



دانشگاه صنعتی اصفهان  
گروه علوم و صنایع غذایی

# شیمی و فناوری غلات

چاپ پنجم

دکتر مهدی کدیور  
مهر ماه ۱۳۸۶

"بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ"

## فهرست مطالب

مقدمه

۱	فصل اول- ساختمان غلات
۱۹	فصل دوم- اصول نگهداری غلات
۳۱	فصل سوم- ذخیره سازی در سیلو
۳۸	فصل چهارم- ترکیب شیمیایی غلات
۸۲	فصل پنجم- فزآوری غلات (برنج، یولاف، جو و ذرت)
۹۷	فصل ششم- تهیه آرد از گندم (اصول آسیاب گندم)
۱۱۳	فصل هفتم- تهیه نان از آرد گندم
۱۳۳	فصل هشتم- ارزیابی آرد و خمیر
۱۴۱	فصل نهم- گندم نرم و فزاورده های آن
۱۵۲	فصل دهم- لب چره ها ( <i>snack</i> )
۱۵۴	فصل یازدهم- محصولات <i>pasta</i>
۱۶۰	ضمیمه اول- پودر نانوائی ( <i>baking powder</i> )
۱۶۵	ضمیمه دوم- چارت فالینگ نامبر

داستان کشت، داشت و برداشت غلات داستان تواضع، فروتنی و غرور است. از آن هنگام که دانه در پناه دستهای نوازشگر کشتگر پیر متواضعانه سر بر خاک می سپارد تا آن هنگام که با قامتی راست در برابر باد می ایستد و زیبایی مسحور کننده خود را به رخ می کشد تا دگر بار به سراغ او آیند و این زمان پاک تر از همیشه دل به آسیابی بسپرد و با تحمل زخم و آتش، در نهایت قوت غالب سفره ایی گردد، همه بخش هایی از این داستان زیبا هستند. همین زیبایی بوده است که بشر را سالیان دراز است به سوی او کشانده تا هر چه بیشتر عظمت و شکوه خداوند را در تک تک دانه ها نظاره گر باشد. تعابیری چون "نان زندگی است" و "کسی که گندم میکارد راستی می افشاند" تلاشی بوده است تا بواسطه آن انسانها یعنی خوشه چینان این خرمن عظیم، قدر شناسی خود را بیان نمایند. در این مجموعه نیز سعی بر آن بوده تا بخشی از این زیباییها به تصویر کشیده شده و باید بدان در همین راستا نگاه نمود تا چه در نظر آید و چه مقبول افتد.

پس ز خاکش خوشه ها بر ساختند

قیمتش افزون و نان شد جانفزا

گشت عقل و جان و فهم سودمند

مثنوی معنوی

گندمی را زیر خاک انداختند

بار دیگر کوفتندش ز آسیا

باز نان را زیر دندان کوفتند

## فصل اول

### ساختمان غلات

غلات در میان تمامی انواع مواد غذایی بشر بعنوان قوت غالب (*Staple food*) مطرح می باشد. در کشورهای صنعتی بالغ بر ۵۰ درصد کربوهیدرات، ۱/۳ پروتئین و ۵۰ تا ۶۰ درصد ویتامین های گروه B از طریق مصرف نان تامین میشود. در کشورهای در حال توسعه، این نسبت ها بیشتر می باشد و در بعضی موارد ۷۵-۸۵ درصد کالری و پروتئین مردم در این کشورها را نان تامین می نماید. غلات منبع مناسب املاح و عناصر کم مقدار نیز بشمار می آیند. از نظر منشأ، وجود غلات به علف های وحشی باز می گردد. جو (*Hordeum vulgre*) از جمله اولین غلاتی است که در ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد در بابل و مصر شناخته شده بوده است. از دوره نئولیتیک (*Neolithic*) و در نواحی دارای آب و هوای معتدل مانند اوراسیا، گونه های حاصل از تلاقی گندم های وحشی *Einkorn* (*Triticum monoccum*) و *Emmer* (*T.dicoccum*) که به ترتیب دارای ۷ جفت کروموزوم (دیپلوئید) و ۱۴ جفت کروموزوم (تتراپلوئید) هستند بدست آمده است. *Einkorn* که نوعی دانه کوچک و نرم حاوی مقدار قابل توجهی پروتئین و رنگیزه زرد است و برای انواع محصولات نانوائی می تواند بسیار مناسب باشد، هرچند که مشکل عمده در ارتباط با این نوع گندم راندمان پائین آن است این دانه دارای مقدار زیادی لوتئین (*lutein*) که نوعی کاروتنوئید است بوده که به این ترتیب به عنوان نوعی ماده زیست فعال (*bioactive*) بر اهمیت دانه می افزاید. صرف نظر از این دانه، ارقام دیگر گندم مانند اسپلت (*Spelt*) با نام علمی *T. aestivum* *spp.spelta*، امر (*Emmer*) با نام علمی *T. turgidum spp.dicoccum*، کاموت (*Kamut*) با نام علمی *T.turgidum spp. turanicum* نیز از دیگر انواع گندم هستند که هر یک بنوعی مورد توجه قرار گرفته اند. هر دو نوع گندم *Einkorn* و *Emmer* از بین رفته و امروزه وجود ندارد. تنها نوعی از گندم *Emmer* یعنی *durum* در حال حاضر وجود داشته و بیش از ۱۰ درصد تولید جهان را بخود اختصاص داده است. گندم های هگزاپلوئید

(۲۱ جفت کروموزوم) خواه گندم های نرم و یا گندم های مخصوص تهیه نان همگی از خانواده *T.aestivum L* بشمار می آیند و امروزه بشکل گسترده ای در جهان کشت می شوند..

برنج (*Oryza sativa*) و ذرت (*Zea mays*)، نخست در نواحی گرم استوایی جنوب شرقی آسیا و سپس آمریکای جنوبی و مرکزی کشت شده و سابقه آنها به ۵۰۰۰ سال قبل می رسد. سابقه کشت ارزن به زمانهای بسیار دور باز می گردد و کشت آن در نواحی استوایی آسیا و آفریقا معمول بوده است. و از زیر خانواده *Eragostioideae panicoidae* می باشد و در بعضی نواحی گونه هایی از آن مانند *Eragrostis tof* از اهمیت خاصی برخوردار هستند. سورگوم (*Surghum bicolor*) از زیر خانواده *Andropogonideae* است. چاودار *Secale cereale* و جو دو سر *Avena Sativa* به غلات ثانویه مشهور می باشند که ابتدا بطور خودرو همراه با سایر غلات روئیده و بمرور زمان توانستند در نواحی شمالی، با آب و هوای نامناسب سازگاری پیدا نمایند. متخصصین اصلاح نبات بمنظور ترکیب خواص نانوائی گندم و سختی چاودار، توانسته اند نوعی غله بنام تریتیکاله را بوجود بیاورند که در واقع اولین غله ساخت بشر می باشد.

از نظر ساختمانی، اعضای خانواده گرامینه که دانه های غلات را نیز در برمی گیرند، تولید میوه های تک دانه و خشک می نمایند که اصطلاحاً کاریوپسیس (*cariopsis*) نامیده می شود. هر چند که بدانها kernel و grain نیز گفته می شود. کاریوپسیس شامل پوشش میوه (fruit coat) یا پریکارپ است که دانه را احاطه نموده و کاملاً به پوشش دانه (seed coat) چسبیده است. دانه مشتمل بر یک جوانه (embryo) و اندوسپرم (endosperm) است و بوسیله اپیدرمیس و پوشش دانه احاطه شده است. کاریوپسیس تمامی غلات در درون بخش هایی که در واقع فرم تغییر شکل یافته برگه های گیاه می باشند، قرار دارد. همین بخشها هستند که اصطلاحاً به آنها کال یا پوشال گفته می شود. در محصولاتمانند برنج و اکثر ارقام جو و جو دو سر، لفاف و پوشش گل آنچنان محکم کاریوپسیس را در بر گرفته اند که بعد از خرمن کوبی نیز بر روی آن باقی می ماند و

تشکیل پوسته (hull) را می دهند. در مورد گندم، چاو دار، ذرت، سور گوم دانه ایی و ارزن، پوسته و دانه براحتی و در ضمن خرمن کوبی از یکدیگر جدا می شوند و به دانه در این هنگام، پوست کنده گفته می شود.

