشباع I برابر با درصد 0.6 است و قلیایی شربت خروجی از اشباع I برابر با درصد 0.1 است اگر گل تولیدی دارای درصد 50 آب باشد تعیین کنید چه مقداری گل تولید شده است.



$$\frac{56}{100} \times 0.5 = 0.28 \text{ gr caco}_3 / 100^{\text{cc}}$$

$$\frac{0.28}{0.89} \times 100 \text{ lit} = 31.46 \text{ lit}$$

کربنات کلسیم تولید می‌شود  $1200^{\text{lit}} \Rightarrow 10.68 \text{ kg}$

از آن جایی که گل 50 درصد آب دارد پس وزن گل دو برابر می‌شود.  $10.68 \times 2 = 21.36 \text{ kg}$

۴- درجه خلوص شربت خامی 85 و درصد قند آن در 14 درصد است اگر در 30 درصد مواد غیر قندی آن حذف شود تعیین کنید چه مقدار درجه خلوص شربت خام افزایش می‌یابد؟

$$Q = \frac{POL}{BX} \times 100 \Rightarrow 85 = \frac{14}{BX} \times 100 = BX = 16.5$$

$$BX = S + NS \Rightarrow 16.5 = 14 + NS = 2.5 \text{ غیر قندی}$$

$$2.5 \times \frac{30}{100} = 0.75 \text{ غیر قندی حذف شده}$$

$$2.5 - 0.75 = 1.75 \text{ غیر قندی جدید}$$

$$\frac{14}{15.75} \times 100 = 88.8\% \text{ حدود } 4 \text{ واحد درجه خلوص افزایش یافته است.}$$

۵- کارخانه‌ای 50000 تن چغندر با 15 درصد قند مصرف نموده است. در صورتی که قند تفاله 0.6 درصد باشد تعیین کنید در هر ساعت چقدر شربت تولید شده است. درصد قند شربت خام را 13 فرض کنید.

$$\left. \begin{aligned} m_{sh} &= \text{مقدار شربت تولیدی به ازای 100 کیلو چغندر قند (کشش شربت)} \\ D_{sh} &= \text{درصد قند شربت} \\ D_{To} &= \text{درصد قند تفاله} \end{aligned} \right\}$$

می‌دانیم که مقدار تفاله تولیدی،  $\frac{1}{3}$  مقدار چغندر مصرفی است.

$$m_{sh} = \frac{D_{ch} - \frac{1}{3} D_{To}}{D_{sh}} \times 100 \text{ درصد قند شربت}$$

$$m_{sh} = \frac{15 - \frac{1}{3}(0.6)}{13} \times 100 = 121.5 \text{ kg}$$

شربت 121.5 100 چغندر

شربت تولیدی به ازای 50000 تن چغندر در 24 ساعت  $x = 60792.2T$

شربت تولید شده در هر ساعت  $60.792.2 + 24 = 2532.05$

درصد قند چغندر را در هنگام خریداری عیار و در هنگام مصرف دی‌سیون گویند.

۶- اگر 100 کیلوگرم شربت رقیق را از بریکس 15 به بریکس 60 برسانیم چند کیلوگرم آب را باید بخار کنیم.

$$m_1 x_1 = m_2 x_2$$

$$100 \times 15 = m_2 \times 60 \Rightarrow m_2 = \frac{1500}{60} = 25 \text{ ماده خشک شربت غلیظ}$$

$$100 - 25 = 75 \text{ مقدار آب تبخیر شده}$$

۷- 10 تن شربت با بریکس 14 درصد در هر ساعت وارد یک دستگاه تبخیر کننده می‌شود و با بریکس 56 از آن خارج می‌شود مقدار بخار تولیدی در هر ساعت چند کیلوگرم است.

