



## مدرسارن شریف

### فصل اول

#### « شیر و ترکیبات آن »

#### شیر

فدراسیون بین‌المللی شیر "International Dairy Federation : IDF" تاکنون دو تعریف برای شیر ارائه داده است:

**تعریف اول:** شیر محصول تمام و کمال یک دوشش کامل و بدون وقفه یک پستاندار سالم است که خوب تغذیه شده باشد و در موقع دوشش خسته نباشد و بدون آغوز یا Beasting باشد.

**تعریف دوم:** شیر محصول ترشح پستانی است که از طریق یک یا چند دوشش بدون افزودن چیزی یا جداکردن چیزی از آن به دست می‌آید. (در این تعریف صرفاً تقلبات شیر از قبیل گرفتن چربی و افزودن آنتی‌بیوتیک‌ها مورد نظر بوده است.)

شیر ماده مغذی به رنگ سفید، کدر و کمی شیرین است، معمولاً بی بو و با pH اسیدی نزدیک به خنثی (pH = 6/8) و دانسیته متوسط ۱/۰۳۲ و نقطه انجماد ۰/۵- می‌باشد. شیر نایستی دارای کمتر از ۸/۲۵% ماده خشک بدون چربی (MSNF : Milk Solid Not Fat) باشد و همچنین نباید کمتر از ۳/۲۵% چربی (Fat) داشته باشد. پس ماده خشک شیر نباید کمتر از ۱۳/۵% باشد.

**کلستروم (آغوز یا ماک):** به اولین شیر پس از زایمان که ترکیبی کاملاً متفاوت با شیر دارد، آغوز گفته می‌شود. مایعی نسبتاً غلیظ به رنگ زرد مایل به قرمز با طعم اندکی شور مایل به تلخ که به سرعت ترش می‌شود. ماده خشک آن ۲۰% می‌باشد. بالا بودن ماده خشک آغوز به علت فراوان بودن آلبومین و گلبولین در آن است. کلستروم از نظر ترکیب تا حدودی شبیه سرم خون است و حتی ممکن است دارای گلبول قرمز و گلبول سفید خون نیز باشد. میزان ایمونوگلوبولین در کلستروم تقریباً حدود ۷% است که مقدار آن در شیر معمولی در اواسط دوران شیردهی به کمتر از ۱/۰% می‌رسد. وجود پروتئین‌های سرم خون به مقدار زیاد در آن، موجب می‌شود که در اثر حرارت دادن در حدود ۸۰°C به ماده ژل ماندنی مشابه سفیده تخم‌مرغ تبدیل گردد. کلستروم دارای آنتی‌بادی می‌باشد که گوساله‌ها را تا موقع به کار افتادن سیستم دفاعی بدن مصون نگه می‌دارد.

**نکته ۱:** مقاومت حرارتی پایین آغوز سبب کاهش مقاومت شیر در هنگام پاستوریزاسیون می‌شود.

**مثال ۱:** بالا بودن ماده خشک آغوز به چه دلیل است؟

(۱) فراوان بودن آلبومین و گلبولین (۲) فراوان بودن لاکتوز (۳) فراوان بودن چربی (۴) فراوان بودن کازئین

پاسخ: گزینه «۱» بالا بودن ماده خشک آغوز به علت فراوان بودن آلبومین و گلبولین در آن است.

مقدار مس در کلستروم بیشتر از  $100 \frac{\mu\text{gr}}{\text{kg}}$  است که مقدار آن در شیر معمولی در اواسط دوران شیردهی به  $20 \frac{\mu\text{gr}}{\text{kg}}$  می‌رسد. مقدار آهن نیز در کلستروم بالا است.

ترکیب آنزیمی کلستروم کاملاً متفاوت از شیر معمولی است و حاوی مقدار بیشتری از آنزیم‌های پروتئولیتیک و لیپولیتیک می‌باشد. مقدار پراکسیداز و کاتالاز آن نیز در مقایسه با شیر معمولی نسبتاً بالاست.

جدول ۱: ترکیبات شیمیایی کلستروم بر حسب درصد

درصد	ترکیبات شیمیایی
۷۹	آب
۴	چربی
۱۶/۵ - ۱۲/۵	پروتئین
۲-۳	لاکتوز
۱-۱/۶	املاح



وزن مخصوص کلاستروم ۱/۰۹۴-۱/۰۳۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب است. شیر کلاستروم برای گوساله در اوایل تولد بسیار ضروری محسوب می‌شود، زیرا از کل پروتئین موجود در شیر آغوز، چهار درصد کازئین و بقیه را پروتئین محلول در آب (Whey Protein) یا پروتئین آب پنیر تشکیل می‌دهد. پروتئین محلول در آب سرشار از ایمونوگلوبولین بوده و به گوساله در مقابل میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا مصونیت می‌بخشد. همچنین کلاستروم سرشار از ویتامین‌های A و B<sub>2</sub> و همچنین بتاکاروتن است. pH کلاستروم پائین‌تر از شیر معمولی است و ممکن است تا ۶ برسد. اسیدیته کلاستروم ۲۷-۲۵ °D می‌باشد. لاکتوز یا قند شیر در کلاستروم کمتر از شیر معمولی است و مقدار نمک‌های آن به علت داشتن املاح منیزیم، بیشتر از شیر معمولی است. وجود این املاح و بقیه خصوصیات کلاستروم موجب می‌شود که سفتی روده‌ی حیوان که در بدو تولد وجود دارد از بین برود و مختصری هم خاصیت مسهلی (نرم‌کنندگی) دارد. به طور کلی املاح Ca - Mg - P - Cl در کلاستروم بیشتر از شیر معمولی است. در صورتی که K در حد پایین‌تری قرار دارد. کلاستروم نسبت به گرما و اسید حساس می‌باشد ولی در مقابل مایه پنیر مقاوم است. تغییر ترکیب کلاستروم و تبدیل آن به شیر معمولی تقریباً ۴ روز به طول می‌انجامد که مقدار پروتئین دیرتر از سایر مواد به حد طبیعی می‌رسد. به علت وجود ایمونوگلوبولین در ۸۰-۷۰ °C منعقد می‌شود بنابراین نباید با شیر مخلوط شود. طبق قانون نباید شیر حاوی کلاستروم را تا ۵ روز بعد از زایمان به کارخانه تحویل داد که در مورد شیر ممتاز گواهی شده (Certified milk) تا این زمان ۱۰ روز است. (این شیر خام و بدون اعمال فرایند، بسته‌بندی شده و تحویل مصرف کننده می‌شود. این شیر در گاوداری‌های پیشرفته به دست می‌آید و قیمت بالایی دارد و از نظر تغذیه‌ای حائز اهمیت می‌باشد).

کج مثال ۲: pH و اسیدیته آغوز به ترتیب چقدر است؟

$$(۲) \text{ pH} = ۶ \text{ و اسیدیته } ۲۷-۲۵ \text{ } ^\circ\text{D}$$

$$(۱) \text{ pH} = ۶/۳ \text{ و اسیدیته } ۳-۲۷ \text{ } ^\circ\text{D}$$

$$(۴) \text{ pH} = ۴/۶ \text{ و اسیدیته } ۱۲ \text{ } ^\circ\text{D}$$

$$(۳) \text{ pH} = ۶/۵ \text{ و اسیدیته } ۱۸ \text{ } ^\circ\text{D}$$

پاسخ: گزینه «۲» pH کلاستروم پایین‌تر از شیر معمولی است و ممکن است تا ۶ برسد. اسیدیته کلاستروم ۲۷-۲۵ °D می‌باشد.

### ارزش غذایی و اقتصادی شیر

در بین غذاهای مختلفی که روزانه مصرف می‌شوند، شیر از مناسب‌ترین و متعادل‌ترین ترکیبات برخوردار است و تنها ماده غذایی است که اکثر نیازهای تغذیه‌ای انسان را تأمین می‌کند.

شیر حاوی ۶ بخش مغذی: کربوهیدرات، پروتئین، چربی، آب و اکثر املاح و ویتامین‌ها است و فقط از نظر آهن و ویتامین C کمبود دارد. پروتئین شیر ارزش بیولوژیکی بالایی دارد و منبع خوبی از اسیدهای آمینه‌ی ضروری است. چربی شیر به حالت امولسیون است و به خوبی هضم و جذب می‌شود. شیر منبع خوبی از کلسیم و فسفر است، به طوری که در ۱ لیتر شیر ۱۲۰۰ میلی‌گرم کلسیم و ۹۰۰ میلی‌گرم فسفر وجود دارد. شیر تا سن ۶ ماهگی برای نوزاد یک غذای کامل است و بعد از آن هم می‌بایست به مقدار لازم مصرف شود. مصرف شیر برای تمام گروه‌های سنی توصیه می‌شود. مصرف سرانه‌ی شیر می‌تواند نشانگر وضعیت بهداشتی و اقتصادی هر کشوری باشد. در کشورهایی که مصرف سرانه‌ی شیر بالاست متوسط عمر افراد جامعه هم بیشتر است. عواملی که می‌توانند بر مصرف شیر تأثیر بگذارند، در زیر آمده‌اند:

۱- تولید شیر ۲- وضعیت اقتصادی ۳- شرایط آب و هوایی ۴- فرهنگ و آداب و رسوم  
باید متذکر شد در جهان حدود ۶۰۰ میلیون تن شیر در سال تولید می‌شود و مصرف سرانه ۹۶، کیلوگرم در سال است که البته یکنواختی وجود ندارد، در بعضی کشورها مثل نیجریه ۱۲kg و در برخی کشورها مثل نیوزلند ۲ تن است.

### فیزیولوژی تولید شیر

شیر در پستان در بخشی به نام سلول‌های اپیتلیال (Epithelial cells) تولید می‌شود. پستان از بافت غده‌ای تشکیل شده است که حاوی سلول‌های ترشح کننده شیر می‌باشد و در داخل بافت عضلانی خاصی محور شده‌اند که از آنها محافظت به عمل می‌آورند. پستان هر موجود دارای تعداد زیادی حبابچه است و حبابچه در داخل غدد پستانی یا Gland قرار دارند؛ گاو ۴ غده پستانی دارد که به چهار نوک پستان مربوط می‌باشد. بافت مخصوص تولید شیر نوعی بافت غده‌ای است که دارای حفره‌های زیادی به نام Alveol است. سلول‌های تولید کننده شیر در کنار Alveolها قرار دارند. از هر آلئول، مجاری موئینی منشعب می‌شود. مجاری بزرگ‌تر شیر آن را مخازن پستانی می‌نامند. گنجایش این مخزن حدود ۴۰۰ میلی لیتر شیر است. این مخزن به مخزن دیگری به نام مخزن نوک پستان ختم می‌شود که انتهای آن به وسیله یک عضله مسدود می‌شود. برای تولید یک لیتر شیر در شرایط عادی باید حدود ۶۰۰-۴۰۰ لیتر خون از مویرگ‌های پستانی عبور کند.

برای تولید شیر مجموعه‌ای از هورمون‌های مختلف توسط غده هیپوفیز ترشح می‌شوند که شامل:

۱- پرولاکتین: مهم‌ترین هورمون شیرساز است و وقتی فعالیت خود را آغاز کند هورمون‌های دوران آبستنی دیگر ترشح نمی‌شوند.  
«از هورمون‌های دوره آبستنی می‌توان فولیکولین و پروژسترون را نام برد.»

۲- اکسی توسین: مربوط به خروج شیر است و وقتی که به وسیله دوشش یا ماشین‌های شیردوشی و یا آب ولرم نوک پستان لمس می‌شود، اکسی‌توکسین از غده هیپوفیز ترشح می‌شود که به مدت ۶ دقیقه ترشح این هورمون ادامه می‌یابد و به همین دلیل باید دوشش در کمتر از این مدت خاتمه یابد.



## مدرس‌ان شریف

### فصل دوم

#### «روش‌های نگهداری شیر»

شیر پس از دوشش باید بلافاصله سرد شود و به درجه حرارت  $4^{\circ}\text{C}$  برسد تا رشد باکتری‌ها به حداقل کاهش یابد. نگهداری شیر بالای  $10^{\circ}\text{C}$  به هیچ وجه توصیه نمی‌شود زیرا باکتری‌ها وارد فاز لگاریتمی می‌شوند. در بعضی کشورها روش ترمیزاسیون (Thermisation) به منظور افزایش مدت عمر ذخیره‌سازی شیر قبل از پاستوریزاسیون، به کار می‌رود. ترمیزاسیون یک روش حرارتی است که در آن شیر به مدت ۱۵ ثانیه در دمای  $60-66^{\circ}\text{C}$  حرارت داده می‌شود که در واقع این زمان و دما پایین‌تر از شرایط پاستوریزاسیون است. در این روش شیر را به مدت ۷ روز می‌توان نگهداری کرد. ترمیزاسیون در بسیاری از کارخانجات بزرگ که امکان پاستوریزاسیون سریع شیر، بعد از تحول آن وجود ندارد و در نتیجه باید مقداری از شیر را برای ساعت‌ها و روزها در سیلو نگهداری کرد، استفاده می‌گردد.

کدام مثال ۱: شرایط ترمیزاسیون Thermisation کدام است؟

- ۱)  $60-66^{\circ}\text{C}$  و ۱۵ دقیقه      ۲)  $72^{\circ}\text{C}$  و ۱۵ دقیقه      ۳)  $60-66^{\circ}\text{C}$  و ۱۵ ثانیه      ۴)  $72^{\circ}\text{C}$  و ۱۵ ثانیه

پاسخ: گزینه «۳» ترمیزاسیون یک روش حرارتی است که در آن شیر به مدت ۱۵ ثانیه در دمای  $60-66^{\circ}\text{C}$  حرارت داده می‌شود که در واقع این زمان و دما پایین‌تر از شرایط پاستوریزاسیون است.

وقتی شیر سرد می‌شود فقط باکتری‌های سرماگرا یعنی سایکروفیل‌ها رشد می‌نمایند و می‌توانند لیپاز و پروتئاز مقاوم به حرارت تولید نمایند. در صورتی که بار میکروبی سایکروفیل‌ها بالا باشد، در اثر حرارت پاستوریزاسیون از بین می‌روند ولی آنزیم‌های مقاوم به حرارتی را که تولید کرده‌اند، باقی می‌ماند و شیر بعد از مدتی تند یا منعقد می‌شود.

کارخانجات معمولاً بر اساس چند فاکتور، شیر را خریداری می‌کنند که آنها عبارتند از:

- ۱- براساس وزن
- ۲- براساس سنجش چربی شیر
- ۳- براساس مواد از ته شیر که برای کارخانه‌های پنیرسازی به کار می‌رود.
- ۴- براساس بار میکروبی.

#### آزمایش‌های سکوی تحویل

یکی از آزمایشات دیگر در سکوی تحویل، ارزیابی خواص ارگانوپتیکی شامل طعم، بو و رنگ شیر می‌باشد. وجود هر گونه طعم، بو و رنگ غیرطبیعی محسوس در شیر غیرقابل قبول است.

در کارخانه مواد غذایی بخش دریافت بسیار مهم است چون کیفیت ماده اولیه را تعیین می‌کند و با بخش تولید ارتباط ندارد. آزمایش‌های سکوی تحویل یعنی شیر قبل از اینکه وارد کارخانه شود، نمونه‌گیری شده و بلافاصله آزمایش شده و اگر کیفیت مناسب بود شیر را می‌پذیرند. اولین و مهمترین مورد، اسیدیته است که اگر بالا باشد مقاومت حرارتی پروتئین‌های شیر را کاهش می‌دهد و زود منعقد می‌شود.

آزمایش‌های کنترل کیفی شیر خام در سکوی تحویل:

۱- آزمایش اسیدیته -الکل: الکل یک ماده‌ی دناوره کننده پروتئین است. پروتئین‌های شیر می‌توانند آن را تا حدی تحمل کنند اما اگر اسیدیته از حدی بالاتر رود، مقاومت پروتئین‌ها به الکل کم می‌شود. برای تولید شیر استریل چون از دماهای بالا استفاده می‌شود، اسیدیته باید در پایین‌ترین حد باشد. برای تولید پنیر اگر اسیدیته کمی بالا بود مشکلی ندارد.

۲- آزمایش جوش یا COB (Clot on Boiling): مقداری از شیر را در لوله آزمایش می‌جوشانند اگر شیر منعقد شد کیفیت آن پایین است.

## دانسیته تولید یا تراکم شیر (Milk production density)

مقدار شیر قابل جمع آوری در هر کیلومتر مربع محدوده کارخانه بر حسب هکتولیترا و یا تن است.

## دانسیته جمع آوری

مقدار شیر جمع آوری شده بر حسب لیتر در هر کیلومتر مسیری که وسیله جمع آوری شیر طی می‌نماید، در واقع عاملی است که هزینه جمع آوری را مشخص می‌کند. وسیله جمع آوری شیر اگر توقف و حرکت مجدد فراوان داشته باشد ایجاد مشکلی به نام **churning** می‌کند یعنی گویچه‌های چربی صدمه دیده و روی هم جمع شده و چیزی شبیه کره به دست می‌آید و تری گلسرید خارج شده و باعث تندشدن و جمع شدن قطعات کره در سطح شیر می‌شود.

شیر دریافتی باید فاقد هرگونه بازدارنده باکتریایی، نظیر: آنتی‌بیوتیکها، آفت‌کشها، مواد پاک‌کننده و غیره باشد. شیر حاصل از گاوهای مبتلا به ورم پستان، بروسلوز و توپرکلوز غیرقابل مصرف است مگر اینکه پاستوریزه شوند به طوری که فسفاتاز قلیایی به عنوان شاخص حرارتی، پایان عمل را مشخص نماید. در این روش حرارتی تمام باکتری‌های بیماری‌زا به استثنای اشکال اسپوری از بین می‌روند.

**نکته ۱:** باکتری‌های گرم منفی، فلور غالب در شیرهای با شمارش باکتریایی بالا را تشکیل می‌دهند، حال آنکه نوع غالب در شیرهایی با شمارش پایین باکتریایی به انواع گرم مثبت اختصاص دارد. باکتری‌های گرم منفی معمولاً سرما دوست‌تر از باکتری‌های گرم مثبت هستند.

**نکته ۲:** فلور میکروبی غالب در شیرهای با شمارش باکتریایی بالا کدام است.

(۱) گرم منفی‌ها (۲) گرم مثبت‌ها (۳) ترموفیل‌ها (۴) سرما دوست‌ها

**پاسخ:** گزینه «۱» باکتری‌های گرم منفی، فلور غالب در شیرهای با شمارش باکتریایی بالا را تشکیل می‌دهند، حال آنکه نوع غالب در شیرهایی با شمارش پایین باکتریایی به انواع گرم مثبت اختصاص دارد.

شیری که جهت تولید پنیر مورد استفاده قرار می‌گیرد باید فاقد هرگونه باکتری مولد گاز باشد زیرا باعث باد کردگی و از هم پاشیده شدن بافت پنیر می‌شود. در صورتی که شیر به منظور تولید پودر شیر یا شیر کندانسه شیرین به کار برده شود، باید تنها حاوی تعداد اندکی از باکتری‌های مقاوم به حرارت باشد، زیرا باکتری‌های مزبور فرآیندهای معمول حرارتی را تحمل می‌کنند.

هر قدر تعداد میکروارگانیسم‌های موجود در شیر بیشتر بوده یا شیر دارای بار میکروبی بالا باشد به شرایط حرارتی نسبتاً بالایی نیاز دارد که محصول فراوری شده دارای کیفیت پایینی خواهد بود. استاندارد باکتریولوژیکی شیر خام به شرح زیر است:

جدول ۱

ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب	درجه شیر
بالای $5 \times 10^6$	$5 \times 10^6 - 10^6$	$10^6 - 2 \times 10^5$	کمتر از $2 \times 10^5$	تعداد کلنی‌ها در هر میلی‌لیتر

برای تولید شیر UHT از شیری که کیفیت پایین دارد نمی‌توان استفاده نمود و به شیر با کیفیت خوب و خیلی خوب نیاز است. هدف از فرآیند حرارتی شیر از بین بردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا می‌باشد و این باعث افزایش زمان ماندگاری شیر خواهد شد. مهمترین روش‌های نگهداری شیر، روش‌های حرارتی می‌باشد. روش‌های دیگر فرآوری شیر شامل تغلیظ آن، افزودن بعضی ترکیبات شیمیایی و حتی انجماد آن می‌باشد. گاهی قبل از پاستوریزه کردن شیر، از دستگاه **باکتوفوگاسیون (Bactofugation)** جهت کاهش بار میکروبی شیر تا حدود ۹۰٪ و کاهش اسپورها تا ۹۹٪ استفاده می‌گردد. این دستگاه با نیروی گریز از مرکز کار می‌کند. همچنین می‌توان از دستگاهی به نام میکروفیلتراسیون برای این منظور استفاده کرده که نوعی فرآیند غشایی است که می‌تواند باکتری‌هایی که کوچکتر از منافذ غشاء میکروفیلتراسیون می‌باشند را به این روش جدا ساخت. مهمترین روش‌های حرارتی شیر شامل پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون می‌باشد.

**نکته ۲:** آزمایش فسفاتاز قلیایی شیر ترمیزاسیون باید مثبت باشد.

جدول ۲: مهمترین روشهای حرارتی

مدت حرارت		درجه حرارت	روش حرارتی
ثانیه	دقیقه	درجه سانتیگراد	
-	۳۰	۶۲/۸	۱- پاستوریزاسیون کند LTLT
۱۵-۲۰	-	۷۱/۷	۲- پاستوریزاسیون سریع HTST
۰/۱	-	۸۸-۹۹	۳- پاستوریزاسیون سریع Flash
۴-۱۵	-	۹۰-۸۰	۳- پاستوریزاسیون در حرارت بالا
-	۱۵	۱۱۵	۴- استریلیزاسیون متداول ۱۰۰-۹۰
-	-	-	۵- استریلیزاسیون UHT
۴-۲	-	۱۴۰-۱۵۰	۵-۱- استریلیزاسیون مستقیم UHT
۱۰-۶	-	۱۴۰-۱۳۵	۵-۲- استریلیزاسیون غیرمستقیم UHT



## مدرسایان شریف

### فصل سوم

#### « فرآورده‌های تخمیری شیر و پنیر »

تخمیر (Fermentation) عبارت است از فرآیند کسب انرژی به صورتی که یک ترکیب آلی به عنوان پذیرنده الکترون و دهنده الکترون عمل نماید. تخمیر شیر عبارت است از یک عمل متابولیسی که در آن تغییراتی در ترکیبات آلی توسط میکروارگانیسم ایجاد می‌گردد. منشأ تخمیر، تولید اسید لاکتیک است که اغلب به عنوان روشی برای افزایش قابلیت ماندگاری شیر و تهیه محصولات با مشخصاتی ویژه می‌باشد. اگرچه برخی از میکروارگانیسم‌های موجود در شیر، آن را برای مصرف انسان نامناسب می‌سازند، اما انواعی از آنها در تولید فرآورده‌های لبنی، دارای اهمیت زیادی هستند. شیرهای تخمیری کره و پنیر، برخی از این فرآورده‌های می‌باشند که اغلب به وسیله فعالیت‌های میکروبی تولید می‌شوند. طی تخمیر مشخصات طعم، بو و بافت فرآورده‌ها به نحو مؤثری بهبود می‌یابد. همچنین برخی از فرآورده‌های تخمیری دارای ارزش دارویی هستند و سبب بالا رفتن اثر رژیمی، برای افراد فاقد تحمل لاکتوز "Lactose intolerance" خواهند شد. در این افراد آنزیم بتاگالاکتوزیداز "B-Galactosidase" یا لاکتاز وجود ندارد، در نتیجه لاکتوز شیر هیدرولیز نمی‌شود و توسط بدن جذب نمی‌شود. در عوض باکتری‌های روده‌ای، لاکتوز را تخمیر و مقادیر قابل توجهی گاز در روده بزرگ تولید می‌کنند که سبب نفخ خواهد شد. افزودن لاکتوز فارچی یک روش غلبه بر آن می‌باشد. در این بین باکتری‌های تولید کننده اسید لاکتیک، نقش اساسی دارند که به نام استارتر (آغازگر) نامیده می‌شوند. فرآورده‌های تخمیری همچنین باعث افزایش جذب در کلسیم و بعضی از ویتامین‌ها مثل گروه B در فرآورده‌هایی مثل ماست می‌شوند.