#### الف: گندم (Wheat)

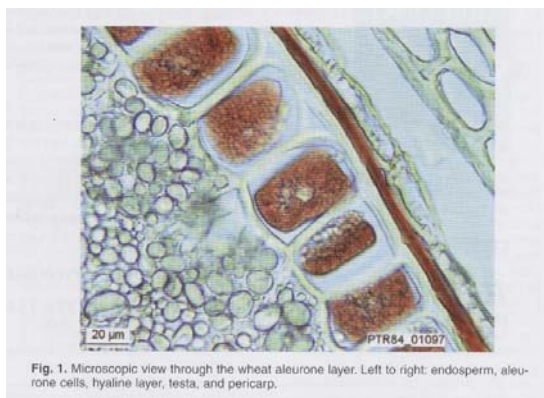
کاریوپسیس گندم بصورت شماتیک و با مقاطع عرضی و طولی در شکل ۱ ملاحظه می شود. دانه گندم بطور متوسط در حدود ۸ میلی متر طول و ۳۵ میلی گرم وزن دارد. اندازه دانه بر حسب رقم و موقعیت آنها بروی سنبله متغیر است. دانه گندم در قسمت پشتی بصورت مدور (ماهی پشت) بوده و در سوی دیگر دارای یک شیار (crease) است. این شیار که در نقطه مقابل جوانه قرار دارد. تمامی طول دانه را در برمی گیرد، تقریباً در مرکز دانه قرار دارد. دو لب شیار گاهی به یکدیگر رسیده و عمق شیار را می پوشانند. این شیار نه تنها در آسیاب، جدا سازی سبوس از اندوسپرم را مشکل می کند، بلکه محل مناسبی نیز برای پنهان شدن میکرو ارگانیزمها و گرد و غبار می باشد. دانه گندم از نظر بافت (سختی یا نرمی) و رنگ دارای گستردگی بسیار است. تغییرات در بافت در ارتباط با نحوه پیوندها در اندوسپرم می باشد و بعداً در مورد آن صحبت خواهد شد. رنگ، معمولاً سفید یا قرمز و گاهی نیز ارغوانی و یا آبی است و در ارتباط با انگیزه های موجود در تستا و یا لایه آلورون می باشد. نوع رنگیزه ها و وجود یا عدم وجود آنها تحت تاثیر عوامل ژنتیکی بوده و بنابراین می توان با استفاده از روشهای اصلاح نبات، آنها را تغییر داد تا رنگ مطلوب بدست آید. پری کارپ دانه گندم شامل پریکارپ خارجی و داخلی است و پریکارپ خارجی همان قسمتی است که اصطلاحاً به آن بال زنبوری یا (beeswing) می گویند. پریکارپ خارجی شامل لایه های اپیدرمیس، هیپودرمیس و سلولهای با دیواره نازک می باشد. پری کارپ داخلی شامل سلولهای واسط، سلول های عرضی و سلولهای لوله ای شکل می باشد. ۵ درصد وزن دانه را پری کارپ تشکیل می دهد و شامل ۶ درصد پروتئین، ۲ درصد خاکستر، ۲۰ درصد سلولز و ۰/۵ درصد چربی است و باقیمانده آن را انواع پنتوزانها تشکیل می دهد. پوشش دانه از خارج بشکل محکمی به سلولهای لوله ای شکل و از داخل به اپیدرمیس متصل می باشد و خود شامل سه لایه است. الف: لایه ضخیم خارجی ب: لایه ای که

حاوی پیگمان ها است ( در مورد گندمهای رنگی) ج: لایه نازک داخلی. ضخامت پوشش دانه بین ۵ تا ۸ میکرون است. لایه آلورون (aleurone layer) که عموماً به ضخامت یک سلول می باشد، (شکل ۲) بصورت کامل، دانه را احاطه نموده است و هر دو بخش جوانه و اندوسپرم را در بر می گیرد. از نقطه نظر بوتانیکی، آلورون، خارجی ترین لایه اندوسپرم است. هر چند که در حین آسیاب گندم، این لایه همراه با لایه اپیدرمیس، پوشش دانه و پریکارپ، تشکیل چیزی را می دهند که اصطلاحاً به آن سبوس (bran) گفته میشود. سلولهای آلورون که دارای دیواره ضخیم بوده و بشکل مکعب می باشند عاری از نشاسته بوده و ضخامت سلولهای آنها در حدود ۵۰ میکرون می باشد. لایه آلورون دارای مقادیر نسبتاً زیادی خاکستر، پروتئین، فسفر، فیتات، چربی، نیاسین، تیامین و ریوفلاوین است و فعالیت آنزیمی آن بسیار بالا است. جنین یا جوانه ۲/۵ تا ۳/۵ درصد وزن دانه را تشکیل می دهد. جنین عمدتاً از سه قسمت تشکیل شده است. سلولهای اولیه تشکیل محور جنینی (*embryonic axis*) و پوشش های فلس مانند یا *scutellum* که همچون یک عنصر ذخیره ساز عمل می نمایند را می دهند. اپی بلاست جوانه از نظر پروتئین نسبتاً غنی است (۲۵٪) و دارای قند (۸۸٪)، چربی (۱۶ درصد در سلولهای اولیه و ۲۲ درصد در اسکوتلوم) و خاکستر (۵٪) است. جنین فاقد نشاسته بوده، اما از نظر ویتامین های گروه B و نیز برخی آنزیمها غنی می باشد. همچنین مقدار ویتامین E آن بالا بوده و مقدار آن به حدود ۵۰۰ قسمت در میلیون نیز می رسد. قندهای آن عمدتاً سوکروز و رافینوز می باشد.

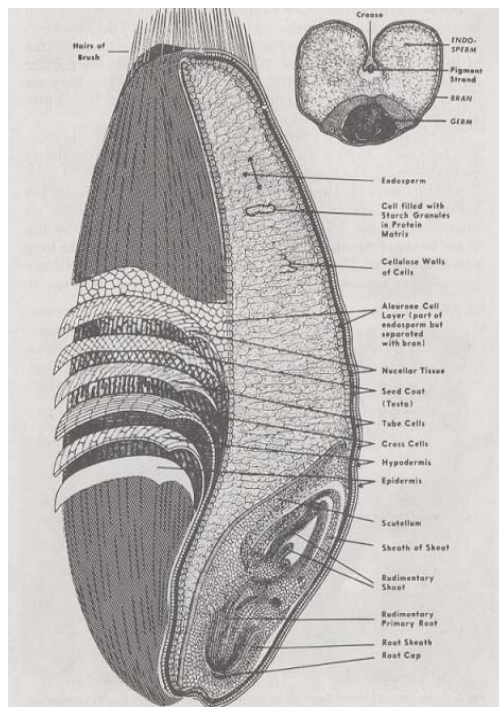
اندوسپرم شامل لایه آلورون، خود از سه نوع سلول ساخته شده است. الف: سلولهای محیطی ب: سلولهای منشوری شکل و ج: سلولهای مرکزی. سلولها از نظر اندازه و موقعیت با یکدیگر متفاوت می باشند. دیواره سلولهای اندوسپرم، حاوی نپتوزان ها و سایر همی سلولزها می باشد، اما فاقد سلولز است. ضخامت دیواره سلولها بر حسب موقعیت قرار گرفتن آنها در درون دانه متفاوت می باشد، بدین ترتیب که سلولهای نزدیک به لایه آلورون ضخیم تر از بقیه می باشد. علاوه بر این ضخامت دیواره سلولها، بر حسب رقم گندم و انواع سخت یا نرم گندم نیز متفاوت می باشد. تفاوت مابین دانه های سخت و نرم دانه گندم، منجر به انتخاب هر یک از آنها



برای مصارف خاصی می شود. گندم های سخت یا گندم های مناسب نان در مواقعی که نیاز به جذب آب زیادی است، انتخاب می شوند. همی سلولز موجود در آنها، مقادیر زیادی آب جذب می نماید



شکل ۲- لایه آلورون گندم



شکل ۱: برش طولی و عرضی دانه گندم

در مواقعی که نیاز به جذب آب زیادی نباشد گندم های نرم انتخاب می شوند. تفاوت دیگر دانه های سخت و نرم در نحوه شکسته شدن آنهاست. در گندم های سخت، بیشتر دیواره های سلول و کمتر محتویات آنها شکسته می شوند، در حالیکه در گندم های نرم، شکستگی بیشتر در محتویات سلول، اتفاق می افتد. حالات فوق خود، گواهی هستند بر اینکه محتویات سلول در گندمهای سخت، محکم به هم پیوند خورده و در نتیجه دیواره سلولی ضعیف تر از محتویات سلول می باشد. محتویات سلول و نیز دیواره های سلولهای اندوسپرم، آرد را تشکیل می دهند. سلولهای اندوسپرم با گرانولهای نشاسته که توسط پروتئین احاطه شده اند و تشکیل ماتریکس را می دهند، پر شده است. پروتئین گندم که گلوتن قسمت اعظم و البته نه همه آن را تشکیل می دهد، پروتئین ذخیره ایی گندم بشمار می آید و در گندم در حال رسیدن و در درون محل های بنام ذخایر پروتئینی (protein bodies) ساخته می شود. با رسیدن دانه گندم ذخایر پروتئینی بصورت کاملاً فشرده، به درون ماتریکس فرو رفته و ظاهری