$$10000 \times 14 = m_2 \times 56 \Rightarrow m_2 = \frac{140000}{56} = 2500 \text{ وزن ماده خروجی}$$

$$10000 - 2500 = 7500 \text{ وزن آب تبخیر شده}$$

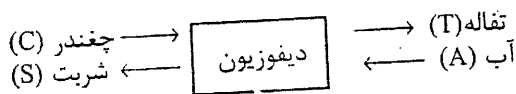


۸- مقدار کل تیتراسیون آهک مصرفی در تصفیه حدود 1.245 درصد cao محاسبه شده است میزان cao بر حسب چغندر مصرفی برای کشش 125 چقدر است.

|            |                         |
|------------|-------------------------|
| مقدار شربت | مقدار cao               |
| 100        | 1.245                   |
| 125        | $x = 1.56\% \leftarrow$ |

چون کشش شربت معادل 125 است یعنی 125 کیلوگرم شربت معادل 100 کیلوگرم چغندر است پس

۹- در صورتی که در دیفوزیون مدار بسته مقدار کشش شربت 115 و مقدار تفاله پرس 75 درصد باشد مقدار آب مصرفی در دیفوزیون چند درصد چغندر مصرفی است؟



موازنه جرم در دیفوزیون به این شرح است.

چون کشش مطرح شده پس اساس بر 100 کیلوگرم چغندر است.

$$A + C = T + S \Rightarrow A = (T + S) - C$$

$$A + 100 = 75 + 115$$

$$A = (75 + 115) - 100 = 90$$

۱۰- اگر میانگین درصد قند گل صافی در یک بهره برداری ۴ ماهه برابر 0.5 درصد و ظرفیت کارخانه 2000 تن باشد ضایعات قندی از طریق گل را محاسبه کنید.

برای محاسبه ضایعات قندی از طریق گل صافی از این رابطه استفاده می کنیم.

$$W = \text{ضایعات قندی از طریق گل}$$

$$C = \text{ظرفیت کارخانه بر حسب میزان چغندر}$$

$$W = C \times S_w \times D \times T$$

$$w = C \times S_w \times D \times T$$

$$W = 2000 \times \frac{0.5}{100} \times \frac{10}{100} \times 120 = 120 \text{ T}$$

$$S_w = \text{میانگین درصد قند گل صافی} \quad w = 2000 \times \frac{0.5}{100} \times \frac{10}{100} \times 120 = 120 \text{ T}$$

$$T = \text{مدت زمان بهره برداری (به روز)}$$

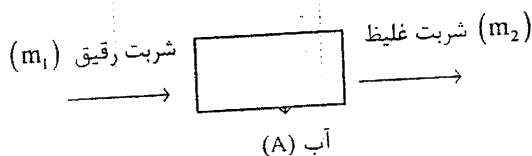
میزان گل صافی به طور متوسط 10 درصد وزن چغندر است.

۱۱- اگر بریکس شربت رقیق و غلیظ به ترتیب 14 و 50 باشد مقدار آب تبخیر شده در دستگاه تبخیر به ازای هر 100 تن شربت رقیق چند تن است؟

$$m_1 x_1 = m_2 x_2$$

$$100 \times 14 = m_2 \times 50 = 28 T$$

$$100 - 28 = 72 \text{ تن} \quad \text{مقدار آب تبخیر شده}$$



در این مسئله موازنه بر پایه ماده خشک انجام می شود.

۲۳ - افزایش مقدار رافینوز در چغندر قند چه اثری بر راندمان کریستالیزاسیون دارد؟

- (۱) افزایش راندمان  
(۲) کاهش راندمان  
(۳) بدون تأثیر  
(۴) بستگی به شرایط محیطی شربت دارد.