**نکته:** فعالیت تمام گونه‌های باکتری‌های استارتر توسط آنتی‌بیوتیک‌های شیر مثل پنی‌سیلین، اورنومایسین و ... باز داشته می‌شود که ممکن است این آنتی‌بیوتیک‌ها برای درمان بیماری ورم پستان گاوی استفاده شده باشند.

در شیر و فرآورده‌های شیر شش تخمیر مهم وجود دارد که عبارتند از:

۱) **تخمیر لاکتیکی:** این نوع تخمیر به وسیله میکروارگانیسم‌هایی ایجاد می‌شود که لاکتوز را هیدرولیز و آن را تبدیل به اسید لاکتیک می‌کنند و مهم‌ترین تخمیر در فرآورده‌های لبنی است. استرپتوکوکوس‌ها، لاکتوکوکوس‌ها و لاکتوباسیلوس‌ها قادرند که کربوهیدرات‌ها را به اسید لاکتیک هیدرولیز نمایند. این تخمیر اساس تولید فرآورده‌های لبنی مانند ماست یا پنیر می‌باشد. اسید لاکتیک در دامنه  $5^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}$  تولید می‌شود.

۲) **تخمیر پروپیونیکی:** در طی این تخمیر، اسید پروپیونیک از اسید لاکتیک و لاکتات‌ها بوجود می‌آید. به عنوان مثال در برخی پنیرها مثل پنیر سوئسی، پروپیونی باکتریوم شرمانی تولید اسید پروپیونیک و گاز  $\text{CO}_2$  می‌کند. که گاز تولید شده در پنیر ایجاد حفره یا چشمک (hole) می‌کند.

۳) **تخمیر الکلی:** در فرآورده‌های تخمیری مثل کفیر و کومیس، توسط مخمرها عمل تخمیر الکلی صورت می‌گیرد و الکل اتانول تولید می‌شود.

۴) **تخمیر سیتریک:** در این نوع تخمیر اسید سیتریک تولید می‌شود، اسید سیتریک در فرایند تولید دی استیل دارای اهمیت است. در برخی از فرآورده‌ها برای تولید دی استیل بیش‌تر، ۱۵٪ اسید سیتریک را به شیر اضافه می‌کنند.

شیر حاوی ۲٪ اسیدسیتریک است که توسط باکتری‌های تولید کننده آروما به ترکیبات طعم‌زایی مثل دی‌استیل به عنوان آرومای کره و خامه تبدیل می‌شود و در اثر فعالیت لوکونوستوک‌ها به ویژه لوکونوستوک سیتروم و لوکونوستوک دکسترانیکوم و برخی استرپتوکوکوس‌ها به ویژه استرپتوکوکوس دی استی لاکتیس، اسید سیتریک شیر مورد استفاده قرار می‌گیرد و در اولین مرحله به اسید پیروویک تبدیل شده و اگر در شرایط بی‌هوازی باشد اسید پیروویک به دی استیل تبدیل می‌شود. اما در شرایط هوازی اسید پیروویک تبدیل به ترکیبی به نام استیل متیل کربونیل (استوئین) می‌شود که به علت خاصیت قلبایی معمولاً مصرف شیر را به مشکل روبه‌رو می‌کند.

۵) **تخمیر کلی فرم:** در اثر عدم رعایت بهداشت شیر و فرآورده‌های آن ایجاد می‌شود، کلی فرم‌ها تولید گاز  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2$  و طعم و مزه نامطبوع می‌کنند که در فرآیند پنیرسازی از آن به عنوان **باد کردن زودرس** نام برده می‌شود.

۶) **تخمیر بوتیریکی:** عامل اصلی این نوع تخمیر، کلسترییدیوم‌ها هستند. این میکرو ارگانیسم‌ها به علت گاز  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2$  و آرومای نامطبوعی که تولید می‌کنند گاهی باعث از هم پاشیدگی محصول می‌گردند. تخمیر بوتیریکی را **باد کردن دیررس** در پنیر نیز می‌گویند زیرا در حین فرآیند رسانیدن پنیر در انبار حاصل می‌شود. مجموعه ترکیبات به وجود آمده از این تخمیر، طعم تلخ و نامناسبی را به وجود می‌آورد. این تخمیر در پنیرهای سخت و سفت به وجود می‌آید. بطور کلی فرآیند تخمیر در شیر تابع نوع میکروارگانیسم، حضور هوا یا عدم حضور هوا، درجه حرارت، مواد بازننده، منبع انرژی و pH می‌باشد.



**کج مثال ۱:** عامل بادکردگی زودرس و دیررس به ترتیب در پنیر کدامند؟

(۱) کل فرما - کلاستریدیوم (۲) کلاستریدیوم - کلی فرما (۳) استرپتوکوکوس - لاکتوباسیلوس (۴) لاکتوباسیلوس - استرپتوکوکوس

پاسخ: گزینه «۱» عامل بادکردگی زود رس در پنیرها کلی فرما می‌باشند که در اثر عدم رعایت بهداشت شیر و فرآورده‌های آن ایجاد می‌گردند و عامل بادکردگی دیررس تخمیر بوتیریکی و باکتری‌های کلاستریدیوم می‌باشند.

### تعریف استارتر

استارتر یا مایه کشت یا کشت آغازگر مخلوطی از میکروارگانیسم‌های مختلف است که به منظور تولید اسید، بهبود طعم و کمک به فرآیند رسیدن و تولید آنزیم‌های مختلف در دلمه استفاده می‌گردد که اکثر این میکروارگانیسم‌ها مربوط به گروه باکتری‌های اسیدلاکتیک (LAB:Lactic Acid Bacteria) می‌باشند. استارتر باید دارای برخی خصوصیات باشد:

۱- حاوی انواع میکروارگانیسم‌های مطلوب در نسبت معین باشد.

۲- قدرت ایجاد مواد مورد نظر در شرایط و فرآیند را به خوبی داشته باشد.

۳- عاری از آلودگی بوده و خالص باشد.

### آماده‌سازی استارتر

برای آماده‌سازی استارتر از شیر کم چرب یا شیر بازساخته استفاده می‌شود. باید به این منظور شیر را به مدت ۶۰ دقیقه در  $85^{\circ}\text{C}$  حرارت دهیم. شیرهایی که به این صورت آماده شده‌اند در  $4^{\circ}\text{C}$  تا ۱۰ روز قابل استفاده می‌باشند. در صورتی که از استارترهای لیوفیلیزه استفاده گردد، شیر استارتر زده در  $22^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شده و ۳ بار عمل پاساژ (انتقال از یک محیط به محیط دیگر) برای فعال شدن استارتر انجام می‌شود به این استارتر، استارتر فعال می‌گویند. از استارتر فعال شده یک میلی‌لیتر به ۱۰۰ میلی‌لیتر از شیرهایی که قبلاً آماده کرده‌ایم، منتقل می‌نماییم. به مایه کشت حاصله، مایه کشت مادر گفته می‌شود.

از مایه کشت مادر، مایه کشت حد واسط به وجود می‌آید. به مدت ۲۴ ساعت، مایه کشت حد واسط نگهداری می‌شود. سپس از این کشت به صورت روزانه کشت انبوه (Bulk) آماده می‌شود.

شیری که برای کشت آغازگر استفاده می‌شود باید بدون چربی باشد و بهتر است شیر دارای کلسیم کمتری باشد. کلاستروم و شیر روزهای آخر شیردهی را نمی‌توان به عنوان مایه کشت به کاربرد، زیرا ترکیب نامتعرفی دارند و تولید اسید را آهسته می‌کنند. شیر ورم پستانی به دلیل داشتن گویچه‌های سفید مانع رشد باکتری‌های لاکتیکی می‌شود. شیر تند شده جهت تولید استارتر مناسب نیست زیرا اسیدهای چرب آزاد با وزن مولکولی پایین بر روی استارترها اثر بازدارندگی دارند. بازدارنده‌های طبیعی مثل لاکتینین‌ها و آگلوتنین‌ها قادر به جلوگیری از رشد مایه کشت هستند. دلایل حرارت دادن شیر مصرفی جهت محیط کشت عبارت است از بین رفتن لاکتینین‌ها، دناتوره شدن پروتئین جهت مصرف باکتری‌های لاکتیکی و خارج شدن هوا، زیرا باکتری‌های لاکتیکی هوازی اختیاری می‌باشند و ترکیبات سولفیدی فرآری که در شیر به وجود آمده‌اند، به این طریق از بین می‌روند.

هموژنیزاسیون بعد از عملیات حرارتی، مهم‌ترین فرآیند صنعتی به منظور آماده‌سازی شیری است که برای تولید فرآورده‌های تخمیری به کار برده می‌شود. هموژنیزاسیون در رویه نستن شیر مؤثر بوده و احساس بهتری در دهان ایجاد می‌کند و نیز موجب بهبود ویسکوزیته و قوام فرآورده‌های تخمیری می‌شود. هموژنیزاسیون معمولاً قبل از پاستوریزاسیون و در دمای  $70^{\circ}\text{C}$  تا  $60^{\circ}\text{C}$  صورت می‌گیرد که این امر احتمال لیپولیز را کاهش می‌دهد. هموژنیزاسیون باعث تغییر گلبول‌های چربی به گونه‌ای می‌شود که آن‌ها فعالیتی همانند میسل‌های کازئین از خود بروز می‌دهند و بنابراین، تصور می‌شود که غلظت کازئین افزایش یافته است. هموژنیزاسیون و فرآیند حرارتی هر دو باعث افزایش ویسکوزیته می‌شوند.

**کج مثال ۲:** کاربرد کدامیک به عنوان شیر مورد استفاده جهت تهیه کشت آغازگر مناسب می‌باشد؟

(۱) شیرداری کلسیم بالا (۲) شیر بدون چربی (۳) شیر روزهای آخر شیردهی (۴) شیر ورم پستانی

پاسخ: گزینه «۲» شیری که برای کشت آغازگر استفاده می‌شود باید بدون چربی باشد و بهتر است شیر دارای کلسیم کمتری باشد. کلاستروم و شیر روزهای آخر شیردهی را نمی‌توان به عنوان مایه کشت به کاربرد زیرا ترکیب نامتعرفی دارند و تولید اسید را آهسته می‌کنند. شیر ورم پستانی به دلیل داشتن گویچه‌های سفید مانع رشد باکتری‌های لاکتیکی می‌شود.

**نکته ۲:** مایه کشت‌هایی که دارای باکتری‌های مزوفیل‌اند در دمای  $18^{\circ}\text{C}$  تا  $24^{\circ}\text{C}$  و انواع حاوی ترموفیل در درجه حرارت  $38^{\circ}\text{C}$  تا  $44^{\circ}\text{C}$  نگهداری می‌شوند.

برای افزایش دوره نگهداری محصولات تخمیری می‌توان فرآورده نهایی را در معرض فرآیند حرارتی قرار داد. از آنجایی که محصولات تخمیری از pH پایینی برخوردارند یک فرآیند حرارتی نسبتاً ملایم برای استریل کردن تجارتي آن‌ها کافی به نظر می‌رسد. در این صورت فرآورده حاصل را می‌توان به مدت چند هفته در دمای اتاق نگهداری کرد.



## مدرسارن شریف

### فصل چهارم

#### « فرآورده‌های چرب شیر و بستنی »

#### خامه

خامه عبارت است از چربی تغلیظ شده در شیر که در آن چربی به صورت گلبول‌های چربی محافظت شده به وسیله یک دیواره وجود دارد. فاز خامه همانند فاز شیر است زیرا فاز پیوسته را بخش محلول آن تشکیل می‌دهد و فاز غیرپیوسته همان چربی است. درصد چربی، محتوی خامه ممکن است از ۱۰٪ در Light cream تا ۸۰٪ در plastic cream متغیر باشد.

به خامه بالاتر از ۲۸٪ چربی whipping cream، بالاتر از ۳۵٪ Heavy whipping cream و بالاتر از ۴۵٪ Double cream و بالاتر از ۵۵٪ clotled cream و به ۶۵-۷۰٪ چربی confectionary cream یا خامه قنادی می‌گویند.

Whipping cream به خامه‌ای که قابلیت زده شدن دارد، می‌گویند که در قنادی برای افزایش حجم به کار می‌رود. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خامه به مقدار زیادی تابع حالت توزیع گلبول‌های چربی و دیواره گلبول‌های آن است. اندازه گلبول‌های چربی در خامه بین  $10^3 - 10^5 \mu m$  متغیر است. این خامه باید حدود ۴۰٪ چربی داشته باشد. این خامه برای کیک و بستنی و ... به کار می‌رود.

کدام مثال ۱: درصد چربی خامه‌ها Plastic و Whipping، Light به ترتیب چقدر باید باشد؟

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| (۱) ۱۰٪ - ۴۰٪ - ۸۰٪ | (۲) ۱۰٪ - ۴۰٪ - ۸۰٪ |
| (۳) ۱۵٪ - ۲۵٪ - ۸۰٪ | (۴) ۱۵٪ - ۲۵٪ - ۸۰٪ |

پاسخ: گزینه «۱» درصد چربی خامه Light ۱۰٪ و خامه whipping ۴۰٪ و خامه Plastic ۸۰٪ می‌باشد.

مهمترین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خامه که در خامه‌گیری نقش دارند عبارتند از:

۱- ویسکوزیته که با عوامل زیر تغییر می‌کند:

الف: افزایش درصد چربی موجب افزایش ویسکوزیته می‌شود.

ب: بالا بودن درجه حرارت موجب کاهش ویسکوزیته می‌شود.

ج: هموژنیزاسیون یک مرحله‌ای موجب افزایش ویسکوزیته و هموژنیزاسیون دو مرحله‌ای موجب کاهش آن می‌شود.

د: سرد کردن تدریجی موجب افزایش ویسکوزیته می‌شود.

ه: نگهداری و aging هم ویسکوزیته را افزایش می‌دهد.

و: هرچقدر Clumping یا به هم چسبیدن گلبول‌های چربی بیشتر باشد، ویسکوزیته بالاتر خواهد بود.

۲- کیفیت زدن خامه (Whipping quality)

خامه زده شده دارای پایداری قابل ملاحظه‌ای بوده و در تهیه کیک و بستنی به کار می‌رود.

#### مهم‌ترین روش‌های جداسازی چربی از شیر (خامه‌گیری)

خامه‌گیری عملی است که طی آن قسمت بدون چربی شیر از قسمت پرچرب آن جدا می‌شود. اساس خامه‌گیری، اختلاف دانسیته بین گلبول‌های چربی و فاز آبی شیر می‌باشد.

دانسیته‌ی چربی شیر ۰/۹۳ یا ۰/۹۳ می‌باشد و دانسیته شیر پس چرخ ۱/۰۳۶ می‌باشد. دو روش مطرح برای جداسازی چربی شیر وجود دارد که شامل:

(۱) روش استفاده از سانتریفوژهای خامه گیر که به ترتیب مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

(۲) روش وزن مخصوص (gravity): چربی شیر به دلیل سبک بودن به مرور زمان به قسمت بالای ظرف نگهداری شیر صعود می‌کند. این روش در گذشته به صورت سنتی استفاده می‌شد.

سرعت صعود گلبول‌های چربی مطابق «قانون استوک» از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$V = \frac{D^2 \cdot g \cdot (d_s - d_f)}{18\mu} \text{ یا } \frac{2r^2 g (d_s - d_f)}{9\mu}$$

$V$ : سرعت صعود گلبول‌های چربی  
 $D$ : قطر گلبول‌های چربی  
 $d_s$ : دانسیته شیر پس چرخ  
 $d_f$ : دانسیته چربی  
 $\mu$ : ویسکوزیته سرم شیر  
 $R$ : شعاع گلبول‌های چربی

همانطور که ملاحظه می‌شود سرعت صعود گلبول چربی رابطه مستقیم با مجذور شعاع آن و اختلاف دانسیته بین چربی و شیر پس چرخ داشته و با ویسکوزیته سرم شیر رابطه غیر مستقیم دارد. یکی از عوامل مؤثر در تشکیل سرشیر ارتفاع شیر در ظرف است که هر چه ارتفاع کم‌تر باشد سرشیر سریع‌تر تشکیل می‌شود.

**کج مثال ۲:** سرعت صعود گلبول‌های چربی در خامه‌گیری با مجذور شعاع رابطه ..... و با ویسکوزیته رابطه ..... دارد.

(۱) معکوس - مستقیم (۲) مستقیم - معکوس (۳) معکوس - معکوس (۴) مستقیم - مستقیم

پاسخ: گزینه «۲» سرعت صعود گلبول چربی رابطه مستقیم با مجذور شعاع آن و اختلاف دانسیته بین چربی و شیر پس چرخ داشته و با ویسکوزیته سرم شیر رابطه غیرمستقیم دارد.

معایب این روش عبارت از کندی عمل و مشکل بودن جدایی کامل چربی از سرم شیر است.

### سانتریفوژهای خامه‌گیر (سپراتور)

اساس جداسازی چربی شیر در این روش، اختلاف دانسیته چربی شیر و شیر پس چرخ و نیروی گریز از مرکز می‌باشد.

دستگاه سانتریفوژ دارای یک جام یا کاسه اصلی است که بشقاب‌ها یا دیسک‌ها داخل آن قرار می‌گیرند. تعداد این بشقاب‌ها متفاوت بوده و بیش از ۳۰ عدد می‌باشد. قطر این بشقاب‌ها بسته به ظرفیت دستگاه بین ۳۰-۲۰ cm می‌باشد. سرعت چرخش دستگاه ۷,۰۰۰-۶,۰۰۰ دور در دقیقه است. بشقاب‌ها حالت مخروطی شکل دارند و حدود ۴۰-۲۰ صفحه روی هم قرار می‌گیرند. شیر از سوراخ‌های موجود روی این صفحات وارد صفحات شده و شیر خام وارد محفظه‌ی بین دو بشقاب می‌شود، فاصله‌ی بین دو بشقاب ۱mm است. در فضای خالی بین دو بشقاب دو بخش از هم جدا می‌شوند و تحت نیروی گریز از مرکز به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش سبک (خامه) از بالا و بخش سنگین (شیر پس چرخ) از پایین صفحات خارج می‌گردد. قدرت دستگاه به بزرگ و کوچک بودن آن بستگی دارد. (در سپراتور چربی با خامه به قسمت‌های مرکزی تر و شیر بی‌چربی علت وزن مخصوص بیشتر و عمل نیروی گریز از مرکز به قسمت‌های دورتر از محور سانتریفوژ هدایت می‌شوند و از راهی که در نظر گرفته شده خارج می‌شوند).

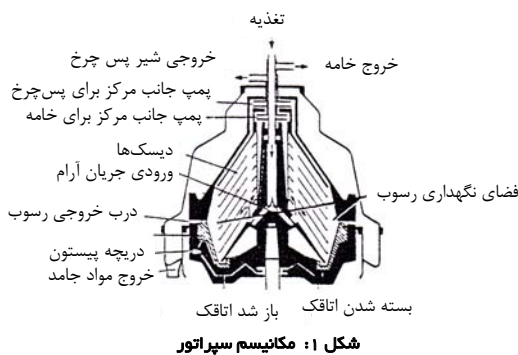
موادی که از سپراتور خارج می‌شوند سه دسته‌اند:

۱- خامه ۲- شیر پس چرخ و ۳- گل سپراتور.

ترکیب گل سپراتور شامل: ۷۵-۶۵% آب، ۲۵-۱۸% مواد از ته (مواد سفیده‌ای)

که  $\frac{1}{3}$  مواد از ته را کازئین تشکیل می‌دهد و  $\frac{3}{5}$  - ۲% چربی و .... می‌شود.

شکل ۱ مکانیسم سپراتور را نشان می‌دهد.



### عوامل مؤثر در جدا شدن خامه

**الف) درجه حرارت:** تمام سپراتورها در دمای بالای  $48^{\circ}\text{C}$  ( $100^{\circ}\text{F}$ ) بهترین راندمان را دارند. بهترین دمای شیر در موقع خامه‌گیری حدود  $40^{\circ}\text{C}$  است. هر قدر دما افزایش پیدا کند راندمان خامه‌گیری افزایش می‌یابد و در حرارت‌های بالای  $49^{\circ}\text{C}$ - $44^{\circ}\text{C}$  افزایش قابل ملاحظه‌ای در راندمان خامه‌گیری وجود ندارد.

خامه‌گیری در حرارت‌های پایین به علت بالا بودن ویسکوزیته موجب مسدود شدن و کند شدن کار خامه‌گیر شده و منجر به وارد شدن مقدار زیادی از چربی به داخل شیر پس چرخ می‌گردد.

**کج مثال ۳:** بهترین دمای شیر در موقع خامه‌گیری چند درجه است؟

(۱)  $37^{\circ}\text{C}$  (۲)  $15^{\circ}\text{C}$  (۳)  $48^{\circ}\text{C}$  (۴)  $40^{\circ}\text{C}$

پاسخ: گزینه «۴» تمام سپراتورها در دمای بالای  $48^{\circ}\text{C}$  ( $100^{\circ}\text{F}$ ) بهترین راندمان را دارند. بهترین دمای شیر در موقع خامه‌گیری حدود  $40^{\circ}\text{C}$  است.

**ب) سرعت سپراتور:** سرعت جداسازی چربی رابطه مستقیم با مربع سرعت چرخش کاسه سانتریفوژ دارد و افزایش سرعت کاسه تأثیر قابل ملاحظه‌ای در راندمان جداسازی دارد. افزایش زیاد از حد سرعت سانتریفوژ نیازمند مصرف انرژی بیشتر و طراحی دستگاه تنومندتر است. امروزه سرعت دستگاه‌های خامه‌گیری ۵۰۰۰-۴۰۰۰ دور در دقیقه است. قابل ذکر است سپراتورهای دیگری نیز وجود دارند. اگر سرعت جام از حدی بیشتر باشد خطر این وجود دارد که بخشی از ماده‌ی خشک شیر پس چرخ وارد خامه می‌گردد و شیر پس چرخ ماده خشک نسبتاً پایینی خواهد داشت.