گل آلود را پدید می آورند. از این زمان به بعد این ذخایر پروتئینی دیگر قابل رویت نمی باشند. گرانول های نشاسته، بصورت گرانول های بزرگ عدسی شکل با سطح جانبی تا ۴۰ میکرون و یا گرانول کوچک کروی شکل (به قطر ۲ تا ۸ میکرون) دیده می شوند، هر چند که می توان انواع گرانول با اندازه هایی مابین این دو نیز مشاهده نمود. اما غالب آنها دارای این دو شکل و اندازه می باشد. در گندم های سخت، پیوند بین نشاسته و پروتئین بسیار محکم است. در این حالت پروتئین نه تنها سطح نشاسته را بخوبی پوشش می دهد، بلکه بین آنها پیوندهای قوی نیز برقرار می باشد. در گندم های نرم، وضعیت بگونه ای دیگر است. بدین ترتیب که پروتئین سطح نشاسته را در بر نگرفته است و از آنجا که پیوند بین آنها براحتی شکسته میشود می توان دریافت که پیوند بین آنها قوی نمی باشد. قدرت زیاد اتصال بین موجود پروتئین و نشاسته، همان چیزی است که از آن به سختی دانه یاد می شود. ماهیت پیوند پروتئین-نشاسته هنوز ناشناخته است، اما این واقعیت که این دو را می توان به راحتی و با استفاده از آب جدا نمود، نشان دهنده آن است که این پیوندها با آب ضعیف شده و یا شکسته می گردند. ضمن آنکه مطالعات نشان می دهند که گندم های نرم دارای پروتئین های خاصی هستند که گندم های سخت فاقد آنها می باشند. آندوسپرم صرفنظر از موضوع سختی، از نظر ظاهر نیز دارای موقعیت مهم و قابل توجهی می باشد. برخی ارقام گندم ظاهر دارای ظاهر شیشه ای (شاخی یا شفاف) می باشند. در حالیکه بعضی دیگر، ظاهر مات و آردی دارند. بطور سنتی، دانه های با آندوسپرم شفاف، معروف به دانه های سخت و با پروتئین زیاد هستند و دانه های مات معروف به دانه های نرم و کم پروتئین می باشند. بهر حال، شفافیت و سختی، ارتباط منطقی با یکدیگر ندارند و کاملاً متحمل است که گندم های سختی دارای ظاهر مات باشند و بالعکس. در زمینه علت شفافیت یا مات بودن دانه معتقد هستند که در دانه های مات، فضاهای خالی هوا وجود دارد که این فضاها، نور را شکسته و آن را پراکنده می نمایند و بنابراین باعث می شوند تا که دانه مات بنظر رسد. در دانه هایی که این فضا وجود ندارد، نور در حد فاصل دانه و هوا شکسته شده و سپس از درون دانه بدرون شکسته شدن عبور می کند و بنابراین دانه ظاهر شیشه ای می یابد. وجود هوا باعث می شود که دانه های

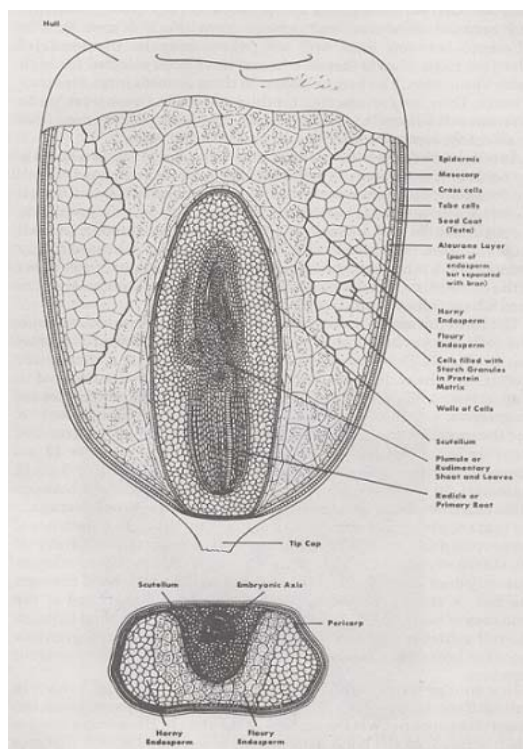
مات، کمتر متراکم باشند. این فضاهاى خالى حاوى هوا ظاهراً در دوره خشك كردن (شدن) ايجاد مى شوند. با از دست دادن آب، پروتئين جمع مى شود و سپس شكسته مى شود (ترك بر مى دارد) و فضا ايجاد مى شود. در دانه هاى شيشه اى، پروتئين هر چند جمع مى شود ولى دست نخورده باقى مى ماند. اگر دانه نارس برداشت شود و به روش تصعيدي خشك شود، كاملاً مات بنظر مى آيد. اين امر نشان مى دهد كه ظاهر شيشه اى در دوره نهايى خشك كردن است كه حاصل مى گردد.

در تجارت، گندم بر اساس خواص و نه از نظر خصوصيات گياهشناسى، طبقه بندي مى شود. خصوصياتى مانند سختى يا نرمى، رنگ، ميزان پروتئين، بهاره يا زمستانه بودن از جمله اين خواص مى باشند و براين اساس آزمونهايى مانند وزن هزار دانه، هكتولتر و آزمون هاى شيميايى انجام مى گيرند. در ارتباط با بهاره و زمستانه بودن گندم، بايد گفت كه گندم زمستانه گندمى است كه در اوائل پاييز كشت مى شود و در فصل زمستان ضمن استفاده از رطوبت، سرما را سپرى نموده و سپس در فصل بهار با وفور آب و آفتاب به رشد خود ادامه داده و سرانجام در اواخر بهار يا اوائل تابستان برداشت مى شود. گندم بهاره در فصل بهار و اواخر زمستان در مناطقى كه داراى زمستانهاى بسيار سرد و يخبندان مى باشند. كشت مى شود و موقع برداشت آن اواخر تابستان مى باشد. رنگ گندم همانگونه كه قبلاً ذكر شد سفيد يا قرمز مى باشد. معمولاً گندم هاى قرمز داراى سختى بيشترى نسبت به گندم هاى سفيد مى باشند. سختى يا نرمى دانه، نوع مصرف آن را مشخص مى نمايد. گندم هاى نرم جهت تهيه شيرينى و مانند آن و گندم هاى سخت بمنظور تهيه نان مورد استفاده قرار مى گيرند.

ب: ذرت (Corn)

انواع زيادى ذرت در سراسر جهان كشت مى شود. اما در اينجا به نوعى از آن موسوم به ذرت دندان اسبى (dent corn) اشاره مى شود. نوعى ديگر از ذرت بنام pop corn در فصل مربوط به غذاهاى ته بندي (snack foods) توضيح داده خواهد شد. ذرت نوع دندان اسبى، بزرگ و داراى سطح صاف است و بزرگترين دانه هاى غلات بشمار مى آيد. وزن دانه در حدود ۳۵۰ ميلي گرم مى باشد. دانه (شكل ۳) داراى چهار قسمت

مهم می باشد: hull یا سبوس شامل پری کارپ و پوشش دانه، جوانه، اندوسپرم و بالاخره Tip cap در مورد ذرت، بکار بردن لفظ hull یک نام بی مسمی است. زیرا که شبیه به hull جو و یا جو دو سر نبوده باشد و بیشتر شبیه به سبوس گندم است.

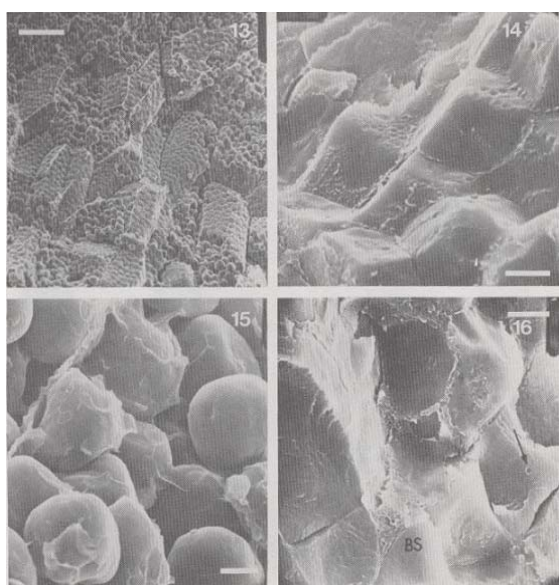


شکل ۳-مقاطع طولی و عرضی دانه ذرت

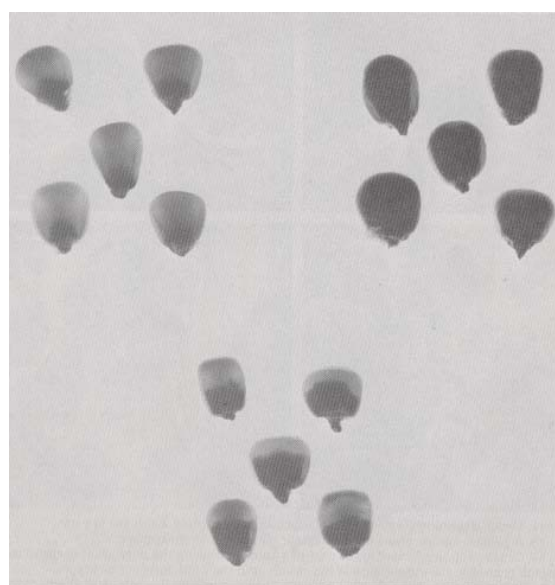
آنچه باعث شده تا پوشش ذرت بنام hull خوانده شود مقاومتی است که در هنگام آسیاب مرطوب (wet milling) ذرت از خود نشان می دهد. tip cap نقطه اتصال دانه به چوب ذرت (cob) می باشد و ممکن است بهنگام پوست کنی همراه پوست جدا شود. از نظر بوتانیکی، کاریوپسیس ذرت دارای بخش هایی شبیه به گندم می باشد. رنگ دانه ذرت از گندم کاملاً متمایز می باشد و ممکن است به رنگهای سفید یا قهوه ای تیره و یا ارغوانی دیده شود. هر چند که غالباً دانه ها به رنگ های سفید و زرد می باشند. در گندم های آبی یا ارغوانی رنگ بر خلاف انواع قرمز و یا سفید که در آنها رنگیزه در لایه تستا قرار دارد، پیگمان یا در اپی کارپ تجمع یافته (نوع ارغوانی) و یا در لایه آلورون دیده می شود (نوع آبی) و در هر دو حالت رنگیزه از نوع آنتوسیانین می باشد. پوسته یا سبوس در حدود ۵ تا ۶ درصد وزن دانه را تشکیل می دهد، جوانه نسبتاً بزرگ بوده و ۱۰ تا ۱۲

درصد وزن دانه را بخود اختصاص داده است. مابقی وزن دانه را اندوسپرم تشکیل می دهد. دانه ذرت از این جهت که اندوسپرم شفاف و مات با هم در آن دیده می شود. با دانه گندم تفاوت دارد (شکل ۴). در این تصویر که با عبور نور از شیشه مات و تاباندن آن از زیر به دانه، تهیه شده است. قسمت‌های شفاف دانه را می توان بخوبی مشاهده نمود. در اندوسپرم شفاف، سلولها کاملاً فشرده بوده و هیچ گونه فضای خالی برای جایگزینی هوا بین آنها وجود ندارد. گرانول های نشاسته از نظر شکل چند وجهی بوده و بوسیله ماتریکس پروتئین به یکدیگر متصل هستند (شکل ۵).