۲۴ - برای کاهش ضایعات قندی ملاس و بهبود کیفیت شکر از کدام روش استفاده می‌شود؟

- (۱) رنگبری شربت غلیظ و پساب‌ها به وسیله کربن فعال  
(۲) سختی‌گیری شربت رقیق  
(۳) سولفیتاسیون شربت غلیظ  
(۴) کونتین

۲۵ - چنانچه کشتش دیفوزیون بیشتر از حد نصاب باشد چه اتفاقی می‌افتد؟

- (۱) بریکس و درجه خلوص شربت خام و درصد قند تفاله کاهش می‌یابد.  
(۲) ماده خشک تفاله و درصد قند تفاله افزایش می‌یابد.  
(۳) بریکس شربت خام و درصد قند تفاله و درجه خلوص شربت خام افزایش می‌یابد.  
(۴) بریکس شربت خام و درصد قند تفاله کاهش می‌یابد ولی درجه خلوص شربت خام افزایش می‌یابد.
- ۲۶ - وجود قند در آب‌های تغذیه کننده دیگ بخار کارخانه‌های قند با کدام آزمایش تشخیص داده می‌شود؟

- (۱) Clerget (۲) Inversion (۳) Molish (۴) Polarimetry

۲۷ - کدام اکستراکتور برای تأمین حرارت اکستراکسیون دارای بدنه حرارتی دو جداره است؟

- (۱) DDS (۲) RT (۳) BMA (۴) De - Smet

۲۸ - اگر بریکس شربت رقیق و غلیظ به ترتیب برابر ۱۴ و ۵۰ باشد مقدار آب تبخیر شده در دستگاه تبخیر به ازای ۱۰۰ تن شربت رقیق

چند تن است؟

- (۱) ۶۰ (۲) ۷۰ (۳) ۷۲ (۴) ۷۵

۲۹ - مواد غیر قندی موجود در محلول فوق اشباع شربت چه اثری در رشد بلورها در مرحله پخت دارند؟

- (۱) رشد بلورها را کند می‌نمایند.  
(۲) رشد بلورها را تسریع می‌نمایند.  
(۳) باعث کاهش ویسکوزیته بلورها شده و تغذیه بلورها به راحتی صورت می‌گیرد.  
(۴) تأثیری در فرآیند کریستالیزاسیون ندارند.

۳۰ - به چه علت شربت دیفوزیون حالت تامپون دارد؟

- (۱) pH ثابت (۲) وجود قندهای متنوع (۳) وجود اسیدهای آلی (۴) وجود اسیدهای آمینه

۳۱ - در کدام روش تصفیه شربت، عمل کربوناسیون همراه با آهک‌زنی در دو مرحله جداگانه انجام می‌گیرد؟

- (۱) Benning (۲) Braun schweig (۳) Dorr (۴) Novi sad

۳۲ - در روش استفن ساکارز به چه ترکیبی تبدیل می‌گردد؟

- (۱) دی ساکارات کلسیم  
(۲) تری ساکارات کلسیم  
(۳) مونوساکارات کلسیم  
(۴) مونو، دی و تری ساکارات کلسیم

۳۳ - اگر میانگین قند در گل صافی در یک بهره‌برداری 4 ماهه برابر 0.5 درصد و ظرفیت کارخانه 3000 تن چغندر باشد ضایعات قندی از طریق گل صافی چند تن است؟

(۱) 180 (۲) 250 (۳) 380 (۴) 400

۳۴ - درصد گاز کربونیک در کوره آهک حداقل چقدر بایستی باشد؟

(۱) 20 (۲) 30 (۳) 45 (۴) 50

۳۵ - کدام ترکیب چغندر قند در افزایش مقدار خاکستر شکر نقش مهمتری دارد؟

(۱) آمیدها (۲) بازهای ازت‌دار (۳) نیترات‌ها (۴) نمک‌های آمونیوم

۳۶ - دلیل سیرکولاسیون شربت در کربناتاسیون یک چیست؟

(۱) افزایش قلیایی در کربناتاسیون یک

(۲) کاهش رنگ در شربت کربناتاسیون یک

(۳) صرفه‌جویی در مصرف کلسیم هیدروکسید

(۴) درشت‌تر شدن کریستال‌های کلسیم کربنات و جذب بهتر گاز کربونیک

۳۷ - بیشترین فعالیت آنزیم تیروزیناز در چه قسمتی از خط تولید وجود دارد؟

(۱) اشباع یک (۲) پرشولاژ (۳) دیفوزیون (۴) شولاژ

۳۸ - صافی‌های خلأ یا دایمی در سیستم تصفیه شربت BMA در چه مرحله‌ای به کار برده می‌شود؟