## مدرسان شریف

### فصل اول

#### «منابع مورد استفاده در صنعت قند»

##### مقدمه

ریشه لغوی شکر به کلمه ساکارا مربوط می‌شود که در زبان سانسکریت به مفهوم گیاه نیشکر و شیره شیرین آن است. شکر مصرفی انسان‌ها، از نیشکر (cane) و چغندر قند (sugar beet) به دست می‌آید ولی در بین این دو، نیشکر دارای سابقه کشت طولانی‌تری است، به گونه‌ای که در مناطق جزایر اقیانوسیه گینه، ده هزار سال قبل از میلاد مسیح، نیشکر وجود داشته است اما تولید شکر از چغندر قند، حدود ۲۵۰ سال قبل شروع شد در نتیجه نسبت به نیشکر، منبع جدیدتری محسوب می‌شود. در ایران چغندر قند نسبت به نیشکر منبع رایج‌تری است به طوری که ۳۴ کارخانه از چغندر قند و تنها ۵ کارخانه از نیشکر، به عنوان منبع استفاده می‌کنند.

در سال ۱۳۸۴ سطح زیر کشت چغندر قند در ایران ۱۵۳ هزار هکتار و سطح زیر کشت نیشکر ۸۴ هزار هکتار گزارش شده است. اولین کارخانه قند ایران که ریزک بود که در سال ۱۲۷۴ توسط بلژیکی‌ها در جنوب شرقی تهران تأسیس شد. امروزه شکر به ماده‌ای اطلاق می‌شود که مزه شیرین دارد و به صورت کریستال‌های سفید روان عرضه می‌شود. در رابطه با منابعی که شکر از آن تولید می‌شود می‌توان از شکر چغندر قند (beet sugar)، شکر نیشکر (cane sugar)، شکر افرا (Maple sugar) و شکر پالم (Palm sugar) نام برد. همان‌طور که اشاره شد امروزه از بین تمام آن‌ها، استحصال شکر از نیشکر و چغندر قند رایج است. امروزه شکر به عنوان یکی از مواد غذایی مهم در جیره غذایی افراد شناخته می‌شود و به عنوان تأمین کننده انرژی بدن مطرح است.

##### چغندر قند

##### ۱- گیاه‌شناسی

چغندر قند با نام علمی بتاولگارسی (Beta vulgaris) از خانواده اسفنجیان (chenopodiaceae) و گیاهی ۲ساله است. این گیاه در سال اول، غده تشکیل داده، قند ذخیره می‌کند و در سال دوم، گل و بذر تولید می‌کند. چغندر قند رسیده‌ی آماده مصرف در کارخانه مخروطی‌شکل است. ریشه یا همان غده که قند در آن ذخیره می‌شود دارای بخش‌های زیر است: (سر چغندر - طوقه - بدنه اصلی - دم - ریشه اصلی)

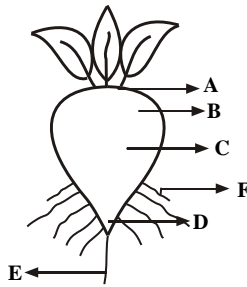
۱- **طوقه (crown):** قسمت بالای چغندر قند که برگ‌ها از آنجا رشد می‌کنند و ریشه جانبی ندارد. این قسمت درصد ساکارز بسیار پایین و مواد غیرقندی بسیار بالایی دارد، به همین دلیل است که باید حتماً آن را قبل از فرآیند جدا کرد.

۲- **گردن چغندر قند:** به قسمتی از چغندر قند اطلاق می‌شود که بعد از سر (scalp) قرار دارد.

۳- **ریشه (root) یا همان تنه اصلی چغندر:** بیشترین مقدار ساکارز در تنه قرار دارد که حدوداً معادل ۱۷/۹۰٪ است در حالی که در سر چغندر قند عیار ۱۴/۵٪ می‌باشد که به این سلول‌ها پارانشیمی گفته می‌شود. در یک سانتی‌متر مکعب از این بافت، حدود ۱۵۰ میلیون سلول پارانشیمی وجود دارد که مرکز تجمع عصاره قندی هستند. هر سلول پارانشیمی از یک جدار سلولزی تشکیل می‌شود که سلول را احاطه کرده است. عصاره قندی که در واکوئل تجمع یافته، دارای غشایی بیولوژیکی به نام پروتوپلاست است که برای خروج این عصاره ابتدا باید این غشا از حالت نیمه‌تراوا به تراوا تبدیل شود. لایه بعدی، سیتوپلاسم است که قسمت‌های مختلف سلول در آن قرار می‌گیرد. لایه‌ی دیگر غشای بیولوژیکی که روی سیتوپلاسم قرار می‌گیرد، پلاسمالما نام دارد که نیمه تراواست و مواد را از خارج به داخل وارد می‌کند (آب، Na، K و ...). و مولکول‌های کوچک‌تر را خارج می‌کند ولی به ساکارز اجازه خروج نمی‌دهد و برای خروج باید تراوا گردد ولی لایه‌ی سلولزی قابلیت تراوایی دارد. با توجه به گفته‌های پیشین به این نتیجه می‌رسیم که سه عامل محدودکننده برای استخراج ساکارز وجود دارد که برای عملیات استخراج باید تراوا شود.

دو غشای بیولوژیکی باید دارای سوراخ‌هایی باشد که حین حرارت‌دهی باز شده و عبور مواد از آن صورت بگیرد. عصاره پس از خروج از سلول وارد کانال‌های برون‌سلولی شده که این کانال‌ها، عصاره را به خارج از بافت هدایت می‌کنند.

۴- **دم (tail):** این قسمت، دارای ریشه میانی فرعی است که وظیفه آنها رساندن آب و املاح به چغندر است. طول آن ممکن است تا ۱/۵ متر نیز برسد و قطری حدود ۱ سانتی‌متر دارد.



شکل ۱: بخش‌های چغندر

به صورت شماتیک، بخش‌های مختلف چغندر به صورت زیر است:

A: سر چغندر B: گردن چغندر (طوقه)

C: قسمت اصلی چغندر (ریشه) D: دم چغندر

E: ریشه اصلی F: ریشه فرعی

اصطلاحات متداول چغندر قند:

شکل: مخروطی و تا حدی کشیده با شیارهایی در طرفین

رنگ: سفید و به ندرت با رگه‌های نازک صورتی، مغز آن با دواپر متحدالمرکز سفید و صورتی مشاهده می‌شود.

ناموزونی: چغندرهایی که در اثر ماندن در هوای آزاد، پوست‌شان چروکیده شده و رطوبت خود را از دست داده‌اند.

افت: کلیه‌ی مواد خارجی از قبیل خاک، شن، گل، ماسه، برگ، طوقه و ...

یخ‌زدگی: حالتی از چغندر است که به هنگام رفع سرما و بروز گرما پوست آن به آسانی جدا می‌شود و رنگ آن قهوه‌ای تا سیاه می‌شود.

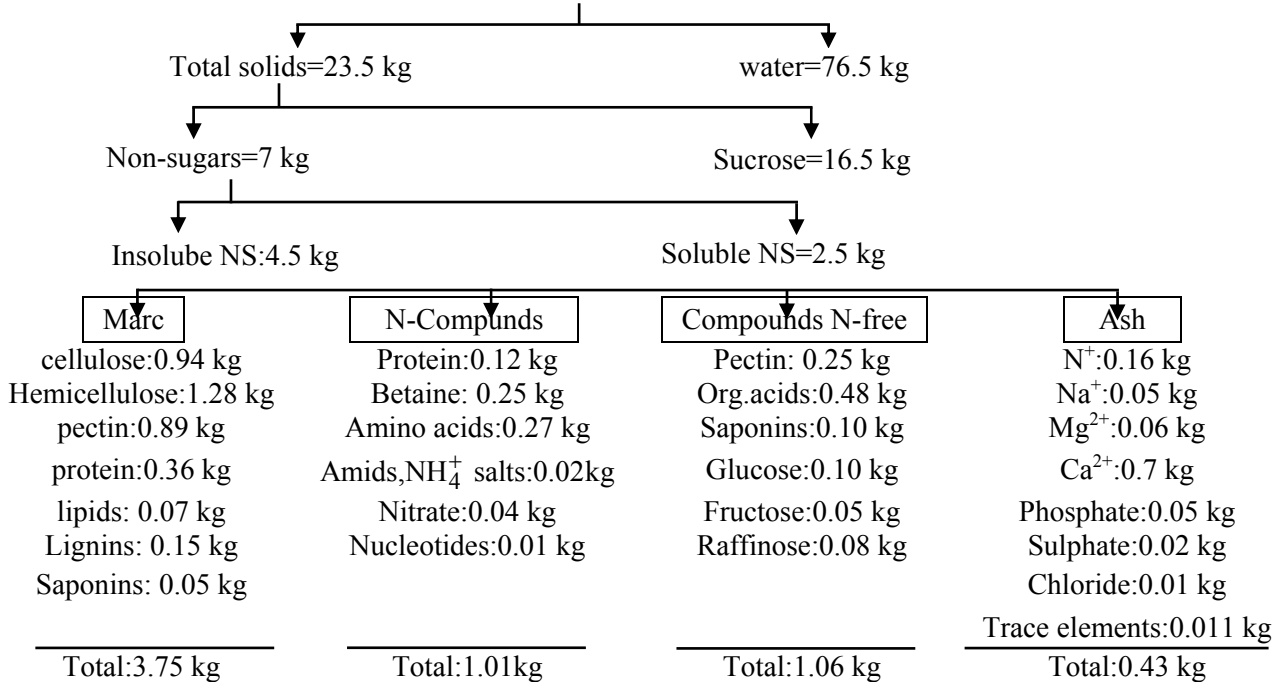
پوسیدگی: تغییرات کمی و کیفی چغندر که رنگ آن از سفیدی به خاکستری یا صورتی تیره یا قهوه‌ای یا سیاه تبدیل می‌شود.

## ۲- ترکیبات شیمیایی چغندر قند

ترکیب شیمیایی چغندر قند به صورت خلاصه در جدول زیر آمده است:

جدول ۱: ترکیب شیمیایی چغندر

۱۰۰ کیلوگرم چغندر قند



مواد تشکیل دهنده چغندر را می‌توان به دو قسمت عمده تقسیم کرد: الف) مارک ب) عصاره

مارک، مواد غیرمحلول چغندر را شامل می‌شود. اگر وزن مشخصی از قطعات ریز چغندر را چندبار با آب گرم مخلوط کرده و به هم بزنیم و صاف کنیم مواد محلول یا عصاره جداسازی شده و آنچه در نهایت بر روی صافی باقی می‌ماند، پس از خشک شدن، مارک نامیده می‌شود. قسمت عمده مارک را موادی مانند سلولز (۲۴-۲۱٪)، همی سلولز (۳۱-۲۲٪)، مواد پکتیکی (۴۰-۲۰٪) و لیگنین (۷-۲٪) تشکیل می‌دهد و به طور متوسط می‌توان گفت: مارک حدوداً ۴ تا ۵٪ چغندر را شامل می‌شود. قسمتی از مواد پکتیکی، نامحلول است (پروتوپکتین) اما در شرایط خاص تبدیل به پکتین (pectin) می‌شود که تا حدی محلول است یا تبدیل به پکتیک اسید (pectic acid) می‌شود که به ویژه نمک کلسیم آن (پکتات کلسیم) نامحلول است.

ماده خشک محلول چغندر که همان بریکس (Brix) است حدوداً ۱۹٪ چغندر را شامل شده که از این مقدار مواد، حدوداً ۲٪ آنها در چرخش نور پلاریزه، نقش ندارند که آنها تشکیل دهنده ملاس هستند و ۱۷٪ آن در چرخش نور پلاریزه نقش دارند.

مثال ۱: میزان مارک موجود در چغندر قند ..... درصد بوده و در میان ترکیبات اصلی تشکیل دهنده آن کمترین مقدار مربوط به آن ..... است.

(۴) ۳-۲٪ - پکتین

(۳) ۷-۲٪ - لیگنین

(۲) ۵-۴٪ - لیگنین

(۱) ۳-۲٪ - سلولز

پاسخ:  گزینه «۲» مارک شامل مواد غیرمحلول چغندر است که حدوداً ۴ تا ۵٪ چغندر را شامل می‌شود و عمده‌ترین ترکیبات تشکیل دهنده آن

شامل سلولز، همی سلولز، مواد پکتیکی و لیگنین است و از این میان، لیگنین سهم کمتری از بقیه دارد.



## مدرسان شریف

### فصل دوم

#### «برداشت، انتقال، نگهداری»

#### برداشت چغندر قند

پس از رسیدن چغندرها به میزان رشد مطلوب، آنها را برداشت می‌کنند. بهترین زمان برداشت وقتی است که چغندرقند از نظر حجم و قند به بیشترین میزان خود برسد. معمولاً فصل برداشت، همزمان با زرد شدن برگ‌های چغندر است. در برداشت چغندرقند حتماً باید دقت کرد که برداشت، قبل از شروع یخبندان تمام شود چون سلول‌های یخزده مستعد فساد هستند و از نظر میکروبی دچار مشکل می‌شوند. برداشت در ایران از اوایل شهریور شروع می‌شود و تا اسفند ماه ادامه دارد.

برداشت به دو صورت صورت می‌گیرد: دستی (با بیل) و مکانیکی (با دستگاه‌های ویژه)

بلافاصله پس از برداشت مکانیکی، جدا کردن سر و طوقه به وسیله دستگاه صورت می‌گیرد ولی به دلیل تلفات و ضایعات وزنی زیاد، سرزنی و دم‌زنی دستی ترجیح داده می‌شود. چون میزان تنفس در سر، بیش از سایر قسمت‌های چغندر است، سر آن را بلافاصله باید جدا کرد.

در برداشت چغندرقند حتماً باید دقت کرد که چغندرها زخمی نشوند چون در این صورت فساد میکروبی افزایش می‌یابد. همچنین میزان تنفس در این چغندرها بالاست و به هنگام انبارداری در سیلو موجب بالا رفتن ضایعات قندی می‌شود.

پس از برداشت، برگ‌زنی حتماً باید صورت گیرد چون برگ‌ها از طریق تنفس، قند را مصرف می‌کنند و فسادپذیرتر از خود چغندر هستند و در سیلو مشکل ایجاد می‌کنند و در صورت ورود به خط تولید، موجب کند شدن تیغه‌های مورد استفاده در تهیه خلال می‌شوند و همچنین ناخالصی‌هایی را با خود وارد خط تولید می‌کند که موجب کاهش کریستالیزاسیون ساکارز می‌شود. برگ مهمترین عامل عفونت در دیفوزیون است. در صورتی که کشاورزان مجبور باشند پس از برداشت چغندر تا زمان حمل آن به کارخانه، چغندر را در مزرعه نگهداری کنند.

#### توجه به نکات زیر ضروری است:

- ۱- میزان تنفس در دو هفته اول پس از برداشت به شدت بالاست که منجر به بروز ضایعات قندی در چغندر می‌شود.
  - ۲- چغندر در برابر آفتاب، آب از دست می‌دهد در نتیجه دچار افت وزنی می‌شود.
  - ۳- در نگهداری طولانی‌مدت چغندر میزان رافینوز در چغندر افزایش پیدا می‌کند در نتیجه در اندازه‌گیری درصد قند ساکارز به روش پلاریمتری خطا ایجاد می‌کند (قند کاذب).
  - ۴- برای نگهداری چغندر در کنار مزرعه باید طوری آنها را انباشته کرد که در مناطق گرمسیر از تأثیر دمای زیاد و در مناطق سردسیر از یخ زدن آنها جلوگیری شود.
  - ۵- در مزرعه باید روی سیلو را با خاک پوشاند و سوراخی به قطر ۵ سانتی‌متر برای تهویه در بالای آن گذاشته شود.
- پس از برداشت چغندرها به کارخانه انتقال داده می‌شوند، انتقال در ایران به صورت حمل با کامیون و در کشورهای اروپایی به صورت ریلی است.

#### دریافت

قبل از دریافت چغندر، کارخانه شاخص‌هایی را مورد اندازه‌گیری قرار می‌دهد. در ارزیابی چغندرقند عوامل زیر در نظر گرفته می‌شود:

- درصد قند ساکارز (عیار) چغندرقند
  - درجه خلوص شربت به دست آمده از چغندر
  - پیش‌بینی و تخمین مقدار شکر قابل استحصال از چغندرقند
  - پیش‌بینی درصد ملاسی که در نهایت حاصل می‌شود.
- در کل، چغندر باید سالم و عاری از بیماری‌ها بوده و رسیدگی آن در حد مطلوب باشد. یکی از معیارهای مورد استفاده برای تعیین زمان مناسب برداشت و رسیدگی چغندر، نمونه‌برداری و تعیین درصد ساکارز آن است.



چغندرهای باید رسیده باشند و قابلیت سیلو کردن خوبی داشته باشند. چغندرهای نارس، پلاسیده، کپک‌زده، خشک، صدمه دیده و یخ زده از این نظر مطلوب نیستند. میزان شکر که از چغندر به دست می‌آید فقط به میزان ساکارز بستگی نداشته بلکه ناخالصی‌های همراه چغندر هم نقش تعیین‌کننده در شکر قابل استحصال از چغندر دارند. در فرمولی به نام **اشنایدر** تأثیر ترکیبات ملاس‌زا مانند: املاح سدیم - پتاسیم و ترکیبات ازت‌دار آمینه با ضایعات قندی ملاس نشان داده شده است:

$$= \frac{0}{343}(K + Na) + \frac{0}{94}(\alpha N) - \frac{0}{29}$$

درصد ضایعات قندی ملاس - درصد قند ساکارز در چغندر = درصد شکر قابل استحصال از چغندر

نمونه‌ای از دستگاه‌های مورد استفاده در قسمت ارزیابی کیفی کارخانه، دستگاه بتالایزر (Betalyser) است که تجزیه شیمیایی نمونه‌ها را انجام می‌دهد که خود مرکب از ۴ دستگاه است:

۱- ساکاریمتر برای اندازه‌گیری درصد قند به صورت پلاریمتری

۲- فلیم فوتومتر (flame photometer) برای اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم برحسب میلی‌اکی والان در صد گرم نمونه

۳- کولوریمتر یا رنگ‌سنج (colorimeter) برای اندازه‌گیری ازت آمینه برحسب میلی‌اکی والان در صد گرم نمونه

روش عدد آبی (blue number) برای اندازه‌گیری ازت آمینه استفاده می‌شود. در این روش، ترکیبات آمینه در حضور معرف حاوی مس به رنگ آبی درمی‌آیند و شدت رنگ توسط این دستگاه سنجیده می‌شود.

۴- کامپیوتر برای بررسی و ثبت داده‌ها و محاسبات آنها

در گذشته چغندر را براساس وزن آن تحویل می‌گرفتند ولی به دلیل مصرف کودهای ازته و در نتیجه افزایش وزن و از طرف دیگر کاهش عیار و افزایش ترکیبات مضره، کارخانه‌ها عیار چغندر را مبنای تحویل قرار داده‌اند. به این منظور ابتدا از کامیون نمونه برداری می‌شود. در ایران از روپرو (Rupro) برای نمونه برداری استفاده می‌شود که دارای سر متحرک است که سوند (Sonde) نام دارد. پس از توزین نمونه، آن را شسته، خشک کرده و دوباره توزین می‌کنند که به این طریق افت چغندر محاسبه می‌شود. آب مورد استفاده در شستشو نباید بیش از  $20^{\circ}\text{C}$  باشد چون دمای بالا موجب حل شدن قند چغندر می‌شود. در هنگام شستشو تقریباً ۲٪ به وزن چغندر اضافه می‌شود که ۱٪ آن جذب چغندر می‌شود و ۱٪ دیگر آن روی پوسته قرار می‌گیرد. افت چغندر از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{افت چغندر} = \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100$$

به طور کلی منظور از افت، مواد خارجی همراه با چغندر است مثل گل، خاک، شن، چوب و... قسمت‌های طوقه و دم هم در صورت توافق بین کشاورز و کارخانه جزء افت به حساب می‌آید. در کل، ناخالصی‌های همراه چغندر نباید بیش از ۵٪ باشد. چغندرهایی که بیش از ۱۵٪ گل و خاک چسبیده داشته باشند قبل از سیلو کردن، شسته می‌شوند و اگر کمتر از این مقدار بود آنها را نمی‌شویند چون در اثر شستشو رطوبت بالا رفته و فعالیت میکروبی افزایش می‌یابد.

**کلمه مثال ۱:** دریافت چغندر قند در کارخانه‌ها بر چه اساسی است؟

۱) درجه خلوص      ۲) بریکس      ۳) عیار چغندر      ۴) وزن

پاسخ: گزینه «۳» در گذشته، خرید چغندر بر اساس وزن استوار بود ولی هم‌اکنون بر اساس عیار چغندر به کشاورزان پول می‌دهند.

پس از خشک کردن نمونه، آن را به صورت خمیر درمی‌آورند و برای سنجش عیار، آن را آماده می‌کنند.

برای تعیین عیار، ۲۶ گرم خمیر چغندر را با ۱۷۷ میلی‌لیتر استات سرب قلیایی به مدت ۳ دقیقه مخلوط می‌کنند و سپس آن را صاف کرده و محلول صاف شده را در لوله دستگاه پلاریمتر می‌ریزند تا درصد قند آن را به دست آورند.

در ارزیابی کیفیت چغندر قند، درصد ملاس ایجاد شده هم به کار می‌رود به این صورت که چغندرهای با کیفیت بد، ملاس بیشتری ایجاد می‌کنند. در کل نسبت درصد ملاس به درصد شکر استحصال شده نباید بیش از ۳۰٪ باشد.

پس از به دست آوردن قند نمونه، قیمت از فرمول مقابل محاسبه می‌شود:

$$C = \frac{P - 3}{13} \times K$$

C: بهای یک تن چغندر با عیار P، K: قیمت پایه یک تن چغندر، P: عیار چغندر قند تحویلی به کارخانه

عیار مبنا را ۱۶ فرض می‌کنیم ولی چون در بهترین حالت نیز ۳٪ ضایعات قندی در فرآیند داریم بنابراین از عیار به دست آمده ۳ واحد کم می‌کنیم.



## مدرسایان شریف

### فصل سوم

#### «استخراج»

چغندرها پس از شستشو توسط الواتور به مخزنی می‌روند که برای ذخیره چغندر است (بونکر) این مخزن به شکل استوانه‌ای است که پایین آن قیف مانند است، در واقع این دستگاه بخشی از آسیاب خلال را تشکیل می‌دهد که چغندر لازم برای ۳۰-۲۰ دقیقه کارخانه را فراهم می‌کند. ارتفاع بونکر ۲-۱/۵ متر است. اگر ارتفاع چغندرها در بونکر به کمتر از ۸۰ سانتی‌متر برسد کیفیت خلال‌ها خوب نخواهد شد و ارتفاع بیش از حد هم موجب از کار افتادن تیغه‌ها می‌شود. چغندرها از بونکر به آسیاب خلال (Beet Slicer) هدایت می‌شوند.