پروتئین ذرت zein نام دارد و در zein bodies یا ذخائر زئین جای گرفته است. بواسطه همین ذخائر است که نشاسته تا حدود دنداندار بنظر می رسد. در اندوسپرم مات، گرانول های نشاسته کروی بوده و یا ماتریکس پروتئین پوشانده شده اند و محلی بنام protein bodies وجود ندارد. دلیل مات بودن آن است که فضاهایی در بین سلولها توسط هوا اشغال شده اند.



شکل ۵- ماتریکس پروتئین-نشاسته در دانه مات و شفاف



شکل ۴- اندوسپرم مات و شفاف دانه ذرت

تجزیه شیمیایی اندوسپرم های شفاف و مات نشان می دهد که هر دو نوع اندوسپرم دارای مقادیر مساوی پروتئین می باشد ولی نوع پروتئین آنها با یکدیگر متفاوت می باشد. بطور کلی دانه ذرت از استحکام بالایی برخوردار است و بسیار سخت می باشد و پیوند ما بین پروتئین و نشاسته کاملاً قوی می باشد. این حقیقت

که آب به تنهایی نمی تواند عمل جداسازی از پروتئین را در فرایند wet milling انجام دهد، موید تفاوت دانه ذرت با گندم از این جهت می باشد. اندوسپرم مات ذرت را اغلب اندوسپرم نرم نیز می نامند. اندازه ذرات در آرد حاصل از ذرت های با اندوسپرم مات که در شرایط مساوی ریزتر از انواع شفاف خود می شوند. تایید دیگری براین مدعا می باشد. در زمینه علت تشکیل دو نوع اندوسپرم مات و شفاف آخرین نظریه براین اساس استوار است که در زمانی که دانه بطور طبیعی در حال خشک شدن می باشد پروتئین ذرت آب خود را از دست داده و مقداری جمع می شود. با توجه به اینکه اتصال بین نشاسته به پروتئین بقدر کافی قوی می باشد تا که گرانول نشاسته را به طرف خود بکشد و نیز از آنجا که گرانول های نشاسته در این مرحله از انعطاف پذیری خاصی برخوردار هستند. بنابراین گرانول ها کاملاً در کنار هم قرار گرفته و بصورت سلولهای چند وجهی در می آیند. وجود حالت دنداندار بر روی گرانول های نشاسته که بدلیل ذخایر پروتئینی ایجاد شده است. دلیل دیگری بر قابلیت انعطاف گرانول های اندوسپرم شفاف می باشد. در اندوسپرم مات، توزیع پروتئین و ترکیب اسیدهای آمینه وضعیت کاملاً متفاوتی دارد. در دوره خشک شدن پیوندهای موجود بین پروتئین ها (پروتئین-پروتئین) شکسته شده و باعث بوجود آمدن فضاهای بین گرانولی که مناسب جهت تجمع هوا هستند. میگردند و گرانول های نشاسته نیز حالت کروی پیدا می نمایند. در صورتی که ذرت قبل از خشک شدن کامل برداشت شود گرانول های نشاسته همگی کروی شکل می باشند.

### ج: برنج (Rice)

کاریوپسیس برنج همراه با پوسته (hull یا husk) برداشت می شود و اصطلاحاً به آن شلتوک (paddy) یا برنج خام گفته می شود. hull در حدود ۲۰ درصد وزن برنج خام را تشکیل می دهد و در واقع فرم تغییر یافته دو پوشش گل یعنی lemma و palea می باشد. Lemma عبارت است از برگچه هایی که گل را می پوشانند و palea پوشش سبز فلس مانند روی گلها می باشند. پوسته برنج دارای مقادیر زیادی سلولز ۲۵٪ لیگنین ۳۰٪ نیتوزان ۱۵٪ و خاکستر ۲۱٪ می باشد. ۹۵ درصد خاکستر آن را سیلیس تشکیل می دهد. برنج قهوه



ای (برنجی که پوسته آن برداشته شده است) از نظر ساختمان شبیه، به سایر دانه های غله می باشد. کاربوپسیس فاقد شیار است و طول آن ۵ تا ۸ میلی متر می باشد و وزن آن در حدود ۲۵ میلی گرم است. برنج قهوه ای شامل ۲٪ پری کارپ ۵ درصد لایه آلورون و پوشش دانه، ۲ تا ۳ درصد جوانه و ۹۴-۸۹ درصد اندوسپرم می باشد. لایه آلورون در برنج همچون سایر غلات خارجی ترین اندوسپرم است ولی همراه با پریکارپ و پوشش دانه سبوس را تشکیل می دهد. اندوسپرم اصولاً سخت و شفاف و شیشه ایی است. هر چند که ارقام مات و یا ارقامی که در بعضی نواحی اندوسپرم مات می باشد نیز شناخته شده است. ارقام اخیر را اصطلاحاً شکم سفید (white belly) می گویند که شبیه به گندمهای yellow berry می باشد. مات بودن در دانه برنج نیز بواسطه وجود فضاهای حاوی هوا در درون اندوسپرم می باشد. سلولهای اندوسپرم از طریق دیواره های نازک خود کاملاً در کنار هم قرار داشته و شکل چند وجهی را دارند. ذخایر پروتئینی در برنج بیشمار بوده و در مجاورت لایه آلورون بیشتر از قسمت های مرکزی اندوسپرم دیده می شوند. تشکیل حالت چند وجهی گرانول های نشاسته مربوط به دوره رشد و نمو دانه و فشار وارده بر آنها می شود. برنج و جو دو سر تنها غلاتی هستند که دارای گرانول های نشاسته مرکب (بطوری که هر گرانول بزرگ خود از تعداد گرانول کوچکتر تشکیل شده است) می باشند. هر یک از گرانول کوچک برنج اندازه بین ۲ تا ۴ میکرون دارند.

برنج وحشی (*Zizania latifolia Griseb*) نوعی دیگر برنج است که از زمانهای بسیار دور کشت آن در برخی نواحی چین معمول بوده است ولی اکنون در آمریکای شمالی نیز می توان آن را یافت. در فرهنگ چینی از آن بعنوان یک غذای موثر در درمان بیماریهای مربوط به معده و روده و نیز درمان بیماریهای قلب و دیابت یاد شده است. رنگ آن سیاه و دانه ها کاملاً کشیده و باریک هستند (شکل ۶) و میزان سختی آن از برنج های معمولی بیشتر است. میزان پروتئین آن بین ۱۲ تا ۱۵ درصد بوده، مقدار اسیدهای آمینه آن بشکل معنی داری از نوع معمولی بیشتر است، بطوری که مجموع اسیدهای آمینه آن از حدود ۱۱/۵ گرم تا کمی بیش از ۱۴/۵

درصد در هر ۱۰۰ گرم برنج وحشی متغیر می باشد، حال آنکه این مقدار در برنج سفید معمولی کمی فراتر از ۷ درصد است. اسیدهای آمینه ضروری موجود در آن نیز نزدیک به ۲ برابر مورد مشابه در برنج سفید است.



شکل ۶- دانه های برنج وحشی

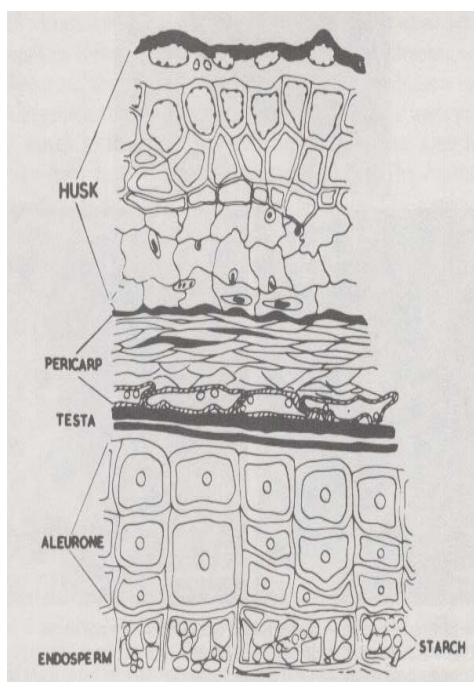
برنج وحشی دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی است که می تواند اثرات بسیار مفیدی را در زمینه سلامتی انسان و بهبود کیفیت مواد غذایی به دنبال داشته باشد. مقدار چربی آن بین ۰/۵ تا ۰/۸ درصد بوده و ۳۰ درصد آن را اسید لینولئیک تشکیل می دهد. اندازه گرانول های نشاسته آن بسیار کوچک (۲ تا ۸ میکرون) بوده و چندوجهی است و مقدار آمیلوز آن بین ۲۲ تا ۲۴ درصد متغیر است، هرچند که در حد ۲ درصد نیز گزارش شده است. درجه حرارت ژلاتینه شدن آن در دامنه ۵۱ تا ۶۳ درجه سانتی گراد قرار می گیرد. فرآیند خاصی بر روی برنج وحشی صورت نمی گیرد.