(۱) بعد از دکانتور برای صاف کردن گل دکانتور (۲) برای صاف کردن شربت گل‌آلود کربناتاسیون اول

(۳) بعد از صافی‌های فشار برای صاف کردن گل صافی‌های فشار (۴) برای صاف کردن گل شربت گل‌آلود دفکوساتوراسیون

۳۹ - روش‌های مطرح در آهک خور مقدماتی (coagulation) و مواد پروتئینی غالباً بر تنظیم و کنترل چه فاکتوری تأکید بیشتری دارند؟

(۱) جریان شربت (۲) pH (۳) دما (۴) گل برگشتی از دکانتور

۴۰ - در قندگیری از ملاس روش استفن، ساکارز به کدام ترکیب تبدیل می‌گردد؟

(۱) تری‌ساکارات کلسیم (۲) دی‌ساکارات کلسیم

(۳) مونوساکارات کلسیم (۴) مونو و دی‌ساکارات کلسیم

۴۱ - به چه علت درجه خلوص شربت در ابتدای دیفوزیون بیشتر و در انتهای آن کمتر است؟

(۱) چون بریکس شربت در انتهای دیفوزیون کمتر از ابتدای آن است.

(۲) چون دمای دیفوزیون در ابتدای آن بیشتر از انتهای آن است.

(۳) چون در ابتدای دیفوزیون مقداری از شربت در اثر برش خلال و بدون عمل اسمز وارد می‌شود.

(۴) چون شتاب خروج مواد قندی در ابتدای عمل اسمز بیشتر از شتاب خروج مواد غیرقندی است.

۴۲ - حجم شربت‌گیری از چغندر (کشش شربت) چند درصد وزن چغندر مناسب است؟

(۱) 85 تا 100 (۲) 110 تا 125 (۳) 150 تا 165 (۴) 165 تا 180

۴۳ - اگر درجه خلوص شربت خام 87 درصد و درجه خلوص شربت تصفیه 91 درصد باشد، ضریب تصفیه حدود چند درصد است؟

(۱) 34 (۲) 43 (۳) 57 (۴) 66

۴۴ - برای تسریع در فرآیند کریستالیزاسیون مهم‌ترین تمهیداتی که صورت می‌گیرد مشخص نمایید؟

- (۱) به صورت شوک خنک کردن  
(۲) تلقیح شربت با کریستال‌های ظریف  
(۳) هم‌زدن سریع  
(۴) آهک زدن

۴۵ - کدامیک از خصوصیات زیر جهت چغندر قندی که قرار است برای مدت طولانی ذخیره شود، مناسب‌تر است؟

- (۱) چغندر ریز با سطح نسبی کم زیرا شدت تنفس کاهش می‌یابد.  
(۲) چغندر درشت با سطح نسبی کم زیرا شدت تنفس کاهش می‌یابد.  
(۳) چغندر ریز با سطح نسبی زیاد زیرا شدت تنفس افزایش می‌یابد.  
(۴) چغندر درشت با سطح نسبی زیاد زیرا شدت تنفس افزایش می‌یابد.

۴۶ - ضایعات قندی تفاله با میزان سوتیراژ و زمان شربت‌گیری در فرآیند دیفوزیون (DIFFUSION) به ترتیب چه ارتباطی دارد؟

- (۱) مستقیم - معکوس (۲) مستقیم - مستقیم (۳) معکوس - مستقیم (۴) معکوس - معکوس

۴۷ - در شربت‌گیری از چغندر قند فاسد و یخ زده کدامیک از توصیه‌های زیر اعمال خواهید کرد؟