#### دستگاه‌های خلال مورد استفاده در صنعت قند

**الف - ماشین‌های خلال‌های دیسکی (با صفحه متحرک):** ظرفیت برش خلال در این دستگاه‌ها به دنده‌های به کار رفته و ضخامت خلال بستگی دارد. در این ماشین‌ها چغندر، ثابت و دیسک، چرخان است. فشار وارده از چغندرهای بالایی در بونکر به تولید خلال‌های یکنواخت کمک می‌کند اگر ارتفاع چغندرها در بونکر کم باشد چغندرها روی تیغه می‌لغزند و کیفیت خوبی نخواهند داشت. قطر صفحه، تعداد تیغه‌ها و دور آسیاب خلال بر روی ظرفیت دستگاه اثر می‌گذارند.

**ب - ماشین‌های خلال استوانه‌ای:** این دستگاه‌ها استوانه‌هایی فولادی هستند که حول محور طولی خود می‌چرخند و تیغه‌ها در محیط استوانه تعبیه شده‌اند. در واقع می‌توان گفت این دستگاه شامل استوانه عمودی است که در قسمت پایینی خود به صورت قیف درآمده و قطر کمتری پیدا می‌کند. در قسمت کف آن صفحه افقی چرخانی وجود دارد. بر روی صفحه تعدادی قالب نصب می‌شود و بر روی قالب‌ها هم دو تا سه تیغه قرار می‌گیرد. وقتی صفحه دوران می‌کند، چغندرها تحت اثر نیروی وزن خود بین تیغه‌ها قرار گرفته و به صورت خلال V شکل برش می‌خورند. تعداد کل تیغه‌ها در هر دستگاه آسیاب به ۴۸ تا ۶۴ عدد می‌رسد. بر روی هر تیغه تعدادی دنده برای برش دادن چغندر وجود دارد.

**ج - ماشین‌های خلال‌های سانتریفیوژی:** تفاوت این دسته از آسیاب‌ها با دو نوع قبل در این است که تیغه‌ها در محفظه خارجی نصب شده‌اند. وجود سنگ و آهن موجب آسیب دیدگی تیغه‌ها می‌شود. تیغه‌های مورد استفاده حتماً باید تیز و برنده باشند. تیغه‌های کند موجب ایجاد نرمه می‌شوند که این نرمه‌ها در دیفوزیون ایجاد مشکل کرده و همچنین ورود ناخالصی‌ها را به درون شربت افزایش می‌دهند و در مراحل بعد موجب انسداد صافی‌ها می‌شوند. نرمه به خلال‌هایی گفته می‌شود که طول آنها یک سانتی‌متر یا کمتر باشد.

درصد نرمه نباید بیشتر از ۵٪ باشد زیرا توری‌های دیفوزیون را مسدود می‌کند و لابه‌لای خلال‌ها را اشغال می‌کند و اسمز به خوبی صورت نمی‌گیرد پس راندمان پایین می‌آید.

تنظیم نبودن سرعت تیغه یا بافت چغندر باعث ازدیاد نرمه می‌شود، اگر چغندر پلاسیده باشد، دور آسیاب باید کم باشد تا له نشود.

هدف از خلال کردن چغندر افزایش سطح تماس خلال با حلال است که در این صورت سرعت دیفوزیون افزایش پیدا می‌کند.

در صنعت، خلال‌هایی با سطح مقطع V تولید می‌کنند. در خلال‌های پهن و خیلی نازک به هم چسبیده خروج قند از سطح کاهش پیدا می‌کند ولی در خلال‌های V شکل سطح مقطع زیادتر است و همچنین در مقابل پرس کردن، مقاومت مکانیکی خوبی دارند و نیز خلال‌ها به همدیگر نمی‌چسبند در نتیجه از ایجاد توده‌های غیرقابل نفوذ جلوگیری می‌شود. زیرا در این حالت خلال‌ها به خوبی توسط آبگرم موجود در دستگاه دیفوزور احاطه شده و آب به راحتی بین آنها حرکت می‌کند و علاوه بر موارد ذکر شده ایجاد برش‌های نازک با مقطع V شکل موجب می‌شود حرارت بهتر در سلول‌ها نفوذ کرده و سلول‌ها را از حالت زنده خارج کند در نتیجه سریعاً سلول‌ها را قابل نفوذ کرده و قند به راحتی از آنها خارج می‌شود.

در تیغه‌های مورد استفاده برای تولید خلال فاصله بین دو دندانه را اصطلاحاً گام (gum) می‌گویند، هر چه گام تیغه بزرگ‌تر باشد خلال‌های تولید شده ضخیم‌تر و هر چه گام کوچک‌تر باشد خلال‌های نازک‌تری تولید می‌شود.

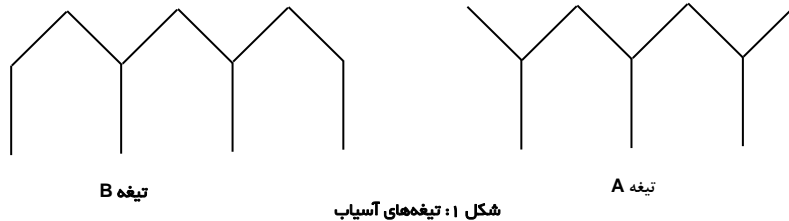
(ج) ۲۶ دندانه‌ای

(ب) ۲۳ دندانه‌ای

(الف) ۱۹ دندانه‌ای (۳ شکل اصلی است: الف) ۱۹ دندانه‌ای



در مورد چغندرهای فاسد و یخ‌زده، خلال‌های ضخیم ترجیح داده می‌شود (تیغه‌های ۱۹ دندانه) (گام  $Y_{mm}$  - ۵) و برای چغندرهای سالم گام  $4mm$  (تیغه‌های ۲۳ دندانه) را در نظر می‌گیرند. به طور کلی برای چغندرهای سالم از تیغه با دندانه بیشتر استفاده می‌شود. هر چه تعداد تیغه در دندانه‌ها بیشتر باشد، خلال با پهنای کمتر (عرض کمتر) ایجاد می‌شود. اگر بافت چغندر حالت پلاسیده و یخ‌زده داشته باشد و نیز برای چغندرهایی که مدت طولانی در سیلو نگهداری شده و کهنه شده‌اند و حالت تردی خود را از دست داده‌اند، باید از تیغه‌هایی با دندانه کمتر استفاده شود. زیرا در این صورت خلال‌هایی با پهنای بیشتر ایجاد می‌شود. به طور کلی ضخامت خلال‌ها معمولاً بین  $1/3 - 0/9$  میلی‌متر است. تیغه‌ها به دو نوع A و B تقسیم‌بندی می‌شوند تفاوت بین این دو تیغه در محل برآمدگی و فرورفتگی دنده‌هاست. باید توجه داشت در صورتی می‌توان خلال‌هایی با مقطع عرضی V شکل به دست آورد که تیغه‌های A و B به طور متناوب بر روی قالب در صفحه آسیاب نصب شده باشد.



تیغه‌های آسیاب خلال هر از گاهی کند شده و باید آنها را تیز یا تعویض کرد. وجود ذرات شن به همراه چغندر موجب آسیب دیدن تیغه‌های آسیاب خلال می‌شود در صورت ایجاد خمش بیش از  $0/1$  میلی‌متری در تیغه‌ها باید آنها را تعویض کرد.

کدام عامل تولید نرمه نیست؟

- ۱) کندی تیغه‌ها  
۲) وجود برگ  
۳) دور کم آسیاب خلال  
۴) پلاسیده بودن چغندرها
- پاسخ: گزینه «۳»

مثال ۲: نرمه در صنعت به چه خلال‌هایی اطلاق می‌شود؟

- ۱) خلال‌هایی با طول  $0/5$  سانت یا کمتر  
۲) خلال‌هایی با طول یک سانت یا بیشتر  
۳) خلال‌هایی با طول  $0/5$  سانت یا بیشتر  
۴) خلال‌هایی با طول یک سانت یا کمتر
- پاسخ: گزینه «۴»

تیغه‌های انگشتی راه‌راه برای خلال کردن چغندرهای خشبی و تیغه‌های انگشتی غیر راه‌راه برای خلال کردن چغندرهای یخ زده و گندیده کاربرد دارند. خلال‌ها در مسیر ورود به دیفیوزیون توسط کروئوس توزین می‌شوند تا بتوان ضایعات قندی سیلو را از ضایعات فرآیند جدا کرد.

### کیفیت خلال (Cossette)

در گذشته سیستم استخراج قند از چغندر بر مبنای پرس کردن چغندرها استوار بود ولی در این روش قند زیادی از طریق تفاله به اتلاف می‌رسید. هم‌اکنون از سیستم دیفیوزن (انتشار) برای استخراج قند خلال‌ها استفاده می‌شود. کیفیت خلال‌ها در کارایی این روش نقش به‌سزایی دارد. به طوری که اگر خلال‌ها ضخیم باشند قند موجود در آنها به خوبی استخراج نمی‌شود و اگر خلال‌ها خیلی نازک باشند استخراج مواد غیرقندی افزایش پیدا می‌کند که موجب ایجاد مشکلات در مرحله تصفیه می‌شود.

**عدد سوئدی:** برای ارزیابی کیفیت خلال استفاده می‌شود و عبارتست از: نسبت خلال‌هایی با طول ۵ سانتی‌متر یا بیشتر به وزن خلال‌هایی با طول یک سانتی‌متر یا کمتر در ۱۰۰ گرم خلال. عدد سوئدی هر چه بیشتر باشد بهتر است و معیاری از نفوذپذیری خلال‌هاست. عدد سوئدی خوب باید بیشتر از ۱۰ باشد ولی بهترین عدد سوئدی بین ۲۰-۱۵ است. این اندیس معیاری جهت عبور شربت از لابه‌لای خلال است. در صورتی که عدد سوئدی کمتر از ۱۰ باشد خلال‌ها نامرغوب هستند.

**عدد سیلین:** عبارت است از طول ۱۰۰ گرم خلال که بین ۱۸-۱۰ متر متغیر است. 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 ۲۰ متر باشد مرغوب است، عدد نرمال آن حدود ۱۵ متر است و در صورتی که کمتر از ۱۰ متر باشد نامرغوب است. عدد سیلین در دیفیوزورهای افقی باید بیشتر از دیفیوزورهای عمودی باشد و این، بدان معنی است که در دیفیوزورهای افقی کیفیت خلال از اهمیت بیشتر برخوردار است.

**نکته:** از روی مقدار عدد سیلین می‌توان به وضعیت تیغه، آسیاب خلال و چغند مصرفی نیز پی برد.

**عدد نرمه (عدد موس):** عبارتست از وزن خلال‌هایی با طول ۱ سانتی‌متر یا کمتر از آن در ۱۰۰ گرم خلال که حداکثر مجاز میزان نرمه ۳-۴٪ است. (عدد موس بین ۳-۲٪ نرمال است و هیچ‌گاه نباید از ۵٪ تجاوز کند). خلال‌های ریز موجب افزایش ملاس و گرفتگی صافی‌ها می‌شود. دور زیاد آسیاب خلال، کند شدن تیغه‌های آسیاب خلال، زیادی بیش از حد تعداد دندانه‌های تیغه آسیاب خلال و وجود برگ و علف لابه‌لای تیغه‌ها میزان نرمه را افزایش می‌دهند.



# مدرسایان شریف

## فصل چهارم

### «تصفیه»

#### اهداف تصفیه

شربت خروجی از دیفوزیون حاوی مواد غیرقندی بالایی است و درجه خلوص آن کم است، به همین دلیل به منظور بالا بردن درجه خلوص شربت به درصدهای بالاتر از ۹۰ آن را تصفیه می‌کنند.

شربت رقیق تصفیه نشده به دلیل وجود رنگدانه‌های ملانینی (که در نتیجه قهوه‌ای شدن آنزیمی به وجود آمده‌اند) رنگ تیره متمایل به خاکستری دارد. بریکس شربت خام ۱۶-۱۳٪ است که این مقدار ممکن است برحسب کشش وزنی دیفوزر تغییر کند.

**یادآوری:** کشش وزنی (سوتیراژ یا درافت) برابر است با نسبت وزن شربت خام حاصل در دیفوزر به وزن خلال ورودی به دیفوزر که برحسب درصد بیان می‌شود. pH شربت خام هم در محدوده ۵/۸-۶/۵ است ولی pH برابر ۶/۳ نشان از سلامتی چغندر قند مصرفی و عملکرد خوب در مرحله قندگیری دارد. در کارخانجات قند با تکیه بر روش‌های گوناگونی مواد غیرقندی را از شربت جدا می‌کنند، مثلاً ذرات معلق و ریز موجود در شربت با استفاده از صافی‌ها جدا می‌شود. حرارت‌دهی در طی تصفیه نیز موجب منعقد شدن و به هم چسبیدن مواد آلی و همچنین تبدیل ناخالصی‌ها به مواد نامحلول و در نتیجه رسوب دادن آنها می‌شود. از مواد شیمیایی نیز برای رسوب دادن ناخالصی‌های محلول و جدا کردن آن استفاده می‌شود. از جمله مواد شیمیایی مصرفی در صنعت قند شیرآهک و گاز کربنیک است که موجب رسوب دادن ناخالصی‌ها می‌شود. در نهایت ناخالصی‌ها را با صاف کردن جدا می‌کنند.

به طور کلی اهداف کلی تصفیه شربت خام عبارتند از:

۱- جداسازی مواد معلق ۲- خنثی کردن pH اسیدی شربت ۳- جداسازی مواد غیرقندی (که مانع از کریستالیزه شدن ساکارز و جدا شدن آن به صورت قند هستند).

#### تصفیه شیمیایی شربت خام

مواد شیمیایی مورد استفاده در صنعت قند: شیرآهک - گاز کربنیک - ترکیبات باریوم و استرانسیم ولی شیرآهک به دلایل زیر بیشترین استفاده را در صنعت قند دارد:

- ۱- ارزان قیمت بودن و فراوان بودن آن و آسانی فرآیند تبدیل سنگ آهک به آهک
- ۲- ساکارز موجود در شربت، انحلال آهک را افزایش می‌دهد. در اثر انحلال آهک در شربت سه ترکیب مونو، دی و تری‌ساکارات کلسیم تولید می‌شود که مونو و دی‌ساکارات کلسیم محلول در آب و تری‌ساکارات کلسیم نامحلول است. تشکیل تری‌ساکارات کلسیم اساس واکنش قندگیری از ملاس است که در فواصل بعد به آن می‌پردازیم. با افزایش غلظت ساکارز، حلالیت آهک بیشتر می‌شود. حلالیت آهک با دما نسبت عکس دارد. تشکیل تری‌ساکارات سدیم در مقادیر کم آهک و دمای پایین بیشتر است.
- ۳- آهک آنیون‌هایی مثل سولفات‌ها و فسفات‌ها، اسیدهای آلی (سیتریک اسید، اگزالیک اسید و تارتاریک اسید) - قندهای احیا کننده (در نتیجه واکنش میلارد) - ترکیبات پکتیکی - ترکیبات آلی ازت‌دار - ترکیبات پپتیدی را حذف می‌کند. آهک بر بازهای آلی اثری ندارد و همچنان در شربت باقی می‌مانند.
- ۴- شیرآهک ناخالصی‌های آلی، معدنی و مواد رنگی محلول در شربت را رسوب می‌دهد.
- ۵- در مرحله گاززنی کریستال‌های کربنات کلسیم تشکیل می‌شوند که دارای خاصیت جذبی هستند و ناخالصی‌های دیگر روی آن‌ها جذب شده و رسوب می‌کنند.
- ۶- شیرآهک به دلیل داشتن خاصیت قلیایی موجب متعادل کردن pH شربت خام می‌شود در نتیجه از تجزیه مواد قندی به دلیل pH اسیدی جلوگیری می‌کند.

#### اثر آهک روی ترکیبات و ناخالصی‌های شربت

- ۱- فسفات‌ها و سولفات‌ها در اثر آهک به شکل رسوب درآمده و حذف می‌شوند.
- ۲- اسیدهای آلی (اگزالیک - مالیک - تارتاریک اسید) در ترکیب با آهک رسوب می‌کنند. میزان این اسیدها در چغندر کم است ولی در اثر تخمیر میکروبی در دیفوزیون افزایش می‌یابند.



۳- آمینواسیدها در ترکیب با آهک تشکیل املاح محلول را می‌دهند و در تصفیه حذف نمی‌شوند به همین دلیل به آنها ازت مضره می‌گویند. اسید آمینه‌های اسیدی (اسیدگلوتامیک و اسیدآسپارتیک) در شکل آمینی خود یعنی آسپارژین و گلوتامین در مجاورت آهک آمونیاک آزاد می‌کنند، این فرآیند در مرحله اواپراسیون باعث افت قلیائیت شربت می‌شود.

۴- بتائین: آهک اثری روی بتائین ندارد و مستقیماً وارد ملاس می‌شود.

۵- ترکیبات پکتیکی: آهک در ترکیب با پکتین ایجاد پکتات کلسیم می‌کند که به صورت معلق در شربت می‌ماند و حالت لزجی به شربت می‌دهد و در نتیجه در مرحله صافی و فیلتراسیون، ایجاد اشکال می‌کند. ترکیبات پکتیکی در صورت نامناسب بودن عملکرد مرحله قندگیری از خلال وارد شربت شده و اگر در مرحله کربناتاسیون جذب کریستال‌های کربنات کلسیم نشوند در مرحله تغلیظ موجب افزایش ویسکوزیته پخت می‌شوند که خود عواقب زیر را به دنبال دارد:

۱) روند کریستالیزاسیون ساکارز را کند می‌کند. (۲ صاف کردن شربت خام در دکانتور با مشکل مواجه می‌شود. در ادامه فرآیند تصفیه آهک افزوده شده با افزودن گاز کربنیک حذف می‌شود.

۶- یون‌های سدیم و پتاسیم در اثر آهک به صورت محلول درآمده در شربت می‌مانند و در نتیجه ترکیب با یون  $\text{OH}^-$  ایجاد  $\text{NaOH}$  و  $\text{KOH}$  شدیداً قلیایی را می‌دهند که قلیائیت شربت را بالا می‌برد. (قلیائیت طبیعی)

قلیائیت مصنوعی:  $\text{KOH}$  و  $\text{NaOH}$  اضافه شده در طی فرآیند به صورت مصنوعی

۷- ساپونین در اثر آهک ایجاد ترکیبات نامحلول کلسیمی کرده و رسوب می‌کند.

ساپونین ترکیبی کف‌زاست که موجب ایجاد کف در دیفوزیون می‌شود به همین دلیل در دیفوزرها از مواد ضد کف مثل متیل سیلیکون و اسید چرب‌های اصلاح شده استفاده می‌شود.

۸- قند انورت موجود در شربت در اثر حرارت بالا و آهک در مرحله آهک خور II حذف می‌شود. (در pH برابر ۱۲ و دمای  $85^\circ\text{C}$  به مدت ۳۰ دقیقه تجزیه می‌شوند) اگر قندهای انورت تجزیه نشوند و به صورت محلول وارد مرحله بعدی شوند در مرحله تغلیظ و کریستالیزاسیون با اسیدهای آمینه واکنش داده و ایجاد رنگدانه ملانوئیدین می‌کند و موجب تیره شدن رنگ شربت می‌شوند. (واکنش میلارد)

اگر میزان قند انورت شربت زیاد باشد در اثر تجزیه، مواد اسیدی مثل اسیدلاکتیک تولید می‌شود که موجب افت قلیائیت شربت می‌شود که خود موجب تجزیه ساکارز و تشکیل دوباره قند انورت است.

**یادآوری:** در pHهای اسیدی ساکارز به فروکتوز و گلوکز تبدیل می‌شود که این پدیده انورتاسیون ساکارز نام دارد.

۹- رنگدانه‌های حاصل از قهوه‌ای شدن آنزیمی (ملانین‌ها) به شیوه جذب سطحی در طی مرحله دفیکاسیون جذب سطحی کربنات کلسیم می‌شوند.

۱۰- پروتئین‌ها در آهک خور مقدماتی به نقطه ایزوالکتریک خود می‌رسند و منعقد می‌شوند.

۱۱- قند رافینوز که از مواد آلی بدون ازت است به صورت محلول در شربت می‌ماند و قسمت اعظم آن به صورت تجزیه نشده باقی می‌ماند و تمام مراحل تصفیه شربت را طی می‌کند و وارد ملاس می‌شود.

جدول ۱: درصد جداسازی ناخالصی‌های مختلف

نوع ناخالصی	مواد معدنی	پروتئین‌ها	آمونیاک و آمیدها	بتائین	ازت مضره	کل مواد ازت‌دار	مواد آلی بدون ازت	کل مواد غیر ساکارزی
درصد جداسازی	۱۵	۹۲	۸۵	۴	۱۰	۳۵	۵۰	۴۰

روش‌های مختلفی برای تصفیه با آهک است مثلاً روش کلاسیک، Doit، برانشویک، نوی ساد و ...

مراحل اصلی آنها عبارتند از: آهک خور I، آهک خور II، گاز خور I، دکانتور، گاز خور II، فیلتراسیون، اواپراسیون، کریستالیزاسیون.

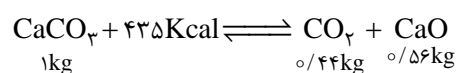
بعد از فیلتراسیون، شربت رقیق حاصل می‌شود و بعد از اواپراسیون، شربت غلیظ حاصل می‌شود.

## تولید آهک

سنگ آهک در کوره آهک به آهک و  $\text{CO}_2$  تجزیه می‌شود (این فرآیند تکلیس نام دارد) که در دماهای بالا ( $1100^\circ\text{C}$  -  $1050^\circ\text{C}$ ) صورت می‌گیرد و در دماهای پایین‌تر از  $900^\circ\text{C}$  مقداری از سنگ آهک به صورت تجزیه نشده باقی می‌ماند و در دماهای بالاتر از  $1200^\circ\text{C}$  ناخالصی‌های سنگ آهک تشکیل سیلیکات‌ها و آلومینات‌های کلسیم و سدیم می‌کنند که این ترکیبات ذوب شده و سطح کلوخ‌های آهک را می‌پوشانند و از حل شدن آهک در آب جلوگیری می‌کنند، چنین آهکی، آهک سوخته است. دمای کوره آهک بستگی به نوع کوره دارد مثلاً در کوره‌های کک‌سوز برای جلوگیری از صدمه زدن به دیواره‌های کوره توصیه می‌شود که دما به بالاتر از  $1250^\circ\text{C}$  نرسد.

سپس آهک تولید شده را با افزودن آب به صورت شیرآهک درمی‌آورند که این واکنش گرم‌زا است. شیرآهک تولید شده در مرحله آهک‌زنی تصفیه شربت خام و گاز  $\text{CO}_2$  در مرحله کربناتاسیون تصفیه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای تأمین درجه حرارت کوره آهک از سوخت‌هایی مثل کک، مازوت یا گازوئیل و گاز طبیعی استفاده می‌شود.