د: جو (Barley)

دانه جو بطور متوسط دارای ۳۵ میلی گرم وزن می باشد و همانند برنج و یولاف بهنگام برداشت دارای hull یا husk متصل به دانه می باشد. hull در جو نیز مشتمل بر lemma و palea است. کاریوپسیس جو شامل پریکارپ پوشش دانه، جوانه و اندوسپرم است و سلولهای لایه آلورون در آن بصورت ۲ تا ۳ لایه می باشند. (شکل ۷). لایه آلورون در برخی ارقام آبی و در تعداد دیگر سفید می باشد. سلولهای اندوسپرم حاوی



نشاسته بوده و با پروتئین احاطه شده اند و تشکیل ماتریکس را می دهند. همچون نشاسته گندم، نشاسته جو نیز دارای گرانول های بیضوی شکل بزرگ و کروی شکل کوچک می باشد.



شکل ۷- بخش های مختلف دانه جو

ه: چاودار (*Rye*)

دانه چاودار دارای کاربوپسیسی بطول ۶ تا ۸ میلیمتر و عرض ۲ تا ۳ میلی متر و شیار دار می باشد. دانه بعد از خرمن کوبی فاقد کاه یا پوشال و یا پوسته (*hull*) است. رنگ آن زرد متمایل به خاکستری می باشد. همانند سایر غلات، چاودار دارای کاربوپسیسی مشتمل بر پریکارپ، پوشش دانه، اپیدرمیس، جوانه و اندوسپرم است. اندوسپرم آن بوسیله یک لایه از سلولهای آلورون احاطه شده است. نشاسته موجود در سلولهای اندوسپرم توسط ماتریکس پروتئینی احاطه شده است. نشاسته چاودار مانند نشاسته جو و گندم دارای گرانول های بزرگ بیضوی و کوچک کروی است.

و: جو دو سر (*Oat*)

جو دو سر یا یولاف نیز مانند برنج و جو همراه با پوشش های خود برداشت می شود. کاربوپسیسی جو دو سر اصطلاحاً *groat* نامیده می شود. *groat* جو دو سر از نظر ظاهر شبیه به دانه گندم و یا چاودار است بجز

آنکه جو دو سر توسط تعداد بیشماری کرک (برجستگیهای شبیه مو) (trichoms) پوشیده شده است. جوانه در حدود  $\frac{1}{3}$  طول دانه را بخود اختصاص داده است و بزرگ تر و باریک تر از جوانه گندم می باشد. Groat در جو دو سر شامل پریکارپ، پوشش دانه، لایه هیالین، (hyaline layer) جوانه و آندوسپرم است. آندوسپرم جودوسر در مقایسه با سایر غلات از مقدار بیشتری پروتئین و روغن برخوردار می باشد. آنها همچنین منابع خوبی از انواع آنزیم ها هستند که در این میان لیپاز از همه فعالتر بوده مشکلاتی را فراهم می آوردنشاسته یولاف از گرانول های بزرگ و مرکب تشکیل شده و هر یک از آنها حاوی تعداد زیادی گرانول کوچک می باشند. گرانول های کوچک از نظر شکل چند وجهی بوده و اندازه آنها بین ۳ تا ۱۰ میکرون می باشد.

ز: سورگوم دانه ای (*Sorghum*)

دانه سورگوم نیز بعد از خرمن کوبی عاری از پوسته و کاه و پوشال خواهد بود. دانه سورگوم عموماً کروی شکل و وزن آنها بین ۲۰ تا ۳۰ میلی گرم است و ممکن است به رنگهای سفید، قرمز، زرد و یا قهوه ای دیده شود. سورگوم دارای ۷/۹ درصد پریکارپ (احتمالاً همراه با پوشش دانه) ۹/۸ درصد جوانه و ۸۲/۳ درصد آندوسپرم می باشد. با استفاده از میکروسکوپ الکترونیکی مشخص شده است که لایه خارجی دانه سورگوم پریکارپ ضخیمی است که خود از سه لایه/پی کارپ، مزوکارپ و آندوکارپ تشکیل شده است. برخلاف سایر غلات، گرانول های نشاسته سورگوم در پری کارپ آن قرار دارد. این گرانول ها دارای اندازه های مابین ۱ تا ۴ میکرون می باشند و بطور مشخص در مزو کارپ (لایه میانی پریکارپ) واقع شده اند. کاربوپسیس بالغ سورگوم ممکن است دارای لایه داخلی (inner integument) حاوی رنگ دانه باشد که گاهی به اشتباه به آن لایه تستا (testa layer) می گویند. تستا که همان پوشش دانه است به لبه خارجی لایه یا پوشش داخلی متصل می باشد. تمامی دانه های بالغ و رسیده سورگوم دارای تستا می باشند در حالیکه فقط بعضی از ارقام آن حاوی پوشش داخلی هستند. پوشش داخلی غالباً حاوی مقادیر زیادی تانن فشرده نیز می باشد. ارقامی از سورگوم که دارای پوشش داخلی هستند را اصطلاحاً "سورگوم مقاوم به پرنده" (birds resistance) می گویند زیرا پرندهگان

تانن تلخ مزه را دوست ندارند. همچون سایر غلات، لایه آلورون در سورگوم خارجی ترین لایه اندوسپرم بشمار می آید. سلول های اندوسپرم حاوی مقادیر زیادی پروتئین می باشند و مقدار جزئی نشاسته درست در زیر لایه آلورون وجود دارد. پروتئین موجود بیشتر در ذخایر پروتئینی به قطر ۲ تا ۳ میکرون دیده می شوند. دانه سورگوم مانند دانه ذرت دارای اندوسپرم شفاف و مات بصورت توأم می باشد. اندوسپرم مات آن دارای فضاهای بین گرانولی است که در آنها هوا جای گرفته است. واژه های سخت و نرم را در ارتباط با شیشه ای یا مات بودن دانه بکار برده می شوند. به هر حال همانگونه که در مورد گندم توضیح داده شد عواملی که تعیین کننده شفافیت دانه و سختی آن می باشند با یکدیگر متفاوت بوده و از این رو بعضی از دانه ها ممکن است با دارا بودن ظاهر شفاف جزو دانه های نرم طبقه بندی شوند.

ح: ارزن (*pearl millet*)

ارزن عبارت است از دانه های قطره مانند کوچک که پس از خرمن کوبی براحتی از پوسته خود جدا می شوند. رنگ آن متغیر بوده ولی اکثراً به رنگ خاکستری تیره دیده می شود هر چند که ارزن با رنگهای زرد، سفید و قهوه ای نیز دیده شده است. کاربوپسیس آن شبیه به سایر غلات است. پریکارپ آن بر خلاف سورگوم حاوی نشاسته نبوده و دارای پوشش داخلی رنگدانه دار نیز نمی باشد. جوانه در ارزن در قیاس با سایر قسمتهای دانه بزرگ بوده و ۱۷٪ آن را تشکیل می دهد. اندوسپرم آن دارای هر دو بخش اندوسپرم مات و شفاف است. اندوسپرم مات دارای گرانول های نشاسته کروی شکل و فضاهای حاوی هوا در بین خود می باشند. اندوسپرم شفاف عاری از هوا است و دارای گرانول های نشاسته چند وجهی که توسط ماتریکس پروتئینی احاطه شده اند، می باشد. ذخایر پروتئینی موجود در ماتریکس دارای اندازه بین ۰/۳ تا ۴ میکرون بوده و از ساختمان داخلی کاملاً یکسان برخوردار هستند.

ط: تریتیکاله (*triticale*)

تریتیکاله غله ای جدید می باشد که از طریق انجام تلاقی بین گندم (*Triticum*) و چاودار (*Secale*) بدست آمده است. از نظر مرفولوژی این غله کاملاً شبیه به اجداد خود می باشد. کاربوپسیس آن پس از خرمن کوبی عاری از پوشال خواهد شد. دانه تریتیکاله از دانه گندم بزرگتر بوده (۱۰-۱۲ میلی متر طول و ۳ میلی متر عرض) و وزن آن به حدود ۴۰ میلی متر گرم می رسد و شامل جوانه متصل به اندوسپرم است، اندوسپرمی که خارجی ترین لایه آن لایه آلورون می باشد. شکل این لایه در مقایسه با لایه آلورون گندم نامنظم است و سلولهای آن از نظر اندازه با یکدیگر تفاوت داشته و ضخامت آنها نیز با یکدیگر فرق می کند. روی آلورون پوشش دانه، پریکارپ و اپیدرمیس قرار دارند و بنابراین تریتیکاله از نظر ساختمانی کاملاً شبیه دیگر انواع غلات می باشد. دانه دارای شکافی در سراسر طول خود است و مشخصه آن به غیر از رنگ زرد مایل به قهوه ای تا خوردگی پریکارپ خارجی است که ظاهراً بدلیل چین خوردگی دانه حاصل شده است. چین خوردگی دانه تریتیکاله یک مشکل مهم در ارتباط با آن می باشد. تریتیکاله دارای هکتولتر پایین، ظاهر نامناسب و عملیات آسیاب نامطلوب می باشد. در دانه های چروکیده سلولهای لایه آلورون از حالت طبیعی خود خارج شده اند و آسیب را در تمامی قسمتهای لایه آلورون می توان مشاهده نمود بطوری که سلول های اندوسپرم متصل به آن دیده نمی شوند.