- (۱) کاهش درجه حرارت و استفاده از تیغه‌های آسیاب 19 دندانه  
(۲) افزایش درجه حرارت و استفاده از تیغه‌های آسیاب 19 دندانه  
(۳) کاهش درجه حرارت و استفاده از تیغه‌های آسیاب 26 دندانه  
(۴) افزایش درجه حرارت و استفاده از تیغه‌های آسیاب 26 دندانه

۴۸ - تجزیه عوامل رنگزا مثل آسپارژین و گلوتامین و انورت عمدتاً از اهداف کدامیک از مراحل تصفیه شربت می‌باشد؟

- (۱) PRELIMING (۲) CARBONATION (۳) MAIN LIMING (۴) CARBONATION

۴۹ - در پروسه قندگیری از ملاس به روش STEFFEN بریکس ملاس چه تغییری یافته و چه عاملی تأثیر بسیار مهمی در راندمان فرآیند خواهد داشت؟

- (۱) بریکس ملاس ثابت - کاهش درجه حرارت  
(۲) بریکس ملاس ثابت - افزایش درجه حرارت  
(۳) بریکس ملاس کاهش یافته - کاهش درجه حرارت  
(۴) بریکس ملاس کاهش یافته - افزایش درجه حرارت

۵۰ - پدیده جوش در کوره آهک صنایع قند چیست و مهم‌ترین عامل آن چیست؟

- (۱) کاهش میزان گاز  $CO_2$  در کوره ناشی از کاهش درجه حرارت معمول ( $1150^\circ C$ )  
(۲) سوختن بیش از اندازه آهک ناشی از افزایش درجه حرارت معمول ( $1150^\circ C$ )  
(۳) نپختن کامل آهک ناشی از کاهش درجه حرارت معمول ( $1150^\circ C$ )  
(۴) افزایش میزان گاز  $CO_2$  در کوره ناشی از افزایش درجه حرارت معمول ( $1150^\circ C$ )

۵۱ - مناسب‌ترین مقدار درصد ساکارز در چغندر قند برای تولید شکر کدام است؟

- (۱) 20 - 25 (۲) 16 - 20 (۳) 10 - 16 (۴) بیشتر از 25

۵۲ - چرا بهترین pH برای شربت حاصله از دیفوزیون کارخانه قند باید بین 8 تا 9 باشد؟

- (۱) ساکارز در محیط قلیایی سریع‌تر استحصال می‌گردد.  
(۲) ضایعات قندی در حداقل ممکن است.  
(۳) با ایجاد ساکارات سدیم از تشکیل قند اینورت ممانعت می‌شود.  
(۴) ایجاد ماده‌رنگی کارامل در این pH به ندرت اتفاق می‌افتد.

۵۳ - در عملیات قندگیری از ملاس کدام یک از پیوند کلسیم با ساکارز به صورت نامحلول تر تشکیل می شود؟

- (۱) منوکلسیم ساکارات  
(۲) دی کلسیم ساکارات  
(۳) تری کلسیم ساکارات  
(۴) کمپلکسی از کربنات و ساکارات کلسیم

۵۴ - کدام یک از تغییرات شیمیایی زیر به هنگام اواپراسیون صورت نمی گیرد؟

- (۱) تغییر در قلیابیت  
(۲) رسوب در اواپراسیون  
(۳) قابلیت انحلال بیشتر املاح کلسیم در محلول های غلیظ تر ساکارز  
(۴) تجزیه ملکول قند و ازدیاد شدت رنگ

۵۵ - در استفاده از اوپراتور چند بدنه ای، کدام یک از گزینه های زیر صحیح است؟

- (۱) بخار حاصله از دیگ بخار تنها برای ایجاد گرما در بدنه اول استفاده می شود.  
(۲) بخار حاصله از بدنه دوم پس از گرم شدن (در هیتر) به بدنه سوم می رود.  
(۳) بخار حاصله از دیگ بخار به تدریج با فشار کمتری جهت گرم کردن بدنه های بعدی می رود.  
(۴) استفاده از بخارات تولیدی به عنوان واسطه حرارتی بدنه های دیگر بدون گرم کردن (هیتر) مقدور نمی باشد.