# مدرس‌ان شریف

## فصل پنجم

### «قندگیری از شربت»

معمولاً از ۱۰۰ کیلوگرم چغندر در کارخانه قند ۱۲۵ کیلوگرم شربت تصفیه شده به دست می‌آید که اصطلاحاً به آن شربت رقیق (thin juice) گفته می‌شود. میزان مواد محلول آن حدود ۱۵-۱۳٪ و با درجه خلوص ۹۱٪ است. البته خصوصیات این شربت در کارخانجات مختلف بسته به میزان پیشرفته بودن دستگاه‌ها و نیز به علت اعمال روش‌های تکمیلی در مرحله تصفیه متفاوت بوده و شربت با درجه خلوص بالاتری به دست می‌آید.

این شربت به علت رقیق بودن، حتماً باید قبل از مرحله طبخ آن را غلیظ کرد. به شربت غلیظ (thick juice) نیز می‌گویند که بریکس آن حدود ۷۰-۵۰ است (غالباً ۶۵-۶۰). به فرآیند تغلیظ شربت، Concentration یا evaporation گفته می‌شود. این عمل باید در دستگاه‌های تبخیرکننده یا evaporator صورت گیرد. معمولاً این فرآیند در تبخی کننده‌های چندمرحله‌ای یا multiple effect evaporators استفاده می‌شود که به صورت مداوم و تحت خلأ هستند. در این دستگاه‌ها انرژی مورد نیاز از طریق بخار تأمین می‌شود. امروزه دستگاه‌های تبخیرکننده یک مرحله‌ای کاربرد ندارند. در هنگام عمل تغلیظ سازی شربت باید نکاتی را در نظر گرفت از جمله: با توجه به آن که با کاهش فشار بر محلول در حال تغلیظ، نقطه جوش آن کاهش می‌یابد، باید این عمل به ویژه در مراحل انتهایی آن، تحت فشار پایین و خلأ انجام شود.

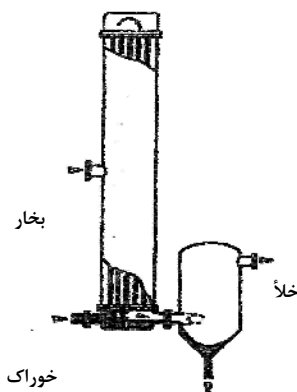
این عمل علاوه بر آن که نقطه جوش شربت را کاهش می‌دهد از آسیب حرارتی به آن و ایجاد رنگ نامتعارف جلوگیری می‌کند. علت آن که در مراحل انتهایی از فشار پایین‌تری استفاده می‌شود آن است که هر چه غلظت محلول محتوی قند بیشتر شود، نقطه جوش افزایش می‌یابد علاوه بر آن که ناخالصی‌ها نیز غلیظ‌تر شده و نقطه جوش را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به طور کلی در فشار جو (فشار عادی) به ازای تبخیر هر کیلوگرم آب، در دمای  $100^{\circ}\text{C}$  به  $539/3$  کیلوکالری گرما نیاز داریم. این عدد در واقع گرمای نهان تبخیر (latent Heat of evaporation) آب است.

با توجه به آن که با افزایش غلظت شربت در مراحل انتهایی تبخیر، سرعت حرکت محلول کاهش یافته و در نتیجه انتقال حرارت به کندی صورت می‌گیرد، باید میزان به هم خوردگی (turbulance) و سرعت حرکت محلول را افزایش دهیم. زیرا این عمل موجب می‌شود انتقال حرارت بهتر و بیشتر صورت گیرد. باید دقت کرد دمای بالا و زمان طولانی برای عمل تغلیظ موجب تیرگی شربت و تجزیه ساکارز شده و ضایعات کارخانه را افزایش می‌دهد بنابراین استفاده از فشار پایین و ایجاد به هم خوردگی مناسب در شربت به ترتیب، موجب کاهش دمای مورد استفاده و نیز افزایش میزان انتقال حرارت و کاهش مدت زمان فرآیند شده در نتیجه از ایجاد واکنش‌های نامطلوب در شربت جلوگیری می‌شود.

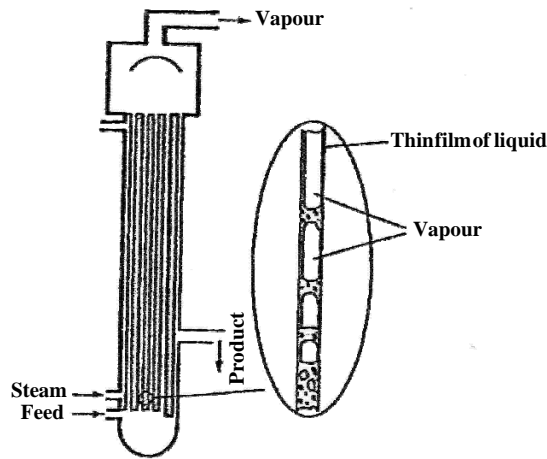
### انواع دستگاه‌های تبخیر

#### اوپراتور لایه نازک نزولی (Falling film evaporator)

در این نوع اوپراتور، جریان شربت در لوله آنها حالت نزولی دارد و از نیروی وزن برای به حرکت درآوردن شربت در لوله‌ها استفاده می‌شود و زمانی که از این نوع اوپراتور در تبخیرکننده‌های چند بدنه‌ای در کارخانه‌ها استفاده می‌شود می‌توان تعداد بدنه‌ها را بیشتر در نظر گرفت در حالی که اگر اوپراتور لایه نازک صعودی استفاده کنیم بیش از ۴ بدنه نمی‌توان داشت. مدت زمانی که شربت در داخل این نوع تبخیرکننده باقی می‌ماند حدود ۲۰ تا ۳۰ ثانیه است در صورتی که در اوپراتور لایه نازک صعودی این زمان به ۳ تا ۴ دقیقه نیز می‌رسد. (شکل ۱)



شکل ۱: دستگاه تبخیر کننده لایه نازک نزولی



شکل ۲: دستگاه تبخیر کننده لایه نازک صعودی (سمت چپ) به وجود آمدن لایه نازک در لوله‌های مبدل حرارتی (سمت راست)

### اوپراتور لایه نازک صعودی (Climbing film evaporator)

این اوپراتورها دارای لوله‌های طویل و نازک هستند به طوری که قطر لوله‌ها حدود ۲۷-۳۷ میلی‌متر و حداکثر ۵۰ میلی‌متر است در حالی که طول آنها ۷ متر بوده و ممکن است تا ۱۵ متر نیز باشند. با اعمال جریان بخار در اطراف این لوله‌ها و تبادل حرارتی، مایع درون لوله تغلیظ می‌شود. زمانی که شربت درون لوله می‌جوشد حباب بخار به همراه جریان شربت به سمت بالای لوله صعود می‌کند در این صورت افزایش تعداد و درشت‌تر شدن حباب‌ها و قرار گرفتن آنها پشت سرهم موجب می‌شود که لایه بسیار نازکی از شربت (thin film) در تماس با دیواره قرار بگیرد که این موجب افزایش سرعت تبخیر و افزایش راندمان انتقال حرارت می‌گردد. این اوپراتور می‌تواند تحت خلأ نیز کار کند (شکل ۲).

در این نوع تبخیرکننده به علت قطر کم لوله‌ها، دمای مبدل و نیز ایجاد حالت غلیبان در شربت به دلیل ایجاد شدن حباب‌ها، مدت باقی ماندن شربت در لوله‌های اوپراتور کم بوده، لذا شربت مدت زمان اندکی در معرض دمای بالا قرار می‌گیرد، به همین علت میزان تجزیه ساکارز و ضایعات قندی کاهش می‌یابد و نیز این دستگاه به علت قطر کم لوله و ارتفاع زیاد آنها فضای کمی از کارخانه را اشغال می‌کنند. عموماً این دستگاه را به عنوان بدنه اول در اوپراتور چند بدنه‌ای به کار می‌برند ولی در برخی کارخانه‌ها همه بدنه‌های تبخیرکننده چند بدنه‌ای از این نوع است.

این دستگاه‌ها دارای معایبی نیز هستند از جمله آن که به علت ارتفاع زیادی که دارند نصب آنها مشکل است و نیز باید قبل از آن که شربت وارد دستگاه شود آن را تا نقطه جوش حرارت داد و چنان چه قسمت پایین دستگاه گرم نباشد راندمان کاهش می‌یابد.

### اوپراتورهای لایه نازک صعودی - نزولی

در برخی از اوپراتورهای لایه نازک، مایع در حال تغلیظ در بخشی صعودی و در بخش دیگر به صورت نزولی حرکت می‌کند. به این نوع تبخیرکننده‌ها اوپراتور لایه نازک صعودی نزولی گویند.

### دستگاه تبخیرکننده روبرت (Robert)

این دستگاه از یک بدنه استوانه‌ای از جنس فولاد تشکیل شده است که در قسمت پایین آن مبدل حرارتی (منطقه گرم‌کننده) وجود دارد که در آن لوله‌های عمودی باریک با قطر ۳۱-۳۰ میلی‌متر نصب شده است و با عبور بخار از اطراف لوله‌ها شربت رقیق تغلیظ می‌گردد. شربت در حال جوشیدن در داخل لوله‌های عمودی از پایین به بالا در حال جریان است. بخار آب نمی‌تواند به داخل شربت نفوذ کند بلکه با انتقال گرمای خود از طریق سطوح لوله‌ها کندانسه شده و از قسمت تحتانی خارج می‌شود.

گازهای غیر قابل کندانس (تقطیر) نظیر گاز  $\text{CO}_2$  و  $\text{NH}_3$  از نواحی فوقانی لوله‌های بخار خارج می‌شوند و در مرکز این تبخیرکننده لوله قطورتری به قطر ۵۰۰-۲۵۰ میلی‌متر به نام لوله سیرکولاسیون به صورت موازی با سایر لوله‌ها قرار گرفته است. جریان شربت پس از گذشتن از لوله‌ها و تبخیر مقداری از آب آن به لوله مشترک و قطور مرکزی می‌ریزد و مجدداً به قسمت تحتانی مستقیم لوله‌های گرم‌کننده وارد می‌شود و در نهایت پس از رسیدن به غلظت نهایی از دستگاه خارج می‌شود. در قسمت بالای دستگاه که بدنه اصلی آن را تشکیل می‌دهد تعدادی دریچه شیشه‌ای برای مشاهده و کنترل وضعیت جوشش شربت تعبیه می‌شود. به این مبدل حرارتی لوله و پوسته (shell and tube heat exchanger) یا کالاندریا (calandria) نیز می‌گویند.

### دستگاه تبخیرکننده چاپمن (Chapman)

در این نوع تبخیرکننده به جز بدنه اصلی اوپراتور، یک مبدل حرارتی اضافی نیز در مجاورت دستگاه تعبیه می‌شود و شربت توسط پمپی بین بدنه اصلی و مبدل حرارتی جریان چرخشی دارد. بدین صورت سطح تبادل حرارتی افزایش می‌یابد و با چرخشی که شربت می‌کند حالت غلیبانی پیدا کرده و در نهایت انتقال حرارت بهتر صورت می‌گیرد. در صورتی که جهت حرکت شربت از لوله مرکزی به سمت لوله‌های جانبی باشد سیرکولاسیون از نوع خارجی است و در صورتی که جهت حرکت شربت عکس حالت قبل باشد سیرکولاسیون از نوع داخلی است.

### اوپراتور صفحه‌ای (Plate)

این دستگاه‌ها جدیدترین نوع بدنه‌های تبخیر هستند و کارایی بسیار بالایی دارند. بخش گرم‌کننده آنها به جای لوله از یک صفحه تشکیل شده است. ارتفاع صفحه‌ها ۱-۲/۲ متر است ولی فاصله بین آنها تنها ۷/۴-۶ سانتی‌متر است. این دستگاه علاوه بر آن که مزایای اوپراتورهای روبرت و لایه نازک نزولی را دارند، فاقد معایب تبخیرکننده‌های سطحی هستند. به دلیل آن که خوراک ورودی آنها کم است زمان باقی ماندن شربت در آن به حداقل می‌رسد. شربت در سطح صفحه‌ها به صورت یک لایه نازک می‌جوشد لذا تبادل حرارت به خوبی انجام می‌گیرد.



## مدرسان شریف

### فصل ششم

#### «محاسبات فنی در کارخانه قند»

**راندمان بهره‌برداری یا راندمان صنعتی:** مقدار شکر تولیدی نسبت به مقدار چغندر مصرفی است. پس از پایان بهره‌برداری با استفاده از معادله زیر می‌توان راندمان را محاسبه کرد:

$$\text{راندمان بهره‌برداری (درصد)} = \frac{\text{وزن کل شکر و قند خالص تولیدی}}{\text{وزن کل چغندر مصرفی}} \times 100$$

**راندمان تجاری:** مقدار شکر تولیدی نسبت به مقدار چغندر خریداری شده است.

$$\text{راندمان تجاری بهره‌برداری} = \frac{\text{کل محصول شکر و قند تولیدی بهره‌برداری}}{\text{وزن چغندر خریداری شده (چغندر به سیلو رفته)}} \times 100$$

#### ضریب استحصال

ضریب استحصال مشخص می‌کند که چه درصد از قند چغندر خریداری شده (به سیلو رفته) در نهایت تبدیل به محصول نهایی (شکر و قند) شده است.

$$\text{ضریب استحصال} = \frac{\text{کل محصول شکر و قند تولیدی بهره‌برداری}}{\text{وزن چغندر خریداری شده در بهره‌برداری} \times \frac{\text{متوسط درصد قند چغندر سیلو شده در بهره‌برداری}}{100}}$$

**ضریب استحصال تجاری:** مقدار شکر تولیدی به درصد شکر خریداری شده را ضریب استحصال تجاری می‌گویند.

**ضریب استحصال صنعتی:** میزان شکر تولیدی به درصد شکر مصرفی را ضریب استحصال صنعتی می‌گویند.

#### تعیین کل ضایعات قندی بهره‌برداری

در کل ضایعات قندی کارخانه به دو قسمت ضایعات معلوم و ضایعات نامعلوم طبقه‌بندی می‌شود.

**ضایعات معلوم:** ضایعات سیلو - ضایعات قندی تفاله - ضایعات قندی گل کربناتاسیون (گل صافی خلأ) - ضایعات قندی ملاس.

اگر کارخانه‌ای مجهز به سیستم فندگیری از ملاس باشد چون قسمت عمده‌ای از قند ملاس بازیابی می‌شود در این صورت راندمان فندگیری از ملاس را محاسبه کرده و آن را از کل ضایعات قندی کم می‌کنند تا کل ضایعات قندی واقعی کارخانه به دست آید.

**ضایعات نامعلوم:** ضایعات ناشی از خطای اندازه‌گیری پلاریزاسیون - ضایعات انورسیون ساکارز - کاراملیزاسیون - ضایعات مکانیکی (مثل سرریز شدن از مخازن شربت‌ها و پخت‌ها) - ضایعات مربوط به فعالیت میکروبی و ضایعات مربوط به مراحل اواپراسیون و کریستالیزاسیون.

محاسبه ضایعات نامعلوم کار ساده‌ای نیست به همین دلیل پس از محاسبه راندمان و ضایعات قندی معلوم، تخمینی از کل ضایعات قندی نامعلوم به عمل می‌آید.

درصد ضایعات قندی معلوم - درصد کل ضایعات قندی = درصد ضایعات قندی نامعلوم

راندمان بهره‌برداری - متوسط درصد قند خلال در کل بهره‌برداری = درصد کل ضایعات قندی بهره‌برداری

#### محاسبه آب مورد نیاز در کارخانه تولید قند

مصرف آب در کارخانه‌های قند بالاست و در انتقال، شستشو، دیفیوزرها، خنک کردن دستگاه‌ها، شستن صافی‌ها و برای تولید بخار مصرفی در اواپراتورها در دیگ بخار استفاده می‌شوند.

آب مورد نیاز در کارخانه‌ها از آب رودخانه و چاه تأمین می‌شود. از طرف دیگر ۷۷٪ از وزن چغندر قند را هم آب تشکیل می‌دهد و می‌توان گفت که در فرآوری یک تن چغندر، ۷۷۰ کیلوگرم آب به همراه چغندر وارد خط تولید می‌شود، اگرچه قسمتی از آب چغندر به همراه تفاله خارج می‌شود اما قسمت عمده آن در شربت باقی می‌ماند.

قسمت زیادی از آب مصرفی در کارخانه قند از طریق بازیافت، استفاده‌ی مجدد می‌شود در نتیجه هم میزان آب مصرفی و هم میزان فاضلاب کاهش پیدا می‌کند.

## مقادیر تقریبی آب مصرفی در قسمت‌های مختلف کارخانه قند

سیلو	۸۰۰ (درصد نسبت به چغندر مصرفی)
شستشوی چغندر	۱۵۰
شربت‌گیری از خلال	۱۰۰
ایجاد خلأ	۴۷۰
کوره بخار	۶۰
سایر قسمت‌ها	۱۰۰

آب مورد نیاز برای انتقال، ۸-۴ برابر چغندر مصرفی کارخانه و آب مورد نیاز برای شستشوی چغندر ۲-۱ برابر چغندر مصرفی است. به دلیل زیاد بودن آب مصرفی در این مرحله آب مصرف شده را ته‌نشین کرده و مجدداً استفاده می‌کنند.

مقداری از آب مورد استفاده در دیفوزورها نیز از آب‌های کندانس حاصل از اواپراتورها و بخشی دیگر از آب حاصل از پرس تفاله تأمین می‌شود. آب پرس حاصل تفاله ۴۵٪ از آب مورد نیاز دیفوزور را تأمین می‌کند.

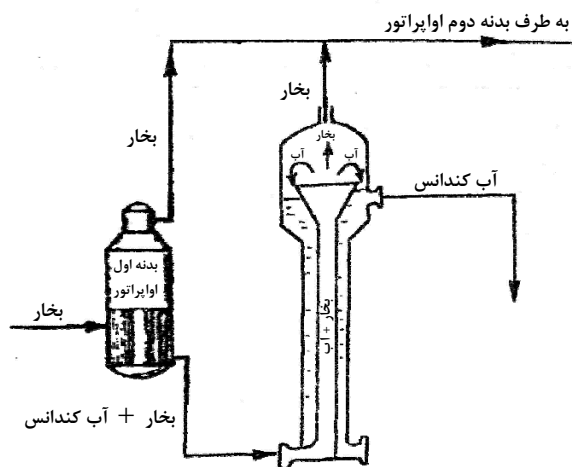
مقدار آب‌های کندانس به طور تقریبی ۹۷ مترمکعب به ازای هر ۱۰۰ تن چغندر مصرفی هستند و به دلیل این که حجم زیادی دارند این آب‌ها دائماً بازیابی شده و استفاده می‌شوند.

## موارد استفاده آب‌های کندانس عبارتند از:

در دیفوزورها، در شستشوی گل صافی‌ها (به خصوص صافی خلأ)، در قسمت طبخ برای حل کردن شکر، تهیه کلس و شستشوی شکر سانتریفیوژها، تأمین قسمتی از آب مصرفی دیگ‌های بخار، تأمین گرمای اتاق‌های کارخانه در فصل سرد

بخار خروجی از توربین حتی پس از تبادل حرارتی با شربت، به دلیل فشار و دمای بالایی که دارد تماماً به آب کندانس تبدیل نمی‌شود و قسمتی از آن به صورت بخار باقی می‌ماند. از دستگاهی به نام نیسنر (Nissner) برای جداسازی بخار از آب کندانس استفاده می‌شود. این دستگاه در مسیر آب کندانس خروجی از بدنه اول اواپراتور نصب می‌کنند.

برای تأمین آب مورد استفاده در دیگ بخار معمولاً از آب‌های کندانس استفاده می‌شود. در مواردی نیز از آب تازه کمکی یا آب خام (raw water) استفاده می‌شود. آب‌های کندانس، فاقد سختی بوده ولی به دلیل داشتن آمونیاک، قلیایی هستند. آب کندانس حاصل از بدنه اول فاقد مواد قندی است (مگر در صورت نشتی لوله‌های مبدل حرارتی) اما در آب کندانس بدنه‌های دوم تا آخر احتمال وجود قند وجود دارد، به همین دلیل آب کندانس مورد استفاده در دیگ بخار از نظر وجود مواد قندی توسط آزمایش مولیش کنترل می‌شود، در غیر این صورت این قند به مواد اسیدی تجزیه شده و موجب صدمه رساندن به دیگ بخار می‌شود.



سختی آب مورد استفاده در دیگ بخار هم باید کنترل شود و آب مورد استفاده باید فاقد سختی و مواد معدنی باشد. آب مورد استفاده در دیگ بخار قبل از وارد شدن به آن، وارد قسمتی به نام پیش گرم‌کن و یا قسمت گازگیری می‌شود که در این قسمت با افزایش درجه حرارت به بیش از  $100^{\circ}\text{C}$  گازهای محلول مثل اکسیژن را از آن خارج می‌کنند.

گازهای محلول در آب به خصوص اکسیژن موجب بروز خوردگی و کاهش تبادل حرارتی در دیگ بخار می‌شوند. از مواد شیمیایی مثل هیدروکسید سدیم (NaOH)، سولفات سدیم ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) و فسفات سدیم ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) نیز برای اکسیژن‌زدایی از آب استفاده می‌شود.

pH آب مورد استفاده در کوره آهک باید در محدوده ۸-۱۱/۵ باشد، pH های اسیدی به دلیل بروز خوردگی، مناسب نیست. برای قلیایی کردن آب از سودکاستیک و کربنات سدیم استفاده می‌شود. آب کوره‌ها باید فاقد کلرور و ترکیبات روغنی باشد.



## مدرسایان شریف

### فصل هفتم

#### «تولید شکر از نیشکر»

##### برداشت و آماده‌سازی نیشکر برای عصاره‌گیری

نیشکر گیاهی است که در مناطق گرم و مرطوب رشد می‌کند و از طریق قلمه‌کاری تکثیر می‌شود. کشت آن از اوایل بهار تا اوایل دی ماه صورت می‌گیرد. ولی اگر بارندگی کافی باشد نیشکر را در ۲ فصل می‌کارند؛ یکی در ابتدای فصل که بارندگی تمام شده یعنی مهر و آبان و دیگری در آخر فصل یعنی اواسط فروردین است. برداشت نیشکر باید زمانی صورت بگیرد که حداکثر قند را داشته باشد. برداشت نیشکر با روش دستی یا دستگاهی صورت می‌گیرد. قبل از برداشت نیشکر، برگ‌های آن را می‌سوزانند.

طول مدت نگهداری نیشکر پس از برداشت با تجزیه ساکارز رابطه مستقیم دارد؛ هر چه زمان نگهداری طولانی‌تر باشد ضایعات قندی افزایش می‌یابد. مقدار ذخیره نیشکر در کارخانه نباید بیشتر از مصرف نصف روز باشد. غلظت ساکارز به طور متوسط در نیشکر ۱۵-۱۰٪ و در مواردی ۱۷٪ است. اساس قیمت‌گذاری در نیشکر هم براساس میزان ساکارز آن است. راندمان کارخانه‌های نیشکر بین ۱۱-۷٪ است.