### شبه غلات

شبه غلات آن دسته از محصولاتی را شامل می گردند که از نظر گیاه شناختی جزو غلات بشمار نمی آیند، اما همچون غلات می توان از آنها محصولات مشابه با آنچه از غلات بدست میاید تهیه نمود. از جمله این محصولات می توان به Buckwheat یا گندم سیاه (*Fagopyrum esculentum Minc*) یا Quinoa یا غازپای (*Chenopodium quinoa Wild*) و Amaranth یا تاج خروسی (*Amaranthus caudatus*) اشاره نمود.

Buckwheat نوعی دانه مثلثی شکل است که کشت آن از قدیم در نواحی چین مرسوم بوده است.

دانه ها از نوع دولپه ای بوده و پس از برداشت دارای پوسته می باشند. از نظر ساختمانی و شیمیایی، اندوسپرم آن شبیه به اندوسپرم غلات است که توسط یک لایه آلورون فاقد نشاسته احاطه شده است. دانه دارای ۱۱ تا ۱۶ درصد پروتئین ( $N \times 6/25$ ) است و ارزش خوبی برخوردار می باشد. دانه حاوی ۷۵ درصد نشاسته که عمدتاً در اندوسپرم متمرکز است می باشد و همچون اکثر غلات در حدود ۲/۵ درصد چربی دارد.

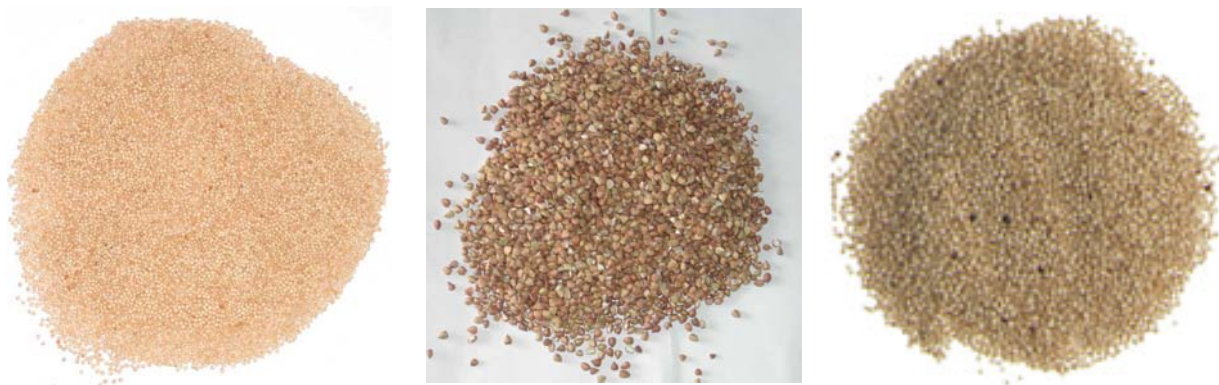
Quinoa دانه ایی بومی آمریکای جنوبی خصوصاً پرو است که در سالهای اخیر بدلیل خواص بسیار

مفید پروتئین آن مورد توجه قرار گرفته است. میزان پروتئین آن از گندم و ذرت بیشتر بوده و حاوی مقادیر زیادی میتونین و لیزین در مقایسه با غلات است، هرچند که دارای ساپونین که نوعی ترکیب ضد تغذیه ای بشمار می آید نیز است. مقدار پروتئین آن تا حدود ۱۶ درصد ( $N \times 6/25$ ) گزارش شده و در ضمن حاوی ۵۸ درصد نشاسته و ۴/۵ درصد چربی نیز می باشد. این دانه نیز مانند گندم سیاه دولپه ای است و وزن هزاردانه و هکتولتر آن به ترتیب ۲۸ گرم و ۷۵ کیلوگرم گزارش شده است. پوسته موجود بر روی آن که قبل از مصرف دانه باید جداگردد، در حدود ۸ درصد وزن دانه را تشکیل می دهد.

Amaranth از دیگر دانه های شبیه به غلات است که بومی قاره آمریکا بوده که از نظر ترکیب و

خواص شبیه به آنها می باشد. دانه تاج خروسی کاملاً باریک با قطر حدود ۱ میلی متر است و میزان پروتئین آن بین ۱۲ تا حدود ۱۸ درصد و مقدار چربی بین ۵ تا ۸ درصد گزارش شده اند: ارزش غذایی پروتئین آن را بالاتر از آنچه در غلات گزارش شده می دانند. مقدار نشاسته آن نیز به حدود ۶۶ درصد بالغ می گردد که بصورت گرانول های بسیار کوچک دیده می شوند. مقدار آمیلوز آن از نشاسته گندم کمتر است ولی حلالیت آن در آب، قدرت جذب آب آن بیشتر بوده، از درجه حرارت ژلاتینه شدن بالاتری برخوردار می باشد و طبیعی است که بدلیل دارا بودن آمیلوز کمتر، ویسکوزیته خمیر نشاسته آن پس از سرد شدن کمتر از مورد مشابه در نشاسته گندم باشد. وزن هزاردانه آن ۰/۶ تا ۱/۲ گرم بوده و رنگ دانه از سفید تا قهوه ایی متغیر است. نان تهیه شده با

این دانه (حداکثر ۲۰ درصد جایگزینی با آرد گندم) اثر مناسبی را بر طعم دارد هرچند که بافت مغزنان کمی تیره تر خواهد شد. شکل ۸ این سه نوع دانه را نشان می دهد.



شکل ۸- دانه های کینوا، باکویت، و آمارانت (به ترتیب از راست به چپ)

## فصل دوم

### انبار داری و نگهداری غلات

غلات محصولاتی هستند که برای مدت های نسبتاً طولانی قابل نگهداری می باشند. آنها را معمولاً بصورت خشک و با رطوبت نسبتاً پایین درو نموده و سپس در محل هایی بدور از هوا و حشرات و جوندگان انبار می نمایند. در شرایط مطلوب نگهداری (درجه حرارت پایین، اتمسفر بی اثر و مانند آنها) حفظ محصول با شرایط و کیفیت مناسب را تا چند دهه نیز می توان افزایش داد. در طول تاریخ غلات همواره سپر محافظ بشر به هنگام بروز قحطی ها بوده است. چرا که در مقایسه با محصولاتی چون لبنیات، گوشت و سبزیجات تازه، نگهداری آنها بسیار آسان می باشد. اما بهر حال باید توجه نمود که در شرایط نامناسب آنها نیز دچار فساد خواهند شد. در گذشته و حال و در بعضی از نقاط دنیا عدم توجه به شرایط نگهداری غلات منجر به بروز قحطی شده و می شود.

#### انواع روشهای نگهداری

غلات عموماً یک بار و در بعضی مناطق دو بار در سال برداشت می شوند. اما از آنجا که مصرف آنها در تمام طول سال صورت می گیرد. نگهداری و انبار نمودن آنها اجتناب ناپذیر است. نگهداری محصول ممکن است از ساده ترین روشها همچون ریختن آن بر سطح زمین تا ذخیره سازی در سیلوهای عظیم بتونی و مجهز به مبادی ورود کامیون و واگن که بار خود را براحتی تخلیه می نمایند. متغیر می باشد. معمولاً تنها در فصل برداشت است که بدلیل کمبود وسایل حمل و نقل غلات بر روی زمین ریخته می شوند. در مدت کوتاهی که گندم در این حالت بسر می برد آسیب چندانی ندیده و فقط مقداری رطوبت از دست می دهد. البته در صورت طولانی شدن این وضعیت و فرا رسیدن فصول بارانی و مرطوب، رطوبت افزایش یافته و ضمناً خطر حمله پرندگان، حشرات و جوندگان نیز آن را تهدید می کند. جوامع اولیه، اغلب غله مازاد بر مصرف خود را زیر زمین نگهداری می کرده اند که این عمل هنوز هم در برخی نقاط دنیا رایج است. در این شرایط غله از تغییرات

درجه حرارت در فصول و روزهای مختلف سال در امان می باشد. ساختمان آنها بسیار ساده بوده و بدلیل آنکه میزان اکسیژن در آنها کم و در عوض مقدار گاز کربنیک زیاد است، کپک ها و حشرات امکان رشد نخواهد داشت. از دیگر روشهای نگهداری در گذشته که در قرآن مجید و طی داستان معروف مربوط به حضرت یوسف اشاره شده باقی گذاردن دانه ها در خوشه یا سنبله می باشد. در قرآن می خوانیم که:

قَالَ تَزْرَعُونَ سَبْعَ سِنِينَ دَابًّا، فَمَا حَصَدْتُمْ فَذَرُوهُ فِي سُنْبُلِهِ إِلَّا قَلِيلًا مِمَّا تَأْكُلُونَ .