۵۶ - در کریستالیزاسیون، درجه تقریبی محصولات پس از هر پخت چگونه است؟

- (۱) درجه خلوص افزایش می یابد.  
(۲) درجه خلوص کاهش می یابد.  
(۳) درجه خلوص تغییر نمی کند.  
(۴) درجه خلوص ارتباط به محصولات مختلف پس از هر پخت ندارد.

۵۷ - اصطلاح سوتیراژ در صنعت قند به کدام گزینه اطلاق می شود؟

- (۱) سوتیراژ عبارت از درصد شربت قند استخراج شده از خلال می باشد.  
(۲) شربت حاوی حداکثر قند حلال را سوتیراژ نامند.

$$(۳) \times 100 = \frac{\text{تفاضل قند حلال و تقاله}}{\text{قند شربت}} = \text{سوتیراژ}$$

$$(۴) \times 100 = \frac{\text{قند شربت}}{\text{وزن آب}} = \text{سوتیراژ}$$

۵۸ - در فرآیند STEFFEN ..... درجه حرارت بیشترین تأثیر را در تولید ..... به شکل محلول خواهد داشت.

- (۱) کاهش - تری ساکارات کلسیم  
(۲) افزایش - تری ساکارات کلسیم  
(۳) کاهش - منوساکارات کلسیم  
(۴) افزایش - منوساکارات کلسیم

۵۹ - عامل اصلی پدیده جوش در کوره آهک چیست و چه توصیه ای برای از بین بردن آن می شود؟

- (۱) پایین رفتن درجه حرارت کوره - افزایش نسبت کک به سنگ آهک همراه با افزایش کشش پمپ گاز  
(۲) بالا رفتن درجه حرارت کوره - افزایش نسبت کک به سنگ آهک همراه با کاهش کشش پمپ گاز  
(۳) بالا رفتن درجه حرارت کوره - کاهش نسبت کک به سنگ آهک همراه با افزایش کشش پمپ گاز  
(۴) پایین رفتن درجه حرارت کوره - کاهش نسبت کک به سنگ آهک همراه با کاهش کشش پمپ گاز

۶۰ - سولفیتاسیون در کدام مرحله از فرآیند تولید شکر انجام و هدف از آن چیست؟

- (۱) قبل از آهک‌زنی و به منظور بهبود خواص تبخیرپذیری شربت (۲) قبل از مرحله کربناتاسیون دوم و به منظور کاهش pH  
(۳) قبل از تغلیظ شربت و به منظور کنترل رنگ شربت (۴) قبل از کریستالیزاسیون شربت و به منظور حذف املاح معدنی  
۶۱ - میزان کک مصرفی در کوره آهک چه نسبتی با سنگ آهک داشته و در صورت کمتر شدن چه نتیجه‌ای انتظار می‌رود؟

- (۱) ۱۰% - صعود منطقه آتش  
(۲) ۱% - نزول منطقه آتش  
(۳) ۱۰% - نزول منطقه آتش  
(۴) ۱% - صعود منطقه آتش

۶۲ - برای نگهداری هر چه بهتر چغندر قند کدام عبارت مصداق دارد؟

- (۱) چغندره‌های درشت به دلیل سطح نسبی بیشتر شدت تنفسی بالاتری داشته، لذا برای سیلوکردن مناسب‌تر است.  
(۲) چغندره‌های درشت به دلیل سطح نسبی کمتر شدت تنفسی بالاتری داشته، لذا برای سیلوکردن مناسب‌تر است.  
(۳) چغندره‌های درشت به دلیل سطح نسبی بیشتر شدت تنفسی کمتری داشته، لذا برای سیلوکردن مناسب‌تر است.  
(۴) چغندره‌های درشت به دلیل سطح نسبی کمتر شدت تنفسی کمتری داشته، لذا برای سیلوکردن مناسب‌تر است.