سایر ترکیبات موجود در نیشکر عبارتند از: قند انورت ۱٪، نمک‌های آلی و معدنی ۱٪، اسیدهای آلی ۱/۴٪ و مواد نامحلول در آب (عموماً از سلولز، همی‌سلولز و لیگنین تشکیل شده است) ۱۶-۱۱٪.

پس از برداشت نیشکر آن را شستشو می‌دهند. شستشوی نیشکر آسان‌تر از چغندر است و در ضمن حرکت نیشکرها با نقاله، عمل پاشیدن آب روی آنها صورت می‌گیرد.

##### عصاره‌گیری

دستگاه‌های مورد استفاده برای آماده‌سازی نیشکر قبل از عصاره‌گیری:

۱- دستگاه برش نیشکر (Cane knife)

۲- دستگاه خردکن (Crusher)

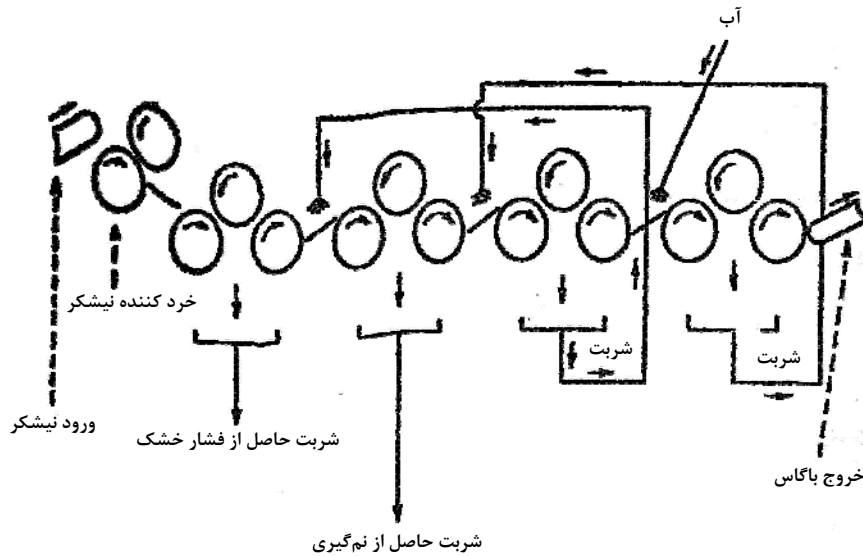
۳- دستگاه شریدر (Shredder)

دستگاه برش نیشکر شامل یک یا دو سری تیغه برنده است و در حین عبور نیشکرها از روی نقاله، آنها را به قطعات کوچک‌تر برش می‌دهد. پس از آن قطعات نیشکر وارد دستگاه خردکن و در برخی کارخانه‌ها وارد شریدر شده و به طور کامل خرد و متلاشی می‌شوند. دستگاه خردکن از دو غلتک پر قدرت دارای شیارهای عمیق تشکیل شده است. شریدر شامل پره‌های برنده گردان است و نیشکرها را خرد و متلاشی می‌کند. مجموعه سیستم استخراج عصاره از نیشکر، تاندم (tandem) نام دارد. بخش کمی از عصاره نیشکر در کراشه خردکن جدا شده و قسمت اصلی عصاره‌گیری در آسیاب‌های مخصوص (mills) صورت می‌گیرد. تعداد این آسیاب‌ها برحسب نوع دستگاه عصاره‌گیر ۶-۳ عدد بوده و آسیاب‌های مذکور سه غلتکی هستند. در آسیاب اول نیشکرها فشرده می‌شوند (فشار خشک) اما در آسیاب‌های بعدی علاوه بر فشرده کردن جریانی از محلول قندی یا آب برای تسهیل عمل استخراج به کار برده می‌شود.

جریان آب (شربت) و نیشکر خرد شده غیر هم‌سو است، بدین ترتیب که روی نیشکرها قبل از وارد شدن به آخرین آسیاب، آب پاشیده می‌شود. شربت خروجی از آسیاب هم روی نیشکری پاشیده می‌شود که می‌خواهد به آسیاب قبل وارد شود. در نهایت از آخرین آسیاب، نیشکر عصاره‌گیری شده یا تفاله نیشکر خارج می‌گردد که اصطلاحاً باگاس (bagasse) نامیده می‌شود و شربت هم از آسیاب دوم خارج شده و با شربت خروجی از آسیاب اول و کراشر مخلوط می‌شود و وارد مرحله تصفیه می‌گردد.

میزان قند باقیمانده در باگاس ۴-۱/۵٪ است. دمای آب مورد مصرف در سیستم نباید بالاتر از  $60^{\circ}\text{C}$  باشد چرا که میزان مواد صمغی و ناخالصی‌های نامطلوب بیشتری وارد شربت می‌شود.

باگاس را با پرس حلزونی، پرس می‌کنند تا ضایعات قندی آن کاهش پیدا کند. باگاس باقیمانده که حاوی مقادیر بالایی از الیاف سلولزی است در صنایع کاغذ، خوراک دام، تولید تخته‌های نئوپان و سوخت به کار می‌رود.



شکل ۱: شمای ساده از مراحل عصاره‌گیری از نیشکر با استفاده از سیستم عصاره‌گیری دارای ۴ آسیاب

شربت حاصل از نیشکر رنگ سبز مایل به خاکستری دارد که بریکس آن ۱۲-۱۵٪ و pH آن ۵/۴-۵/۲ است. درجه خلوص آن ۸۵-۸۱٪ و میزان آب آن ۸۸-۸۵٪ است. همانند استخراج قند از چغندر که براساس فرآیند انتشار بود می‌توان از نیشکر هم عصاره‌گیری کرد. برای این کار از دیفیوزرهای مداوم De smet - BMA - DDS - ساتورن (Saturne) و F.S استفاده می‌شود.

در این دیفیوزرها جهت حرکت آب و قطعات نیشکر خلاف جهت هم است. در این روش دیگر لزومی به متلاشی کردن نیشکر نیست بلکه آنها را به قطعاتی به اندازه ۴ اینچ تبدیل کرده و وارد دیفیوزر می‌کنند. در این صورت دمای آب را برای استخراج بهتر به  $65-75^{\circ}\text{C}$  می‌رسانند. این دما موجب کشتن سلول‌های زنده و غیرفعال کردن دیواره سلول‌ها می‌شود، در نتیجه عصاره راحت‌تر استخراج می‌شود. با استفاده از این روش ۹۷٪ از قند نیشکر استخراج می‌شود. همچنین شربت از درجه خلوص بالاتری برخوردار است. عیب این روش در این است که میزان مواد معدنی و مومی شربت به دلیل استفاده از دماهای بالا زیاد است که موجب افزایش ویسکوزیته شربت و پخت‌ها می‌شود. شربت به دست آمده را با استفاده از ترازوهای ماکسول (Maxwell) و یا ترازوی هو-ریچاردسون توزین می‌کنند.

### تصفیه شربت خام

برای حذف ناخالصی‌های شربت از شیرآهک استفاده می‌شود که نقش خنثی‌کنندگی حالت اسیدی شربت را هم دارد. در برخی از کارخانه‌ها به جای استفاده از آهک، از منیزیم یا ترکیبات منیزیم یا به صورت ترکیب آن دو برای تصفیه شربت استفاده می‌شود. در برخی موارد از ساکارات (در صورت داشتن قسمت قندگیری از ملاس) هم استفاده می‌شود.

روش‌های آهک‌زنی عبارتند از:

۱- آهک‌زنی سرد (cold liming) ۲- آهک‌زنی گرم ۳- آهک‌زنی مرحله به مرحله و دو بار گرم کردن

مقدار شیرآهک مصرفی برای تصفیه نیشکر خیلی کمتر از میزان مورد نیاز برای چغندر است که این به دلیل بالا بودن میزان قندهای انورت در نیشکر است، چرا که آهک اضافی در مرحله آهک‌زنی با قندهای انورت، نمک‌های محلول ایجاد کرده که موجب افزایش رنگ و ویسکوزیته شربت شده و همچنین در حضور دما و قلیائیت بالا انورسیون تشدید می‌شود. شیرآهک مصرفی در تصفیه شربت حاصل از نیشکر درجه بومه ۱۵ دارد و تا جایی که pH را از ۵/۴-۵/۲ به ۸-۸/۵ برساند استفاده می‌شود. روش آهک‌زنی سرد برای تصفیه شربت نیشکر مناسب‌تر است. در این روش پس از آهک‌زنی و گذراندن ۲۰-۱۵ دقیقه شربت را با استفاده از مبدل‌های حرارتی تا  $107-104^{\circ}\text{C}$  گرم می‌کنند تا ویسکوزیته آن کم شده و ناخالصی‌های آن سریع‌تر ته‌نشین شود. سپس وارد مرحله ته‌نشین‌سازی می‌کنند. وجود ماده انیدرید فسفریک ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) در مرحله ته‌نشین‌سازی اهمیت دارد. این ماده با ایجاد فسفات کلسیم نامحلول یا تری‌کلسیم فسفات که دارای جذب سطحی مناسب است، عمل ته‌نشین‌سازی و جداسازی ناخالصی‌ها به واسطه جذب سطحی را افزایش می‌دهد. میزان این ماده در شربت نباید کمتر از ۳۰۰ ppm باشد. در غیر این صورت قبل از مرحله آهک‌زنی این ترکیب را یا به صورت اسید فسفریک که ۵۵٪  $\text{P}_2\text{O}_5$  تولید می‌کند یا به صورت مونوکلسیم فسفات که ۴۸٪  $\text{P}_2\text{O}_5$  تولید می‌کند به شربت اضافه می‌کنند یا مستقیماً تری‌کلسیم فسفات را به صورت کود فسفات به شربت اضافه می‌کنند. علاوه بر این از مواد شیمیایی فعال سطحی مثل سپاران (Separan) یا هداک (Hodag) هم در مرحله ته‌نشین‌سازی استفاده می‌شود. پس از پایان عمل ته‌نشین‌سازی، شربت زلال جدا می‌شود و گل باقیمانده را توسط صافی‌های خلأ (Rotary Vacuum Filter) صاف می‌کنند.

### تغلیظ شربت

شربت به دست آمده را صاف کرده و تا دمای جوش گرم می‌کنند و سپس شربت حاصل را در اوپراتورهای چندمرحله‌ای (۳، ۴ یا ۵ مرحله) تحت خلأ تغلیظ می‌کنند. بریکس شربت در پایان عمل تغلیظ به ۶۵-۵۵٪ می‌رسد. در مرحله تبخیر افت pH حدود ۰/۳ است ولی نباید بیشتر از ۰/۵ شود.



## مدرسار شریف

### فصل اول

### « ترکیبات و ویژگی‌های روغن‌های خوراکی »

#### مقدمه

روغن‌ها و چربی‌های خوراکی از نظر شیمیایی جزء لیپیدها تقسیم‌بندی شده‌اند. لیپیدها گروهی از ترکیبات آلی هستند که در حلال‌های آلی (اتر، کلروفرم، هگزان، بنزن) محلول بوده و در آب نامحلول هستند. لیپیدها به سه گروه مختلف تقسیم می‌شوند:

۱- **لیپیدهای ساده:** که در اثر هیدرولیز به اسید چرب و الکل تبدیل می‌شوند. گلیسریدها و موم‌ها در این گروه قرار می‌گیرند.

۲- **لیپیدهای مرکب:** که در اثر هیدرولیز تبدیل به اسید چرب و الکل و برخی از مواد دیگر می‌شوند و عبارتند از فسفولیپیدها، گلیکولیپیدها و لیپوپروتئین‌ها.

۳- **مشتقات لیپیدها:** موادی هستند که غالباً از هیدرولیز لیپیدها حاصل می‌شوند مثل گلیسرول و الکل‌های آلی دیگر.

لیپیدها نقش به‌سزایی در عطر، طعم و بافت محصولات غذایی ایفا می‌کنند و منبع مناسبی برای تأمین انرژی محسوب می‌شوند. از سوختن ۱ گرم چربی در بدن انسان، حدود ۹ کیلوکالری انرژی تولید می‌شود، در حالی که انرژی حاصل از کربوهیدرات‌ها و همچنین پروتئین‌ها در حدود ۴ کیلوکالری است. لیپیدها تأمین‌کننده ویتامین‌های محلول در چربی (K, E, D, A) می‌باشند و ترکیبات ضداکسیداسیونی مانند توکوفرول‌ها و کاروتن‌ها را برای انسان فراهم می‌کنند. همچنین به دلیل فقدان آنزیم‌های لازم برای ساخت **اسیدهای چرب ضروری** در بدن انسان، این‌گونه مواد را باید از طریق غذا تأمین نمود، که اسیدچرب **لینولئیک** و اسید چرب **آلفالینولئیک** در این گروه قرار می‌گیرند. اسیدهای چرب ضروری بر رشد و نمو جنین اثرگذار بوده و نقش مهمی در حاملگی و شیردهی ایفا می‌کنند. از طرف دیگر اسیدهای چرب  $\omega_3$  و  $\omega_6$  باعث جلوگیری از افزایش فشار خون و اسیدهای چرب اساسی  $\omega_3$  مانع اختلال در کارکرد مغز و شبکه‌ی چشم می‌شوند. ولی علاوه بر مزایای ذکر شده، معایبی هم وجود دارد. برای مثال اسیدهای چرب اشباع شامل اسیدلوریک، اسید میریستیک و اسید پالمیتیک باعث افزایش کلسترول بد یا LDL شده که یکی از عوامل اصلی در بیماری‌های قلبی و عروقی محسوب می‌شود. علاوه بر جنبه‌های تغذیه‌ای لیپیدها، به ویژگی‌های فیزیکی آنها نیز باید اشاره کرد. برای مثال، قوام روغن بر نحوه استفاده از آنها اثرگذار خواهد بود، به گونه‌ای که از روغن‌های مایع در تهیه مایونز و سس سالاد استفاده می‌شود تا یک پوشش مناسب بر روی سالاد تشکیل دهد. در حالیکه این نوع روغن در تهیه شیرینی کاربرد ندارد. به همین جهت در تهیه شیرینی و کیک از روغن جامد جهت عمل آوردن خمیر استفاده می‌شود تا در هنگام مخلوط کردن مواد، مقدار زیادی هوا را در خود نگه دارد و بافت مناسبی را در محصول نهایی ایجاد کند (ایجاد پف در محصول نهایی).

#### منابع عمده روغن نباتی خوراکی

بیشتر روغن‌های نباتی از طریق پرس و یا حلال از دانه‌ها و یا از طریق پرس میوه‌هایی مانند زیتون یا پالم به دست می‌آیند. روغن‌های خام عمدتاً شامل تری‌آسیل گلیسرول‌ها به همراه مقادیر کمی از اسیدهای چرب آزاد، مونوآسیل گلیسرول‌ها، دی‌آسیل گلیسرول‌ها، فسفولیپیدها، استرول‌های آزاد و هیدروکربن‌هایی از قبیل آلکان‌ها و کاروتن‌ها می‌باشند. بیشتر روغن‌های مورد استفاده در صنایع غذایی تحت فرآیند تصفیه قرار می‌گیرند تا میزان تری‌آسیل گلیسرول در آنها افزایش یافته و مقادیر دیگر کاهش پیدا کند. در شرایط ایده‌آل، اجزاء نامطلوب باید طی عمل تصفیه تا حد امکان جداسازی شده اما مقادیر کمی از اجزای مطلوب دست نخورده باقی بمانند. مواردی مانند اسیدهای چرب آزاد، استرول‌ها و فسفولیپیدها محصولات جانبی با ارزش تلقی می‌شوند زیرا در صنایع غذایی، خوراک دام و داروسازی مورد استفاده هستند.

\* **روغن سویا:** از دانه سویا دو ماده غذایی مهم به دست می‌آید: روغنی که از دانه‌ها استخراج می‌شود و بخشی از باقی مانده (کنجاله) که سرشار از پروتئین است. کنجاله سویا محصول مهمی است که اساساً برای خوراک دام و در مقادیر پایین‌تر برای خوراک انسان به کار می‌رود. مقادیر تولید روغن سویا از هر روغن دیگری بیشتر می‌باشد و بهتر است آن را یک محصول مکمل به حساب آوریم. مهم‌ترین اسیدهای چرب سویا عبارتند از: لینولئیک، اولئیک، پالمیتیک، لینولئیک و استئاریک. رایج‌ترین نظریه موجود این است که روغن سویا، روغنی سالم با میزان کمی اسیدهای چرب اشباع و غنی از اسیدهای پلی غیراشباع (PUFA)، به ویژه اسید لینولئیک است. روغن سویای تصفیه شده یا هیدروژنه شده به صورت گسترده‌ای به مصارف خوراکی از قبیل روغن‌های سرخ کردنی و سالاد، مارگارین و شورتنینگ، مایونز و چاشنی سالاد می‌رسد.

\* **روغن پالم:** از پالم روغنی، ۲ محصول متفاوت به نام‌های روغن هسته پالم و روغن پالم را تولید می‌کنند. روغن پالم عمدتاً به پالم اولئین و پالم استئارین تقسیم می‌شود. روغن پالم در مقایسه با روغن‌های نباتی که بیشتر غیراشباع هستند، یک چربی اشباع محسوب می‌شود. روغن پالم به علت ترکیب اسیدهای چرب و وجود آنتی‌اکسیدان‌ها، در برابر اکسایش مقاومت بالایی دارند.

پالم اولئین مهم‌ترین روغن سرخ‌کردنی بوده و پالم استئارین به عنوان جزء سخت در روغن‌های مخلوط به کار می‌رود.  
**روغن کانولا:** تولید روغن کانولا بعد از سویا و پالم در رده سوم می‌باشد، کلزا و کانولا به ترتیب دانه و روغن استخراج شده از گیاه براسیکا می‌باشند. روغن کانولا با توجه به مقدار کم اسیدهای چرب اشباع موجود در آن و مقادیر بالای اسید اولئیک و وجود اسید لینولئیک و اسید لینولنیک به میزان مطلوب در طبقه‌بندی روغن‌های سالم جایگاه بالایی دارد.

\* **روغن دانه آفتابگردان:** در دسته‌بندی روغن‌های نباتی از نظر تولید، روغنی که از دانه‌ی آفتابگردان به دست می‌آید در مکان چهارم قرار دارد. روغن آفتابگردان با ۳ نوع ترکیب اسید چرب موجود است. اصلی‌ترین و معروف‌ترین نوع این روغن، غنی از لینولئیک است اما ۲ نوع دیگر آن از روش مرسوم هیبریداسیون به دست آمده‌اند که عبارتند از روغن آفتابگردان اولئیک بالا و اولئیک متوسط.

\* **روغن‌های نباتی دیگر** (بادام زمینی - پنبه دانه - ذرت - زیتون - کنجد - سویس برنج - بزرک) روغن بزرک به جهت مقدار زیاد اسید لینولئیک با بقیه تفاوت دارد. روغن‌های خوراکی دیگر غنی از اسید اولئیک و لینولئیک هستند.

**کلمه مثال ۱:** کدام یک از گزینه‌های ذیل از موارد کاربرد و نقش لیپیدها محسوب نمی‌شود؟

- (۱) تأمین انرژی (۲) تأمین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (۳) تأمین اسیدهای چرب ضروری (۴) تأمین ویتامین‌های گروه B

**پاسخ:** گزینه «۴» ویتامین‌های گروه B، جزء ویتامین‌های محلول در آب بوده و در چربی وجود ندارند.

**کلمه مثال ۲:** کدام یک از موارد زیر از مهم‌ترین منابع روغن‌های نباتی به شمار می‌آید؟

- (۱) سویا (۲) بزرک (۳) نارگیل (۴) گلرنگ

**پاسخ:** گزینه «۱» سویا حدود ۵۰٪ از سهم دانه‌های روغن را به خود اختصاص داده است.

**کلمه مثال ۳:** کدام یک از کشورهای زیر از مهم‌ترین صادرکنندگان روغن آفتابگردان محسوب می‌شود؟

- (۱) برزیل (۲) آرژانتین (۳) مالزی (۴) فیلیپین

**پاسخ:** گزینه «۲» آرژانتین مهم‌ترین کشور صادر کننده روغن آفتابگردان محسوب می‌شود.

## ترکیبات شیمیایی چربی‌ها و روغن‌ها

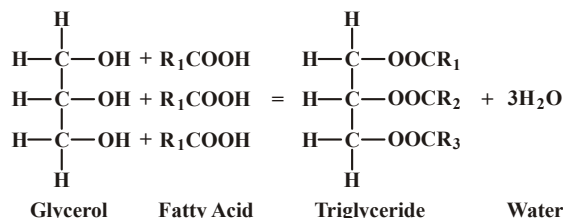
### (۱) استرهای گلیسرول

ساختار شیمیایی چربی‌ها و روغن‌ها تری‌گلیسرید می‌باشد که سه مولکول اسید چرب با یک مولکول گلیسرول (الکل سه ظرفیتی) طی واکنش استری شدن ترکیب شده‌اند (شکل ۱). تری‌گلیسرید طی واکنش آبکافت (هیدرولیز) می‌تواند به گلیسرول و اسید چرب آزاد تجزیه شود.

تاکنون بیش از (۱,۰۰۰) نوع اسیدچرب طبیعی شناسایی شده که تفاوت آنها در طول زنجیره کربنی، تعداد پیوندهای دوگانه و نوع گروه‌های فعال موجود در آنها می‌باشد. استرگلیسرول از واکنش عامل کربوکسیل موجود در اسید چرب با عامل هیدروکسیل موجود در گلیسرول (الکل سه ظرفیتی) به وجود می‌آید. استرهای گلیسرول به صورت مونو، دی و تری‌گلیسرید هستند. تری‌گلیسرید از ترکیب یک مولکول گلیسرول با سه مولکول اسیدچرب به وجود می‌آید که در نهایت سه مولکول آب نیز آزاد می‌گردد. در روغن‌ها و چربی‌های گیاهی، گروه هیدروکسیل موجود در موقعیت ۲ مولکول گلیسرول، عموماً با اسیدهای چرب غیراشباع استری می‌شود، در حالی که اسیدهای چرب اشباع در محل کربن‌های ۱ و ۳ استری می‌شوند. مونو و دی‌گلیسریدها به ترتیب شامل ۱ و ۲ اسید چرب بوده و محصول نهایی واکنش‌های هیدرولیز، مونوگلیسرید همراه با ۱ مولکول آب و یا دی‌گلیسرید همراه با ۲ مولکول آب است.

روغن‌ها و چربی‌های طبیعی دارای مقادیر جزئی مونو و دی‌گلیسرید هستند که تنها تحت شرایط نامناسب نگهداری، فعالیت آنزیمی و هیدرولیز نسبی به وجود می‌آیند در حالی که روغن خام دارای حداقل ۹۵٪ تری‌گلیسرید است.