یعنی که ۷ سال زراعت نمائید پس از برداشت بجز آن مقداری که هر بار مصرف می کنید، مابقی را در خوشه

بحال خود بگذارید (و به همان صورت انبار نمائید). (سوره یوسف، آیه ۴۷)

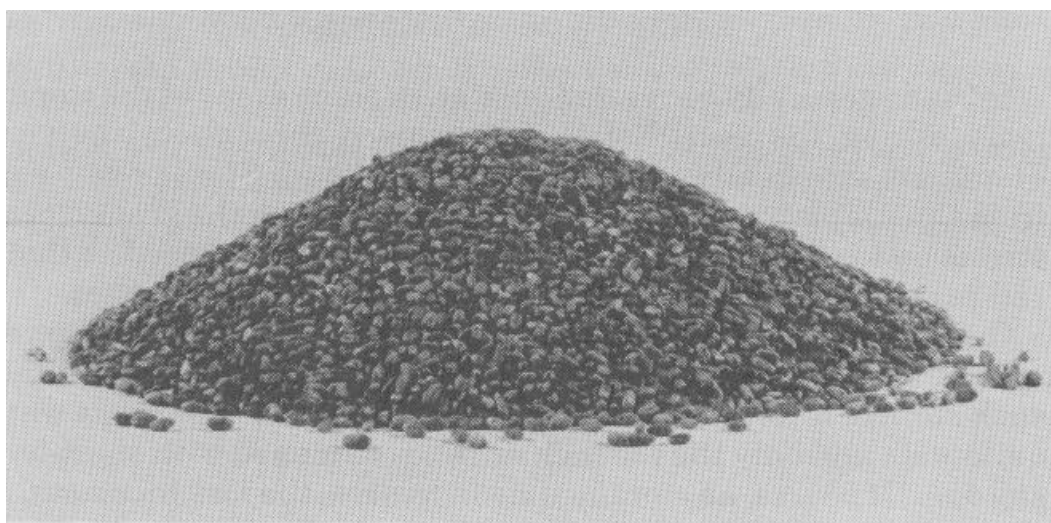
روش دیگر انبار داری غلات استفاده از کیسه و سپس قرار دادن آنها در محل های نسبتاً محفوظ است. این روش بدلیل هزینه های زیاد خود مقرون به صرفه نمی باشد مگر در مواردی که کارگر ارزان قیمت در دسترس باشد. روش های جدید مبتنی بر نگهداری و ذخیره سازی انبوه غله در مخازن با ظرفیت های مختلف است. در صورتی که در کنار مزارع از این مخازن استفاده نمایند، آنها را از جنس چوب و یا فلز و فولاد می سازند و مخازن بزرگ موجود در شهرها عموماً از بتون مسلح ساخته می شود. هنگامی که غله در درون مخازن تخلیه شود. توده حاصله تشکیل زاویه ای با سطح افق می دهد که اصطلاحاً به آن زاویه ریپوز angle of repose گفته می شود و مقدار آن در شرایط مطلوب و برای اکثر غلات ۲۷ درجه می باشد. به زاویه ریپوز زاویه تجمع یا انبوه شدن نیز می گویند. غلات مرطوب و یا بسیار کوچک و پوک توده پهن تری را بوجود آورده زاویه کوچکتی را می سازند برای اندازه گیری تانژانت این زاویه ارتفاع توده را تقسیم بر شعاع قاعده آن نموده و بدین ترتیب مقدار زاویه مشخص می گردد. (شکل ۹) که در این حالت H ارتفاع توده و R شعاع قاعده می باشد.

$$\left( \operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{R} \right)$$

از دیگر نکاتی که به هنگام نگهداری غلات در مخازن باید مورد توجه قرار گیرد فشاری است که دانه های غلات بر کف مخازن وارد می آورند که متناسب با ارتفاع غله نمی باشد. اصولاً بیشتر وزن دانه توسط دیواره



مخزن تحمل می شود. به این ترتیب که هر دانه غله به دانه های اطراف و زیر خود تکیه می نماید و از این رو بخشی از وزن آن در اطراف پخش می شود تا در نهایت که به دیواره مخزن برسد. فشار جانبی دانه ها بر دیواره مخزن ۳۰ تا ۶۰ درصد فشار عمودی است و بعد از آنکه عمق یا ارتفاع مخزن به حدود سه برابر قطر آن رسید، افزایش چندانی پیدا نمی کند. در مدت ذخیره سازی دانه های غلات دانه ها فشرده می شوند. دانه های سبک مانند جو دو سر تا ۲۸ درصد حجم اولیه خود فشرده می شوند.



شکل ۹- توده غله نشان دهنده زاویه ریپوز

به هنگام تخلیه غله در سیلو و یا انبار، دانه های سنگین سریع تر و مستقیم تر فرو می افتند در حالیکه ذرات سبک تر مانند گاه در کناره های مخزن جمع می شوند. به هر حال هنگامی که دانه های غله به هنگام تخلیه با یکدیگر برخورد می نمایند ذرات ریزتر در میان دانه های درشت تر محبوس می شوند. این ذرات کوچک شامل تخم علف های هرز دانه های شکسته و ذرات خاک می باشند که در مرکز توده یعنی جایی که جریان گندم ابتدائاً با آن برخورد می نماید، تجمع می یابند. دانه های سالم غله تحت زاویه ریپوز در قسمت شیبدار توده قرار می گیرند. از آنجا که فضای مابین دانه های یک توده در حدود ۳۰٪ از فضای توده غله را تشکیل می دهد بخش اعظم این فضا توسط ذرات ریز پر شده است. به این حالت اصطلاحاً spoutline گفته می شود. به هنگام تخلیه مخزن غله ابتدا بصورت یک ستون شروع به خارج شدن می نماید. این ستون همچنانکه از دهانه فاصله می

گیرد. پهنای بیشتری پیدا کرده و بصورت یک قیف وارونه در می آید. دانه ها در قسمت مرکزی حرکت سریعتری داشته و تشکیل یک مخروط تو رفته را بر روی سطح می دهند. بدین ترتیب دانه ابتدا وارد تو رفتگی شده و سپس بر روی دامنه توده فرو می غلطد.

از دیگر عوامل مهم در نگهداری غلات رطوبت است. غلات همگی دارای مقداری رطوبت می باشند و مقدار این رطوبت بستگی به عوامل متعددی داشته و از جهات مختلف حائز اهمیت است. بعنوان مثال اگر ۳۶ لیتر (یک بوشل) گندم در اختیار باشد که فرضاً فاقد هر گونه رطوبتی است آن گاه وزن آن معادل ۲۷ کیلوگرم گندم است. گندم دارای ۱۵ درصد رطوبت دارای ۳۱ کیلوگرم وزن و یا ۴۰ لیتر (۱/۱۸ بوشل) حجم خواهد بود. حال اگر هر ۳۶ لیتر گندم در بازار بین المللی ۳/۷۵ دلار قیمت داشته باشد آب موجود در آن ۰/۶۶ دلار ارزش داشته و این به معنای ۱۸ درصد سود خالص می باشد. بنابراین در معادلات گندم رطوبت اهمیت زیادی داشته و دست اندرکاران خرید و فروش غله باید از این امر کاملاً آگاه باشند. رطوبت در حفظ و نگهداری غله نیز از اهمیت بسزائی برخوردار است. میکرو ارگانیزم ها خصوصاً انواع قارچها مهمترین عوامل فساد تخریب آنها بشمار می آیند. سه فاکتور مهم جهت کنترل رشد قارچها وجود دارد که عبارتند از رطوبت، زمان و درجه حرارت که در این میان رطوبت از همه مهمتر است. در صورتی که رطوبت در حد ۱۴ درصد و یا بیشتر باشد. رشد قارچها آغاز می گردد. در دامنه ۲۰-۱۴ درصد افزایش ناچیز رطوبت، تغییرات وسیعی را در سرعت رشد قارچها بوجود می آورد. در هنگام ورود غله از مزرعه به سیلو و در یک نگاه ممکن است توزیع رطوبت در توده غله یکنواخت بنظر آید. واقعیت آن است که این امر اگر محال نباشد اما کمتر اتفاق می افتد. غله وارده از یک مزرعه بشکلی گسترده دارای رطوبت ناهمگون است و این امر بدلیل تفاوت در میزان رطوبت خاک و یا میزان رسیدگی دانه ها می باشد. بدیهی است که در صورت تهیه غله از منابع مختلف میزان رطوبت یقیناً با یکدیگر متفاوت خواهند بود. در صورتی که در یک ناحیه از توده غله رطوبت زیادی وجود داشته باشد میکروارگانیزمها در آن نقطه سریعاً رشد نموده و تولید حرارت و گرما می نمایند که در نهایت منجر به بروز فساد خواهد شد. به

هنگام ذخیره سازی یکی از مهمترین عوامل در فساد دانه کپک ها می باشند. در صورتیکه دانه با هوای اطراف خود که رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد دارد در حال تعادل باشد امکان رشد کپک ها وجود ندارد. حداکثر رطوبت قابل قبول برای نگهداری غلات عبارتند از: ذرت ۱۳ درصد، گندم ۱۴ درصد، جو ۱۳ درصد، سورگوم ۱۳ درصد، برنج ۱۲ تا ۱۳ درصد. مانند هر قانون کلی این موارد را نیز نمی توان قطعی دانست زیرا حداکثر رطوبت مطلوب بر حسب درجه حرارت، یکنواختی توزیع رطوبت در دانه ها و... متغیر است. با توجه به آنچه گفته شد خشک کردن غلات از اهمیت بسزایی برخوردار است. جوامع اولیه بمنظور خشک نمودن مواد غذایی خود از این روش استفاده می کردند. از آنجا که این محصول معمولاً در فصل خشک برداشت می شود کمتر نیاز به خشک کردن است اما با توجه به دگرگونیهای هوا و نیز کاهش کیفیت محصول در صورت باقیماندن در مزرعه، لازم است مراحل درو و حمل و ذخیره سازی مناسب در کوتاهترین زمان ممکن انجام گیرد و در صورتی که رطوبت دانه بیش از حد مجاز باشد لازم است عملیات خشک کردن قبل از ذخیره سازی انجام گیرد. بطور کلی دو نوع روش عمده خشک کردن وجود دارد.