۶۳ - افت pH در شربت اوپراسیون ناشی از کدام یک از عوامل زیر است؟

- (۱) بالا بودن درجه حرارت و زمان در مرحله پرشولاژ  
(۲) کم بودن درجه حرارت و زمان در مرحله شولاژ  
(۳) کم زدن گاز CO<sub>2</sub> و حرارت پایین در مرحله گاز خور اول  
(۴) کم زدن گاز CO<sub>2</sub> و حرارت بالا در مرحله گاز خور دوم

۶۴ - هنگام بروز پدیده جوش در کوره آهک چه راهکاری مناسب می‌باشد؟

- (۱) کاهش نسبت کک به سنگ و افزایش کشش پمپ گاز  
(۲) افزایش نسبت کک به سنگ و افزایش کشش پمپ گاز  
(۳) کاهش نسبت کک به سنگ و کاهش کشش پمپ گاز  
(۴) افزایش نسبت کک به سنگ و کاهش کشش پمپ گاز

۶۵ - در فرآیند Steffen قند موجود به چه شکلی بازیافت می‌شود؟

- (۱) منوساکارات کلسیم حاصل از افزودن آهک به ملاس در  $Bx = 80$   
(۲) تری‌ساکارات کلسیم حاصل از افزودن آهک به ملاس در  $Bx = 10$   
(۳) دی‌ساکارات کلسیم حاصل از افزودن آهک به ملاس در  $Bx = 10$   
(۴) کریستال ساکارز حاصل از افزودن آهک به ملاس در  $Bx = 80$

۶۶ - ضایعات قندی ملاس در کارخانه‌ای از حدود ۲.۵ درصد نسبت به وزن چغندر مصرفی به حدود ۰.۲۵ درصد کاهش یافته است،

کارخانه با کدام روش زیر به چنین نتیجه‌ای دست یافته است؟

- (۱) استفاده از فرآیند استفن  
(۲) استفاده از فرآیند کوئنتین

- (۳) اعمال تصفیه مناسب بر روی شربت خام  
(۴) استفاده از مواد کاهش‌دهنده ویسکوزیته در پخت آخر

۶۷ - تجزیه تمامی انورت و آمیدها برای ایجاد شربت پایدار حرارتی باید در کدام مرحله از عملیات تصفیه شربت امکان‌پذیر بشود؟

- (۱) در کربوناتاسیون اول (اشباع یک)  
(۲) در عملیات شولاژ (آهک‌خور اصلی)

- (۳) در پرشولاژ (آهک‌خور مقدماتی)  
(۴) در کربوناتاسیون دوم (اشباع دو)

۶۸ - اعمال فرآیند کوئنتین بر روی کدام یک از موارد زیر با نتایج بهتری همراه است؟

- (۱) پس آب پخت یک  
(۲) پس آب پخت ماقبل آخر  
(۳) شربت رقیق  
(۴) شربت غلیظ

### پاسخ سؤالات تکنولوژی قند

| شماره تست | گزینه صحیح |
|-----------|------------|
| -۵۵       | ۱          |
| -۵۶       | ۲          |
| -۵۷       | ۱          |
| -۵۸       | ۴          |
| -۵۹       | ۳          |
| -۶۰       | ۳          |
| -۶۱       | ۳          |
| -۶۲       | ۴          |
| -۶۳       | ۲          |
| -۶۴       | ۳          |
| -۶۵       | ۲          |
| -۶۶       | ۱          |
| -۶۷       | ۲          |
| -۶۸       | ۲          |

| شماره تست | گزینه صحیح |
|-----------|------------|
| -۲۸       | ۳          |
| -۲۹       | ۱          |
| -۳۰       | ۴          |
| -۳۱       | ۲          |
| -۳۲       | ۲          |
| -۳۳       | ۱          |
| -۳۴       | ۲          |
| -۳۵       | ۳          |
| -۳۶       | ۴          |
| -۳۷       | ۳          |
| -۳۸       | ۱          |
| -۳۹       | ۲          |
| -۴۰       | ۱          |
| -۴۱       | ۴          |
| -۴۲       | ۲          |
| -۴۳       | ۱          |
| -۴۴       | ۲          |
| -۴۵       | ۲          |
| -۴۶       | ۴          |
| -۴۷       | ۱          |
| -۴۸       | ۳          |
| -۴۹       | ۳          |
| -۵۰       | ۳          |
| -۵۱       | ۲          |
| -۵۲       | ۲          |
| -۵۳       | ۳          |
| -۵۴       | ۳          |