**نکته ۱:** تفاوت چربی‌های روغن‌ها بستگی به نوع اسید چرب تشکیل دهنده ساختار تری‌گلیسرید دارد.



شکل ۱. ساختار تری‌گلیسرید





## مدرس‌ان شریف

### فصل دوم

#### «تولید روغن از دانه‌های روغنی»

#### انبارداری دانه‌های روغنی

انبارداری دانه‌های روغنی شامل مراحل چون دریافت، خشک کردن، ذخیره کردن و تمیز کردن قبل از عملیات روغن‌کشی است. یکی از عوامل مؤثر بر زمان ماندگاری دانه، میزان رطوبت آن است. رطوبت مناسب برای نگهداری دانه‌های روغنی حداکثر ۱۳٪ است. مواد گیاهی بسته به اینکه دارای چه مقدار رطوبت هستند و بسته به اینکه رطوبت نسبی هوای اطراف آنها چقدر است یا رطوبت هوا را جذب کرده یا رطوبت خود را به هوا می‌دهند تا اینکه به رطوبت نسبی تعادل (Equilibrium Relative Humidity) می‌رسند که مقدار این رطوبت تعادلی علاوه بر رطوبت نسبی هوا به درجه حرارت آن نیز بستگی دارد. به طوریکه در رطوبت نسبی معین هرچه درجه حرارت هوا بیشتر باشد مقدار رطوبت کمتری تولید می‌کند و برعکس در درجه حرارت معین هرچه رطوبت نسبی هوا بیشتر شود مقدار رطوبت دانه نیز بیشتر خواهد شد.

**نکته ۱:** مقدار رطوبت بحرانی (Critical Moisture Level) برای شروع فساد در دانه‌هایی که مقدار روغن کمتری دارند نسبت به دانه‌های پرروغن بیشتر است.

رطوبت اضافه علاوه بر آتش‌سوزی، موجب رشد قارچ‌ها، کاهش روغن و پروتئین موجود در دانه‌ها، افزایش رنگ روغن خام، افزایش اسیدهای چرب آزاد و بالا بردن افت روغن در حین تصفیه می‌شود. بنابراین دانه‌های خام فاسد شده برای روغن‌کشی مطلوب نبوده و باعث افزایش ضایعات در مراحل تصفیه روغن مانند مرحله صمغ‌گیری و خنثی‌سازی می‌شود. به همین جهت برای خشک کردن دانه‌های روغنی از روش‌های مختلفی مانند حرارت مستقیم و جریان هوای گرم استفاده می‌شود. البته باید خاطر نشان کرد که دمای خشک کردن نباید بیشتر از  $63^{\circ}\text{C}$  باشد، زیرا افزایش دما باعث تیره‌شدن رنگ روغن و کنجاله، تجزیه شدن پروتئین‌ها و کاهش قابلیت جذب آب فسفاتیدها در حین مرحله تصفیه روغن می‌شود. اساساً برای خشک کردن دانه‌های روغنی از دو نوع خشک‌کن استفاده می‌گردد.

#### ۱- خشک‌کن‌های عمودی (Vertical dryer) ۲- خشک‌کن‌های گردان (Rotary dryer)

خشک‌کن‌های عمودی به صورت مخازن عمودی هستند که دانه‌های روغنی به صورت بستری در اثر نیروی ثقل از بالا به طرف پایین حرکت کرده و جریان هوای گرم در جهت عکس از پایین به طرف بالا حرکت می‌کند. همچنین این نوع خشک‌کن‌ها دارای یک سری بافل (baffle) می‌باشند که به ترتیبی ردیف شده‌اند که باعث جریان ساده دانه‌ها در اثر نیروی ثقل می‌شود. در طی جریان دانه‌ها، علاوه بر جریان هوای گرم در قسمت پایین نیز هوای سرد جهت خنک کردن دانه‌ها جریان دارد.

خشک‌کن‌های نوع گردان از استوانه‌ای شیب‌دار نسبت به سطح افقی تشکیل شده است. طول این استوانه بیش از ۴ برابر قطر می‌باشد. دانه‌های مرطوب از یک انتهای استوانه وارد شده و در اثر دوران و شیب در طول استوانه حرکت می‌کنند. هوای گرم و خشک نیز به صورت جریان همسو از محل ورود دانه‌ها وارد شده و پس از تبخیر رطوبت دانه‌ها، همراه دانه‌ها از انتهای دیگر استوانه خارج می‌شوند.

قبل از انبارداری دانه‌ها در سیلوها، عملیات غربال‌گری صورت می‌گیرد تا ساقه‌ها، سنگ‌ها و سایر زواید خارج شده تا در مراحل بعدی مشکلی ایجاد نکنند.

**کلمه مثال ۱:** رطوبت مناسب برای نگهداری دانه‌های روغنی حداکثر چند درصد است؟

۱۱٪ (۴)

۱۴٪ (۳)

۱۳٪ (۲)

۱۲٪ (۱)

پاسخ: گزینه «۲» افزایش رطوبت باعث فساد دانه‌های روغنی می‌شود. بنابراین حداکثر رطوبت ۱۳٪ برای نگهداری دانه‌ها مناسب است.

#### انتخاب انبار مناسب برای دانه‌های روغنی

برای انبار کردن دانه‌های روغنی که به راحتی جاری می‌شوند معمولاً از مخازن عمودی استفاده می‌شود که این مخازن برای نگهداری دانه‌هایی که به سختی جاری می‌شوند مانند دانه‌های پنبه و ذرت مناسب نیستند. بهترین روش برای انبار کردن پنبه دانه استفاده از انبارهای Muskogee می‌باشد.

جنین ذرت (Corn germ) و موادی نظیر آن باید در مخازن با اندازه کوچک به منظور آسان بودن نقل و انتقال نگهداری شوند زیرا آنها نسبت به تخمیر (فرماتاسیون) آسیب‌پذیر هستند.



انتخاب مواد ساختمانی مناسب برای انبار دانه‌های روغنی به عواملی نظیر آب و هوا و هزینه بستگی دارد. در کشورهایی که درجه حرارت کمتری دارند از استیل استفاده می‌شود. در مناطقی که درجه حرارت بیرونی  $45^{\circ}\text{C}$  -  $35^{\circ}\text{C}$  می‌باشد از مخازن بتونی استفاده می‌گردد. مخازن استیل ارزان‌تر هستند ولی هزینه نگهداری بیشتری دارند ولی مخازن بتونی گران‌تر بوده و هزینه نگهداری پائین‌تری دارند. مخازن گرد در مقایسه با مخازن دیگر با در نظر گرفتن ضخامت یکسان، مقاومت دیواره بیشتری دارند و همچنین جریان دانه‌ها در آنها راحت‌تر است و دارای گوشه نمی‌باشند که مواد بتوانند در آنها جا بمانند. انبار Muskogee: یکی از انبارهای مورد استفاده برای نگهداری پنبه دانه لینت‌دار و سایر دانه‌های روغنی که به راحتی جاری نمی‌شوند می‌باشد. این انبارها دارای سقف شیب‌دار هستند و می‌توانند ارتفاعی حدود ۲۵ متر و طولی در حدود ۱۰۰ متر داشته باشند. برای پر کردن این انبارها از الواتورها، کانوایر و قیف دریافت استفاده می‌شود. در کف این انبارها کانالی وجود دارد که در آن کانوایر (conveyor) نواری قرار دارد که برای تخلیه انبار استفاده می‌شود. این کانوایر نواری در دو طرف در چندین قسمت توسط کانوایرهای پیچی تغذیه می‌شود.

## آماده‌سازی دانه‌های روغنی برای استخراج روغن از آنها

### الف) تمیز کردن و پوست‌گیری دانه‌ها

زوائد همراه با دانه‌های روغنی از جمله ذرات شن و ماسه به وسیله غربال‌های لرزان خارج می‌شود و دانه روغنی تمیز شده وارد مراحل بعدی فرآیند می‌گردد. پوست‌گیری دانه‌های روغنی به دلایل مختلفی انجام می‌شود. پوست معمولاً کمتر از ۱٪ روغن دارد و مخلوط شدن آن با مغز دانه باعث جذب روغن در پوست و کاهش راندمان استخراج روغن می‌گردد و ظرفیت دستگاه پرس را نیز کم می‌کند. از طرف دیگر پوست‌گیری باعث افزایش میزان پروتئین کنجاله می‌شود.



**نکته ۲:** دانه‌هایی مانند تخم‌پنبه، آفتابگردان و سویا قبل از روغن‌کشی، پوست‌گیری می‌شوند.

دستگاه پوست‌گیری عموماً به دو شکل **میل‌های (Bar Huller)** و **صفحه‌ای (Disc Huller)** هستند. در بین دانه‌های روغنی، پوست‌گیری تخم‌پنبه به جهت اتصال محکم مغز به پوست مشکل است. با تنظیم کردن مقدار پوست در مغز می‌توان به حداکثر بازده روغن رسید. زیرا چنانچه پوست‌ها کاملاً از مغز جدا شوند مقداری از مغز را نیز همراه با خود خارج کرده و در نهایت مقدار روغن استخراج شده کاهش می‌یابد و اگر مقدار پوست در مغز دانه زیاد باشد، باعث کاهش راندمان استخراج روغن می‌شود. در مورد تخم‌پنبه قبل از عملیات پوست‌گیری، لینترگیری (لینتر، الیاف کوتاهی است) انجام می‌شود.

لینترگیرها به دو صورت **اره‌ای (Saw Delinting Machine)** و **سایشی (Abrasive Delinting Machine)** هستند که متداول‌ترین نوع آن، اراه‌ای می‌باشد. شدت لینترگیری توسط دمپر (وسیله میزان کردن جریان هوا) کنترل می‌شود.

رطوبت دانه از عوامل اثرگذار بر پوست‌گیری است. خشک کردن دانه‌ها باعث سهولت در جدا شدن پوست از مغز می‌شود. خشک کردن به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد از جمله خشک کردن به روش بستر سیال و مخازن دو جداره حاوی بخار گرم.

دانه‌های روغنی کوچک مانند **کنجد، بزرک، کلزا و کتان** بدون پوست‌گیری، روغن‌کشی می‌شوند زیرا پوست‌گیری از آنها مشکل است ولی برعکس این موارد، هسته **انواع نخل مانند پالم، آفریقایی و نخل آمریکایی (باباسو و کوهن)** به دلیل بزرگ بودن، عملیات جداسازی پوست از مغز توسط کارگران و به طریق دستی انجام می‌شود. آفتابگردان نیز معمولاً قبل از روغن‌کشی پوست‌گیری می‌شود.

جدا کردن **مغز نارگیل** از تکه‌های درشت پوست آن به وسیله یکی از این دو روش، روش شناوری مرطوب و یا روش خشک انجام می‌شود. در روش خشک از نوارهای نقاله شیب‌دار استفاده می‌شود در حالی که در روش شناوری مرطوب از حمام آب نمک یا حمام خاک برای جدا کردن مغزهای سبک‌تر از پوست‌های سنگین‌تر استفاده می‌شود.

در نهایت نتیجه‌گیری می‌شود که خشک کردن دانه‌های روغنی نه تنها برای جلوگیری از فساد و ممانعت از فعالیت آنزیم‌هایی مانند لیپاز لازم است، بلکه انجام عملیات پوست‌گیری را نیز راحت‌تر می‌کند.

### ب) خرد کردن دانه‌های روغنی

پس از خشک کردن و پوست‌گیری دانه‌ها، نوبت به مرحله خرد کردن و شکستن آنها می‌رسد. برای سهولت در استخراج روغن با هر دو روش پرس مکانیکی و یا حلال، دانه‌ها را ورقه ورقه و یا خرد می‌کنند. دانه‌های کوچک مانند کلزا احتیاج به شکستن ندارند. در مورد تخم‌پنبه، در طی خرد کردن و یا ورقه ورقه کردن، بعضی از سلول‌ها سالم باقی می‌مانند و تنها عملیات پخت باعث تخریب سلول‌های روغنی می‌شود.

برای خرد کردن اولیه دانه‌های روغنی بزرگ نظیر کپرا و مغز هسته پالم یا باباسو از آسیاب‌های **چکششی (Hammer Miller)** و **سایشی (Attrition Miller)** و برای فلیک کردن نهایی از **غلطک‌های خردکننده (Flaking Rolls)** استفاده می‌شود. معمولاً آسیاب‌های مورد استفاده از نوع پنج غلطکی هستند.

در استخراج روغن به وسیله پرس حلزونی به دلیل خرد شدن بیشتر ذرات، می‌توان ضخامت پرک‌ها را بیشتر از زمانی که از پرس هیدرولیک استفاده می‌شود، در نظر گرفت. به طور معمول قطر فلس‌ها هنگام خروج از دستگاه خردکن حداقل ۵/۰۰۵ اینچ است که ضخامت پرک‌ها مستقیماً بر سرعت استخراج روغن توسط حلال مؤثر است. مغزهای نخل روغنی و بادام‌زمینی به هر دو صورت پرک شده یا نشده در پرس حلزونی روغن‌کشی می‌شوند.

هنگامی که استخراج روغن به طریق پرس مکانیکی انجام می‌شود، شکسته‌شدن پرک‌ها مشکلی را ایجاد نمی‌کند ولی در مواردی که استخراج با حلال انجام می‌شود، این امر باعث افزایش ناخالصی در روغن می‌شود. بنابراین در مواردی که دانه‌های روغنی بسیار خشک بوده و رطوبت لازم را ندارند، مقداری رطوبت اضافه می‌کنند که برای این کار معمولاً از دستگاه متعادل‌کننده (conditioner) برای افزودن رطوبت به دانه‌ها استفاده می‌شود.



## مدرسار شریف

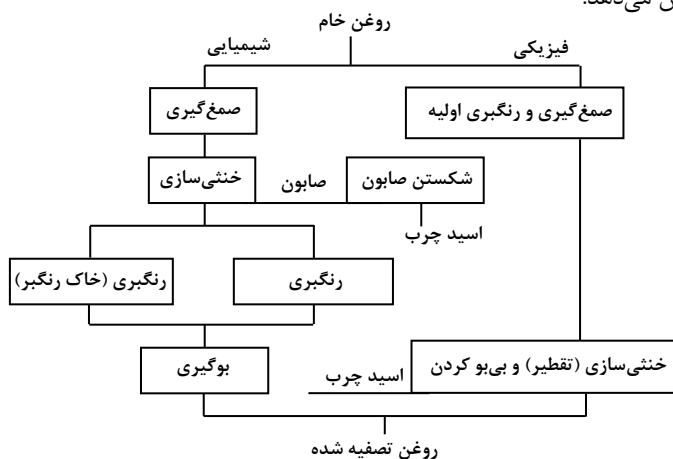
### فصل سوم

#### «تصفیه روغن»

از آنجا که بخش اعظم روغن‌های خام را تری‌گلیسرید تشکیل می‌دهد، هدف کلی از تصفیه، جداسازی ناخالصی‌های نامطلوب و همچنین ترکیبات مفید در روغن است به طوری که افت به حداقل برسد. بعضی از این ترکیبات که در حین تصفیه خارج می‌شوند، قابل صابونی‌شدن هستند و شامل اسیدهای چرب آزاد، مونو و دی‌اسیل گلیسرول‌ها و فسفاتید است. سایر ترکیبات دیگر را مواد غیرقابل صابونی شدن تشکیل می‌دهند که شامل استرول‌ها، توکوفرول‌ها، هیدروکربن‌ها، رنگدانه‌ها (گوسیپول، کلروفیل و کاروتنوئید) و ویتامین‌ها (کاروتن) می‌باشد. مراحل تصفیه‌ی روغن: ۱- صمغ‌گیری ۲- خنثی‌سازی ۳- شستشو با آب ۴- خشک کردن ۵- بی‌رنگ کردن ۶- هیدروژناسیون ۷- بی‌بو کردن

#### روش‌های تصفیه (پالایش)

در صنعت دو روش تصفیه فیزیکی (تصفیه با بخار) و تصفیه شیمیایی وجود دارد. تصفیه فیزیکی و شیمیایی مانند هم بوده و تنها تفاوت آن‌ها در مرحله خنثی‌سازی است به طوری که این مرحله در تصفیه فیزیکی حذف می‌شود. شکل ۱ روش‌های پالایش روغن خام را نشان می‌دهد.



شکل ۱: روش‌های پالایش روغن خام

تصفیه فیزیکی در مقایسه با تصفیه شیمیایی به تکنولوژی پیشرفته‌تری نیاز دارد.

#### مزایای تصفیه فیزیکی عبارتند از:

- ۱- اثرات منفی آن بر روی محیط زیست بسیار ناچیز است.
- ۲- اسید چرب آزاد به آسانی از روغن خام جدا می‌شود و نیاز به شکستن صابون نیست.
- ۳- افت روغن در تصفیه فیزیکی بسیار ناچیز است.

#### معایب تصفیه فیزیکی عبارتند از:

- ۱- صمغ‌گیری در این روش به نحو مطلوب انجام نمی‌شود.
  - ۲- بعضی از روغن‌ها را نمی‌توان با این روش تصفیه نمود.
- در تصفیه شیمیایی، اسیدهای چرب آزاد به همراه مونو و دی‌گلیسریدها و همچنین فسفاتیدها طی مرحله خنثی‌سازی و توسط یک محلول قلیایی عموماً NaOH صابونی شده و از روغن خارج می‌شوند، اما در تصفیه فیزیکی، اسیدهای چرب آزاد به روش تقطیر جداسازی شده و یک مرحله صمغ‌گیری اسیدی برای کاهش دادن فسفاتیدها اضافه می‌شود. البته صمغ‌گیری در این روش به نحو مطلوب انجام نمی‌شود. نوع تصفیه بستگی به عوامل مختلفی از جمله کیفیت روغن خام، اسیدیته روغن خام و توانایی حذف مواد صابونی دارد. استفاده از تصفیه شیمیایی برای روغن‌های خام که دارای کیفیت پایینی هستند، توصیه می‌شود زیرا این نوع تصفیه موجب می‌گردد که ترکیبات نامطلوب با استفاده از تیمار قلیایی از روغن جدا شود. از طرف دیگر استفاده از



تصفیه فیزیکی باعث می‌شود تا میزان راندمان روغن افزایش یابد و مصرف مواد شیمیایی و آب نیز کاهش قابل ملاحظه‌ای نشان دهد. به طور کلی هر نوع روغنی را می‌توان به صورت فیزیکی تصفیه نمود به استثنای روغن پنبه‌دانه که به دلیل جداسازی گوسیپول از آن، حساس بودن و تیره رنگ شدن در حرارت بالا، نیازمند تیمار قلیایی است.

در مورد روغن‌های خام که دارای مقادیر زیادی اسیدهای چرب آزاد هستند، با استفاده از روش تصفیه شیمیایی و سود سوزآور (NaOH)، افت روغن خنثی (تری‌گلیسرید) زیاد می‌شود زیرا مقداری از تری‌گلیسریدها همراه با اسیدهای چرب آزاد که صابونی شده‌اند، از روغن خارج می‌شوند، در حالی که تصفیه فیزیکی و تقطیر با بخار تنها اسیدهای چرب آزاد را خارج می‌کند و بدین ترتیب افت کلی تصفیه را کاهش می‌دهد. تصفیه فیزیکی باعث کاهش اسید چرب آزاد به حدود ۰/۰۲-۰/۰۱٪ می‌شود. تصفیه فیزیکی عملی مشابه با بی‌بو کردن است و برای روغن‌های با اسیدچرب آزاد بالا، ترجیح دارد.

در مورد گروه روغن‌های اسید لوریک مانند روغن نارگیل، هسته پالم و گروه روغن‌های پالم که میزان اسیدهای چرب آزاد (FFA) در آنها بالا است با توجه به ضایعات تصفیه، تصفیه فیزیکی ارجح است.

در مورد گروه روغن‌های نرم مانند روغن سویا، کلزا و آفتابگردان تنها پس از صمغ‌گیری و کاهش فسفاتیدها به مقدار قابل قبول و روغن‌هایی که کمتر اکسید شده‌اند و نسبت به حرارت حساس نمی‌باشند، تصفیه فیزیکی بر روی آن‌ها قابل اجرا است. به طور کلی قبل از تقطیر با بخار لازم است که اعمال مختلفی برای خارج کردن فسفاتیدها و سایر مواد نامطلوب از روغن انجام شود. در مورد روغن پالم، آماده سازی مقدماتی برای تصفیه کردن فیزیکی شامل افزودن اسیدفسفریک غلیظ به روغن جهت خارج کردن ناخالصی‌های محلول و سپس خالص‌سازی چربی با خاک رنگبر فعال است. در مورد روغن سویا نیز فسفاتیدهای غیرهیدراته توسط فرآیند صمغ‌گیری معمول خارج نمی‌شود، به همین جهت روغن را با اسید فسفریک مخلوط کرده و بدون خارج کردن اسید، خاک رنگبر را به آن اضافه کرده و مخلوط را حرارت داده و سپس سرد و قبل از بی‌بو کردن صاف می‌کنند.

**کلمه مثال ۱:** کدام یک از روغن‌های زیر را نمی‌توان تصفیه فیزیکی کرد؟

- (۱) کلزا (۲) آفتابگردان (۳) پنبه دانه (۴) سویا

پاسخ: گزینه «۳» برای جداسازی گوسیپول و همچنین حساس بودن روغن پنبه‌دانه به دمای بالا و تیره رنگ شدن آن، از تصفیه فیزیکی نمی‌توان استفاده کرد.

**کلمه مثال ۲:** در مورد گروه روغن‌های اسید لوریک و گروه روغن‌های پالم به ترتیب از چه نوع تصفیه‌ای استفاده می‌شود؟

- (۱) تصفیه شیمیایی - تصفیه فیزیکی  
(۲) تصفیه شیمیایی - تصفیه شیمیایی  
(۳) تصفیه فیزیکی - تصفیه شیمیایی  
(۴) تصفیه فیزیکی - تصفیه فیزیکی

پاسخ: گزینه «۴» در گروه روغن‌های اسید لوریک و پالم به دلیل دارا بودن میزان بالای اسیدهای چرب آزاد، استفاده از تصفیه فیزیکی برای جلوگیری از افزایش ضایعات تصفیه شیمیایی ارجحیت دارد.

**کلمه مثال ۳:** در مورد روغن پالم و سویا، آماده‌سازی مقدماتی جهت تصفیه فیزیکی شامل چه فرآیندی است؟

- (۱) افزودن اسید فسفریک به روغن  
(۲) افزودن خاک بیرنگ کننده  
(۳) حرارت دادن روغن و سپس صاف کردن آن  
(۴) تقطیر با بخار

پاسخ: گزینه «۱» افزودن اسید فسفریک به روغن جهت خارج کردن ناخالصی‌های محلول نوعی آماده سازی مقدماتی روغن‌های پالم و سویا قبل از تصفیه فیزیکی است.

تصفیه روغن دارای مراحل مختلفی است که در ادامه در مورد آنها بحث می‌شود.