| شماره تست | گزینه صحیح |
|-----------|------------|
| -۱        | ۴          |
| -۲        | ۴          |
| -۳        | ۳          |
| -۴        | ۲          |
| -۵        | ۲          |
| -۶        | ۴          |
| -۷        | ۲          |
| -۸        | ۴          |
| -۹        | ۱          |
| -۱۰       | ۱          |
| -۱۱       | ۴          |
| -۱۲       | ۲          |
| -۱۳       | ۴          |
| -۱۴       | ۱          |
| -۱۵       | ۱          |
| -۱۶       | ۱          |
| -۱۷       | ۴          |
| -۱۸       | ۱          |
| -۱۹       | ۳          |
| -۲۰       | ۳          |
| -۲۱       | ۳          |
| -۲۲       | ۴          |
| -۲۳       | ۲          |
| -۲۴       | ۴          |
| -۲۵       | ۱          |
| -۲۶       | ۳          |
| -۲۷       | ۱          |

## منابع و مأخذ:

- ۱- فاطمی، حسن، اصول تکنولوژی نگهداری مواد غذایی، ۱۳۸۲، چاپ اول شرکت سهامی انتشار
- ۲- ملکی، مرتضی، دختانی، شهرام، صنایع غذایی، ۱۳۶۹، جلد اول، انتشارات شیراز
- ۳- فرجی هارمی، رستم، اصول نگهداری مواد غذایی، ۱۳۷۱، چاپ اول
- ۴- فرجی هارمی، رستم، میوه و سبزی و تکنولوژی نگهداری و تبدیل آن‌ها، ۱۳۷۴، چاپ دوم مرکز نشر دانشگاهی
- ۵- حصاری، جواد، صنایع کنسروسازی، ۱۳۸۲، چاپ اول، نشر مؤلف
- ۶- مرتضوی، سیدعلی، میکروبیولوژی مواد غذایی مدرن، جلد ۱ و ۲، ۱۳۷۷، دانشگاه فردوسی مشهد
- ۷- پایان، رسول، کنسروسازی، ۱۳۷۵، چاپ اول، انتشارات کارنو
- ۸- پایان، رسول، تکنولوژی فرآورده‌های غلات، ۱۳۷۷، چاپ اول نشر نوپردازان
- ۹- رجبزاده، ناصر، مبانی فرآوری غلات، جلد ۱ و ۲، ۱۳۸۰، انتشارات دانشگاه تهران
- ۱۰- مالک، فرشته، چربی‌ها و روغن‌های نباتی خوراکی (ترجمه) ۱۳۷۹، چاپ اول، انتشارات فرهنگ و قلم
- ۱۱- شیخ‌الاسلامی، رضا، تکنولوژی قند، چاپ اول ۱۳۸۲، نشر مؤلف
- ۱۲- اسماعیل‌زاده کناری، رضا، تکنولوژی قند، چاپ اول، ۱۳۸۱، نشر علوم کشاورزی
- ۱۳- رکنی، نوردهر، علوم و صنایع گوشت، چاپ سوم، ۱۳۸۲، انتشارات دانشگاه تهران
- ۱۴- آراسته، نیکو، تکنولوژی غلات (ترجمه) چاپ دوم ۱۳۷۳ انتشارات آستان قدس رضوی
- ۱۵- مصباحی، غلامرضا، اصول صنایع تولید شکر، چاپ اول ۱۳۸۲، نشر علوم کشاورزی.



## یادداشت

A series of horizontal dotted lines for writing.