### صمغ‌گیری (Degumming)

منظور از صمغ‌گیری، حذف فسفاتیدها و سایر مواد صمغی از روغن خام است که با استفاده از آب (هیدراتاسیون)، اسیدهای رقیق مانند اسید فسفریک یا اسید سیتریک و در برخی مواقع NaOH رقیق انجام می‌شود. خروج فسفاتیدها در طی عمل تصفیه ضروری است، زیرا فسفاتیدها امولسیفایرهای مناسبی هستند، به همین جهت موجب کاهش راندمان و افزایش ضایعات تصفیه می‌شوند به همین جهت این عملیات (صمغ‌گیری) معمولاً در محل روغن‌کشی انجام می‌شود. صمغ‌گیری روغن خام (با آب) معمولاً سبب کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون شده ولی بر مقدار واقعی اسیدهای چرب آزاد روغن تأثیری ندارد. صمغ‌ها اگر در روغن بمانند در اثر ته‌نشین شدن در تانک‌های نگهداری و در هنگام حمل، مشکلاتی را به وجود می‌آورند. همچنین باعث تغییر رنگ در روغن بی‌بو شده می‌گردند و از آنجا که قابلیت اتصال با فلزاتی همچون آهن را دارند، باعث کاهش مقاومت اکسیداتیوی روغن می‌شوند. از طرف دیگر، صمغ‌ها محصولات فرعی با ارزشی هستند و روغن سویای خام، منبع خوبی از فسفاتیدها (۳-۱٪) است. صمغ‌های به دست آمده از سویا و سپس ذرت،



## مدرسایان شریف

### فصل چهارم

#### «ویژگی‌های روغن حاصل از دانه‌های روغنی»

##### روغن تخم‌پنبه (Cottonseed Oil) (یا پنبه‌دانه)

روغن تخم‌پنبه از دانه تخم‌پنبه استخراج می‌شود. مغز، قسمت اصلی دانه بوده و پروتئین و روغن به مقدار تقریباً مساوی، مغز دانه را تشکیل می‌دهند. از جمله ترکیبات غیر گلیسریدی موجود در روغن تخم‌پنبه، **گوسیپول** است. گوسیپول یک ماده ترپنوییدی محسوب می‌شود. این ترکیب تحت تأثیر حرارت و رطوبت به قسمت پروتئینی دانه متصل شده و رنگ شدید قرمز تا قهوه‌ای تیره در روغن ایجاد می‌کند. خنثی‌سازی و بی‌رنگ کردن، دو مرحله برای کاهش رنگ روغن خام است که روغن تصفیه شده در نهایت زرد رنگ خواهد بود. **خنثی‌سازی، مهم‌ترین مرحله حذف گوسیپول است.** بیشتر رنگ قرمز موجود در روغن تخم‌پنبه از باقیمانده اندک گوسیپول و مشتقات آن مخصوصاً گوسیپورپورین است.

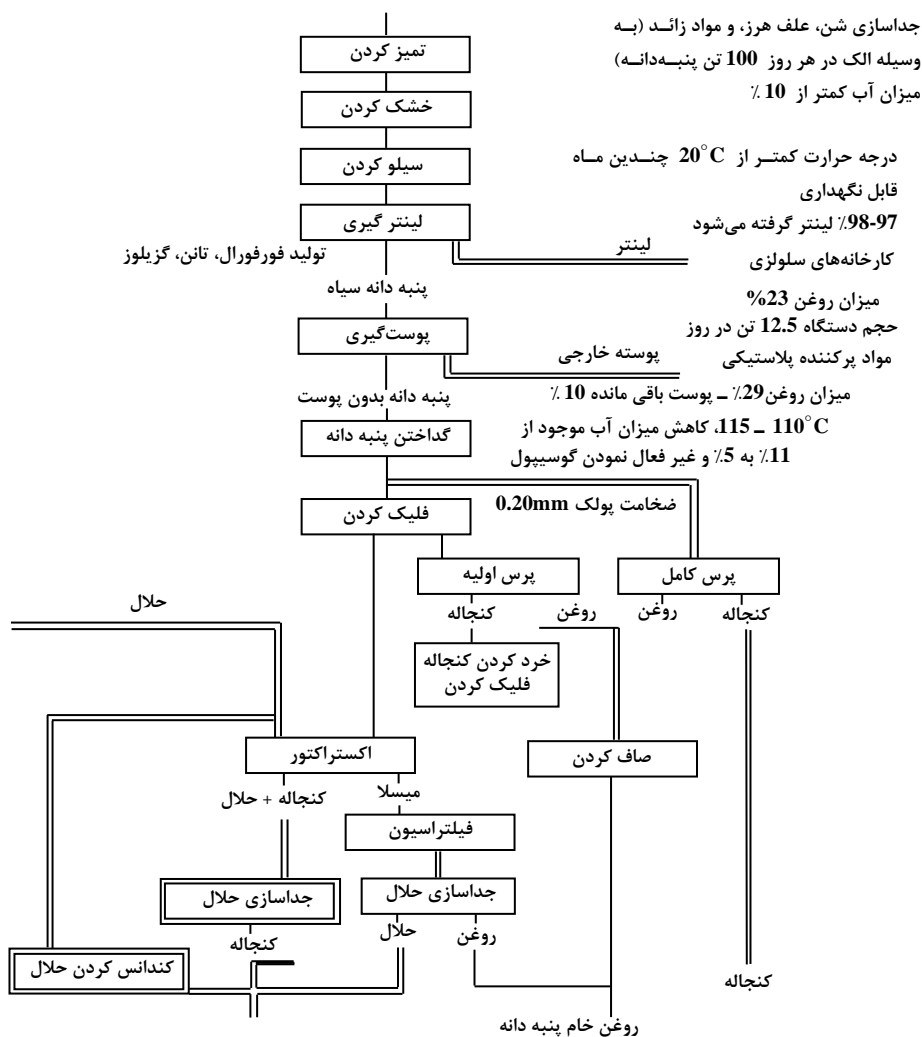
از جمله ترکیبات غیر گلیسریدی دیگر موجود در روغن تخم‌پنبه می‌توان به فسفولیپیدها، توکوفرول‌ها، استرول‌ها و رزین‌ها اشاره کرد. فسفولیپیدهای موجود در روغن سبب تقویت عمل توکوفرول‌ها شده و در جلوگیری از اکسیداسیون خود به خود روغن‌های نباتی و پایداری روغن تخم‌پنبه در مقابل اکسیداسیون تا حدی مؤثر هستند. **گاماتوکوفرول**، اصلی‌ترین توکوفرول روغن تخم‌پنبه است.

استرول اصلی موجود در بیشتر روغن‌های نباتی از جمله روغن تخم‌پنبه، **بتاسیتوسترول** است. روغن تخم‌پنبه را می‌توان به وسیله فشار مکانیکی، حلال یا تلفیقی از این دو روش استخراج کرد.

در دسته‌بندی روغن‌های نباتی، روغن تخم‌پنبه در گروه اولئیک-لینولئیک قرار می‌گیرد. مهم‌ترین اسید چرب اشباع آن، اسید پالمیتیک است. اسیدهای سیکلوپروپنویید که در گیاهان خانواده پنبه وجود دارند با گوگرد موجود در محلول دی‌سولفید کربن در آمیل الکل واکنش داده و رنگ قرمز آلبالویی ایجاد می‌شود که این واکنش، **هالفن** نامیده می‌شود و برای شناسایی مقادیر بسیار جزئی روغن تخم‌پنبه به کار می‌رود و بدین وسیله می‌توان مقادیر کم روغن تخم‌پنبه را در مخلوط با سایر روغن‌ها شناسایی کرد. **اسید مالوالیک و اسید استرکولیک** از جمله اسیدهای دارای واحد سیکلوپروپن هستند که در روغن تخم‌پنبه وجود دارند و سمی هستند ولی در طی فرآیند تصفیه و به ویژه در مرحله بی‌بو کردن و هیدروژناسیون از روغن، خارج شده یا به ترکیبات غیر سمی تبدیل می‌شوند. خارج کردن رنگ ایجاد شده در روغن پنبه امکان ندارد، بنابراین باید روغن خام را قبل از ذخیره کردن تصفیه نمود. حرارت همراه با اکسیداسیون باعث تیره شدن رنگ روغن می‌شود.

قبل از استخراج روغن، دانه‌های تخم‌پنبه برای روغن‌کشی آماده شده و در ابتدا لینترگیری و پوست‌گیری از تخم‌پنبه انجام می‌شود. لینترگیری و پوست‌گیری از پنبه‌دانه به دو روش **مکانیکی و شیمیایی** انجام می‌شود. در لینترگیری مکانیکی از استوانه مجهز به تیغه استفاده می‌شود در حالی که در لینترگیری شیمیایی بر روی پنبه‌دانه، اسید کلریدریک رقیق می‌پاشند. سپس پنبه‌دانه را خشک می‌کنند و اسید کلریدریک غلیظ باعث حل شدن لینتر می‌شود. لینتر به دست آمده به عنوان ماده سوختی قابل استفاده است. برای انجام عملیات روغن‌کشی، دانه‌های تخم‌پنبه را می‌پزند. اگر درجه حرارت پختن دانه‌ها پایین و رطوبت کم باشد، مقدار کمتری گوسیپول به پروتئین متصل شده و در نتیجه مقدار بیشتری از آن وارد روغن می‌شود و رنگ روغن خام را تیره می‌کند. برای استخراج روغن از تخم‌پنبه، از پرس حلزونی و در مرحله بعد، از حلال برای استخراج باقی‌مانده روغن استفاده می‌شود. کنترل رشد کپک به خصوص قارچ آسپرژیلوس فلاووس در هنگام نگهداری دانه تخم‌پنبه در انبار ضروری است. اگرچه اعمال تصفیه، سم حاصل از این کپک را از روغن خارج می‌کند ولی باقیمانده آن در کنجاله که به مصرف دام می‌رسد، مشکل‌ساز است.

شکل ۱ مراحل استخراج روغن از پنبه‌دانه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: مراحل استخراج روغن از پنبه دانه

مثال ۱: روغن تخم‌پنبه جزء کدام گروه روغنی است؟

- (۱) اولئیک - لینولئیک (۲) لینولئیک (۳) لوریک (۴) اروسیک

پاسخ: گزینه «۱» روغن تخم پنبه در دسته روغن‌های اولئیک - لینولئیک قرار دارد.

مثال ۲: برای تعیین مقادیر کم روغن تخم‌پنبه در مخلوط با سایر روغن‌ها از چه تستی استفاده می‌شود؟

- (۱) هالفن (۲) کرایس (۳) بلیه (۴) تیوسیانوژن

پاسخ: گزینه «۱» تست بلیه، شاخص تعیین روغن بادام‌زمینی است. اندیس کرایس وسیله‌ای برای شناسایی محصولات حاصل از اکسیداسیون است. اندیس تیوسیانوژن نیز درجه غیراشباع بودن روغن را نشان می‌دهد.

## روغن سویا (Soybean Oil)

از دانه سویا دو ماده‌ی مهم به دست می‌آید: ۱- روغن سویا ۲- کنجاله‌ی باقی‌مانده که سرشار از پروتئین است. کنجاله‌ی سویا محصول مهمی است که اساساً برای خوراک دام و در مقادیر پایین‌تر برای خوراک انسان به کار می‌رود تا جایی که روغن آن به عنوان محصول جانبی تعریف شده است. مهم‌ترین اسیدهای چرب سویا عبارتند از: لینولئیک- اولئیک- لینولئیک- پالمیتیک و استئاریک.

مهم‌ترین روغن نباتی تولیدی، روغن سویا است. این روغن در محدوده نسبتاً وسیع حرارتی به صورت مایع بوده و ترکیبات غیراشباع آن زیاد است. روغن سویا جزء گروه روغن‌های دسته اسیدلینولئیک است به طوری که مقدار اسید چرب آلفالینولئیک در روغن سویا ۷٪ - ۸٪ است که پایداری روغن را در برابر اکسیداسیون کاهش می‌دهد به طوری که برگشت طعم روغن پس از تصفیه و بی‌بو کردن را به نمک‌های اسید لینولئیک نسبت می‌دهند. برگشت طعم در مراحل اولیه فساد به صورت طعم لوبیایی و غلغی و در مراحل پیشرفته‌تر، به صورت طعم ماهی یا رنگ است. آمیختن روغن با اسید سیتریک روش مؤثری برای بهبود پایداری طعم است. در مقایسه با سایر روغن‌ها، مقدار فسفاتیدها در روغن سویا زیاد است.



## مدرسایان شریف

### فصل پنجم

#### «شورتنینگ‌ها و مارگارین»

##### پلی مورفیسیم

در صنعت، نقطه ذوب و پلاستیسیته دو فاکتور مهم در خصوصیات بافتی چربی‌ها محسوب می‌شوند که به نوبه خود تابعی از میزان و نوع کریستال‌های تری‌گلیسریدها هستند.

معمولاً چربی‌ها در شرایط حرارتی مختلف، بلورهای متفاوتی ایجاد می‌کنند که گاما، آلفا، بتا و بتاپریم نامیده می‌شوند. به توانایی یک ماده جهت حضور در بیش از یک حالت کریستالی **پلی مورفیسیم** می‌گویند. این اشکال مختلف کریستالی از لحاظ نقطه ذوب با یکدیگر متفاوت هستند. بلورهای شکل بتا پایدارتر از بتاپریم و بتاپریم پایدارتر از بلورهای آلفا هستند در حالی که از نظر سرعت تبلور ترتیب برعکس بوده و بلورهای آلفا سریع‌تر از بتا پریم و بلورهای بتاپریم با سرعتی بیشتر از بلورهای بتا تشکیل می‌شوند.

بلورهای بی‌شکل یا آمورف گاما بیش از چند ثانیه پایدار نیستند و به سرعت به کریستال‌های آلفا تبدیل می‌شوند. کریستال‌های آلفا نیز پس از سرد شدن به کریستال‌های  $\beta'$  تبدیل می‌شوند. بلورهای  $\beta'$  اندازه‌ای کمتر از ۱ میلی‌میکرون داشته و به علت کوچکی، نوکی تیز و سوزنی شکل در صنایع غذایی از اهمیت خاصی برخوردار هستند. این کریستال‌ها تا مدتی تقریباً طولانی پایدارند که پس از آن به بلورهای فرم  $\beta$  تبدیل می‌شوند. کریستال‌های  $\beta$  پایدارترین حالت کریستالی گلیسریدها هستند و بالاترین نقطه ذوب را به خود اختصاص می‌دهند. اندازه آنها ۵۰-۲۵ میلی‌میکرون است که در بعضی مواقع تا ۱۰۰ میلی‌میکرون نیز می‌رسد لذا، درشت و خشن بوده و در صنعت مارگارین مسئله‌ساز هستند.

پدیده تبدیل کریستال‌ها به یکدیگر را **منوتروپیسیم** می‌گویند که کریستال‌های با پایداری حداقل به کریستال‌های پایدار تبدیل می‌شوند. عکس این حالت، **انانتیوتروپیسیم** نامیده می‌شود.

جهت بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن‌های مصرفی در تهیه شورتنینگ‌ها و مارگارین از فرآیندهای مختلفی مانند هیدروژناسیون و انواع استریفیکاسیون استفاده می‌شود.

**نکته:** کریستال  $\beta$  پایدارترین کریستال است ولی به دلیل درشت بودن و داشتن حالت شنی نمی‌توان از آن در بسیاری از منابع مثل تولید مارگارین یا شورتنینگ استفاده کرد.

##### شورتنینگ‌ها

شورتنینگ‌ها چربی‌های خوراکی جامد هیدروژنه هستند و برای طبخ و سرخ کردن، محصولات نانویی و قنادی کاربرد دارند. چربی در شورتنینگ‌ها به صورت جامد و مایع وجود دارد. انواع شورتنینگ‌ها با توجه به خصوصیات عملی هر کدام، در صنعت استفاده می‌شوند که مهم‌ترین آنها **شورتنینگ‌های نرم، دانه‌ای و مایع** هستند.

**شورتنینگ‌های همه منظوره و شورتنینگ مخصوص نان شیرینی** پفدار دارای وسیع‌ترین حد پلاستیکی بوده و قابلیت کاری آن‌ها در سرما نیز به خوبی درجه حرارت اتاق است.

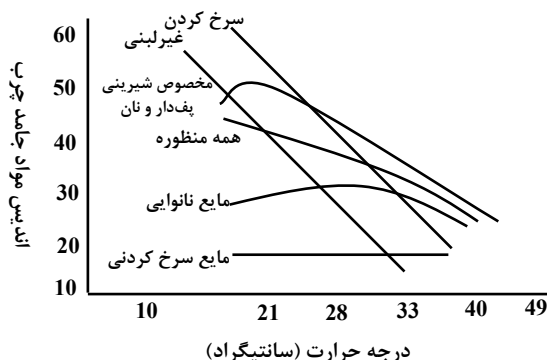
**شورتنینگ‌های مخصوص سرخ کردن و جانشین چربی شیر** دارای منحنی‌های مواد جامد نسبتاً شیب‌داری بوده و در درجه حرارت اتاق شکننده هستند ولی وقتی درجه حرارت قدری بالا می‌رود به صورت روان درمی‌آیند.

**شورتنینگ‌های مایع** که محصولاتی قابل انتقال توسط پمپ هستند دارای منحنی مواد جامد مسطح بوده و مصرف آن‌ها راحت است.

چربی در شورتنینگ‌ها و مارگارین‌ها به صورت جامد و مایع وجود دارد. شورتنینگ‌هایی که پایداری بالایی در مقابل اکسیداسیون دارند دارای نمودار SFI (ضریب مواد جامد) شیب‌دار و محدوده پلاستیکی باریک هستند. به طور کلی اندازه‌گیری مواد جامد چرب بیانگر خوبی از محدوده پلاستیکی یک چربی برای فرموله کردن شورتنینگ‌ها است.

در شورتنینگ‌های همه منظوره دارای حالت پلاستیکی در مقایسه با انواع دارای پایداری زیاد، مواد جامد موجود در آن‌ها در محدوده حرارتی وسیع‌تری حفظ و به این جهت نمودار چربی جامد آن‌ها صاف‌تر و افقی‌تر است. در شورتنینگ‌های مایع و قابل ریختن از ظرف، مقدار چربی جامد موجود کم و نمودار SFI آن‌ها بسیار صاف است.

شکل ۱ ذوب انواع شورتنینگ را نشان می‌دهد. شورتنینگ‌ها به صورت‌های مختلفی دارند.



شکل ۱: رابطه بین درجه حرارت ذوب و اندیس مواد چرب در انواع شورتنینگ

### شورتنینگ‌هایی که محدوده پلاستیکی وسیع دارند (شورتنینگ‌های نرم)

وقتی استفاده از چربی به جای خامه یا حد وسیع پلاستیکی مورد نظر باشد، در فرمولاسیون از یک روغن سویای نسبتاً غیراشباع به عنوان روغن پایه استفاده شده و با استئارین (تری‌گلیسرید با نقطه ذوب بالا) مخلوط می‌شود. برای این که کریستال‌ها به شکل بتا پیریم ( $\beta'$ ) باشند که در ایجاد شورتنینگ ضروری است، بخش استئارین باید از یک روغن دارای مقدار زیادی اسید پالمیتیک به دست آید که روغن پالم در این مورد بسیار مناسب است. این نوع شورتنینگ‌ها دارای اندیس یدی بالایی هستند و جزء شورتنینگ‌های نرم طبقه‌بندی می‌شوند.

به شورتنینگ‌های پلاستیکی همه منظوره مخصوص نانواپی، امولسیفایر اضافه می‌کنند تا قابلیت استفاده محصول به جای خامه و حبس هوا در محصول بهبود یابد، چون این مواد نقطه دود را کاهش می‌دهند. چنانچه این نوع شورتنینگ برای سرخ کردن عمیق استفاده شود، امولسیفایر حذف می‌شود.

### شورتنینگ‌هایی که محدوده پلاستیکی باریک دارند (شورتنینگ‌های دانه‌ای)

زمانی که پایداری خوب و مناسب شورتنینگ در مقابل اکسیداسیون یا ذوب سریع آن در درجه اول اهمیت باشد، حد وسیع پلاستیکی، ویژگی مطلوب نخواهد بود. نمودار SFI شیب‌دار نشانه حد پلاستیکی باریک است و این نوع شورتنینگ‌ها پایداری بالایی دارند. این شورتنینگ‌ها در یک محدوده وسیع حرارتی کارایی نداشته و در کمتر از  $18/3^{\circ}\text{C}$  سفت و شکننده و در بالای  $23/3^{\circ}\text{C}$  نرم هستند.

شورتنینگ‌های دارای پایداری زیاد برای سرخ کردن عمیق به عنوان پرکننده در محصولات قنادی و نانواپی و به عنوان جایگزین کره به مصرف می‌رسند. اندیس یدی این نوع شورتنینگ‌ها پایین است و در مقابل اکسیداسیون، پایدار هستند. منحنی مواد جامد چرب نیز شیب‌دار بوده و چربی سریعاً ذوب شده و احساس دهانی خوبی ایجاد می‌شود. این نوع شورتنینگ‌ها دانه‌ای و از نوع کریستال بتا ( $\beta$ ) هستند و برای تهیه آنها درصد بیشتری از گلیسریدهای با نقطه ذوب بالا مصرف می‌شود.

### شورتنینگ‌های مایع (قابل ریختن از ظرف)

این محصولات به صورت چربی جامد معلق در یک روغن مایع هستند و به صورت شفاف یا غیرشفاف عرضه می‌شوند. جزء چربی سخت معمولاً استئارین روغن سویا است که به عنوان هسته برای کریستالیزاسیون عمل کرده و به دلیل سهولت در تبدیل به شکل کریستال پایدار بتا ( $\beta$ ) برای مصرف در شورتنینگ‌های مایع بسیار مناسب است. منحنی مواد جامد چرب شورتنینگ‌های مایع از شورتنینگ‌های همه منظوره هم مسطح‌تر است.

کج مثال ۱: شورتنینگ‌هایی که پایداری بالایی در مقابل اکسیداسیون دارند، دارای نمودار..... و محدوده پلاستیکی..... هستند.

(۱) SFI شیب‌دار - باریک (۲) SFI مسطح - باریک (۳) SFI شیب‌دار - وسیع (۴) SFI مسطح - وسیع

پاسخ: گزینه «۱» شورتنینگ‌های پایدار در برابر اکسیداسیون، دارای نمودار SFI شیب‌دار و محدوده پلاستیکی باریکی هستند.

کج مثال ۲: شورتنینگ‌های مایع دارای منحنی مواد جامد (SFI)..... و شورتنینگ‌های دانه‌ای دارای منحنی مواد جامد (SFI)..... هستند.

(۱) مسطح - مسطح (۲) شیب‌دار - شیب‌دار (۳) مسطح - شیب‌دار (۴) شیب‌دار - مسطح

پاسخ: گزینه «۳» شورتنینگ‌های مایع دارای منحنی مواد جامد (SFI) مسطح و شورتنینگ‌های دانه‌ای دارای منحنی مواد جامد (SFI) شیب‌دار هستند.