۱- استفاده از درجه حرارت پایین

۲- استفاده از درجه حرارت بالا

در روش اول از هوا بدون آنکه به آن حرارت داده شود، استفاده می گردد. این هوا با فشار بسیار زیاد به درون توده دانه فرستاده می شود. این روش مزایایی در بر دارد که عبارتند از:

الف: صرفه جویی در انرژی

ب: سرد نمودن دانه و جلوگیری از بعضی واکنش های مضر

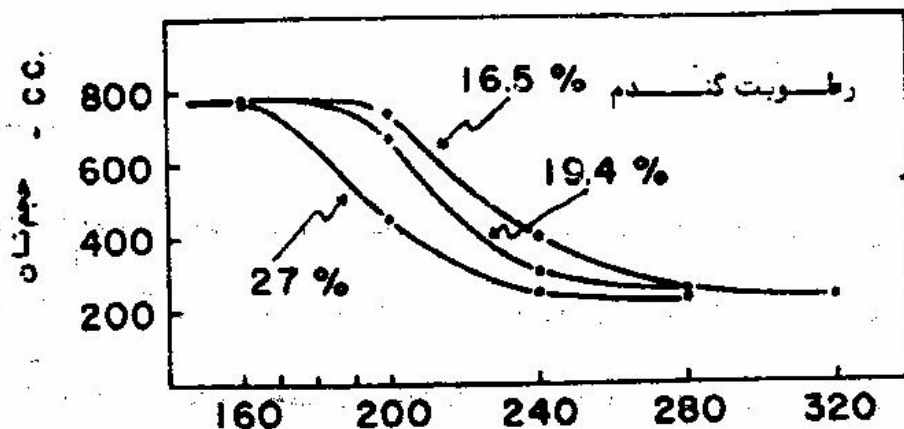
ج: جلوگیری از آسیب دیدن دانه تحت تاثیر حرارت

مهمترین مشکل در ارتباط با این روش نیاز به زمان طولانی جهت کاهش محسوس رطوبت می باشد. علاوه براین، هوای مورد استفاده ممکن است خود حاوی رطوبت نسبی بالایی باشد که در نتیجه بر میزان رطوبت غله

ببفزاید. فرایند خشک نمودن را می توان با حرارت دادن هوا و بالا بردن درجه حرارت آن تسریع نمود. این افزایش درجه حرارت آن تسریع نمود. این افزایش درجه حرارت ظرفیت هوا را در نگهداری رطوبت افزایش داده و خروج رطوبت از دانه ها را افزایش می دهد. مهمترین مزیت آن صرفه جویی در زمان و مهمترین مضرات آن، هزینه های اضافی جهت گرم نمودن هوا و آسیب رسیدن به دانه (در صورت عدم کنترل دقیق درجه حرارت) می باشد. از جمله این آسیب ها، ترک برداشتن دانه، شکننده شدن آن، تغییرات در دانسیته، بد رنگ شدن و از دست دادن قدرت جوانه زنی می باشند. تغییرات دیگری نیز بوجود می آیند که البته کمتر قابل مشاهده می باشند و بیشتر در حین فرایند ظاهر می شوند. بعنوان مثال در کارخانه های تهیه نشاسته از ذرت، استفاده از ذرت های بسیار خشک نامطلوب می باشد، زیرا جدا سازی پروتئین و نشاسته از یکدیگر به سختی انجام خواهد گرفت. یک موضوع بسیار مهم در زمینه خشک کردن غلات مقاومت دانه ها به جریان هوا می باشد. عوامل چندی بر این مقاومت اثر می گذارند که از جمله آنها می توان به اندازه شکل، سطح دانه ها، توزیع دانه ها از نظر اندازه (که خود بستگی به تعداد دانه های شکسته شده دارد و ارتفاع توده، دانه ها اشاره نمود.

حداقل حرارت مورد نیاز بمنظور خشک کردن دانه از طریق کنترل میزان آبی که باید از دانه خارج نمود و نیز حرارت نهان تبخیر آب انجام می گیرد. عوامل دیگری که در این مورد موثر می باشند شامل مقدار هوای مورد استفاده، درجه حرارت اولیه آن، درجه حرارت غله ورودی به مخزن و بالاخره درجه حرارت غله خروجی می باشد. به هنگام خشک کردن دانه ها، تبخیر رطوبت ابتدا در سطح دانه اتفاق می افتد. اگر درجه حرارت خشک کن بسیار زیاد باشد بطوری که رطوبت درون نیز سریعاً خارج شود. دانه بصورت پف کرده در می آید که حالتی کاملاً نامطلوب بحساب می آید و نان تهیه شده از چنین دانه هایی دارای حجم مناسبی نخواهند بود (شکل ۱۰). اندک زمانی پس از شروع خشک کردن رطوبت سطح دانه کاهش یافته و عمل خشک کردن با سرعت کمتری ادامه می یابد. در ادامه فرایند سرعت خشک کردن به سرعت حرکت رطوبت از عمق

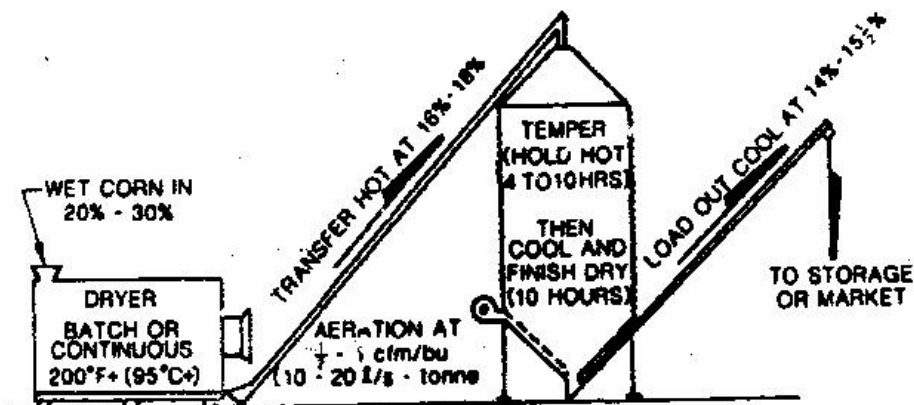
به سطح بستگی پیدا می کند بنابراین با توجه به اینکه فاصله رطوبت در عمق دانه از سطح دائماً رو به افزایش است. سرعت خشک کردن نیز بطور مداوم کاهش می یابد.



شکل ۱۰- تاثیر حرارت خشک کن و رطوبت اولیه بر حجم تان تهیه شده از آن

امروزه از نوعی سیستم برای خشک کردن غلات استفاده می شود که ترکیبی از دو روش خشک کردن با هوای گرم و سپس هوای سرد می باشد (dry eration). بدین ترتیب که ابتدا و در مرحله اول، دانه با هوای گرم حرارت داده شده و سپس برای مدتی در این درجه حرارت نگهداری می شود بدین ترتیب به رطوبت باقیمانده این اجازه داده می شود تا بطور یکنواخت در دانه پخش گردد. مرحله بعد مرحله سرد کردن در دانه است که این عمل با هوای معمولی صورت می گیرد. (شکل ۱۱). از این روش برای خشک کردن غلاتی مانند ذرت و خصوصاً برنج که خشک کردن آن همواره با مشکلاتی روبرو است، استفاده می شود. برنج نیز در صورتیکه سریعاً خشک شود دچار شکستگی، ترک و یا شکاف می گردد. بمنظور کاهش این نوع آسیب ها، برنج ابتدا با هوای گرم که حرارت آن کمتر از ۶۵ درجه سانتیگراد بمدت فقط ۱۵ تا ۳۰ دقیقه خشک می شود، در این مدت ۲ تا ۳ درصد رطوبت آن گرفته می شود. سپس به مدت ۱۲ تا ۲۴ ساعت به حال خود رها می شود. در مرحله بعد جریان هوای سرد از میان دانه ها عبور داده می شود بدین ترتیب رطوبت آن به ۱۲/۵ درصد و یا کمتر می رسد. در گذشته دانه هایی را که برای مدت طولانی انبار می شدند را گاه به گاه به هم می زدند. به هم

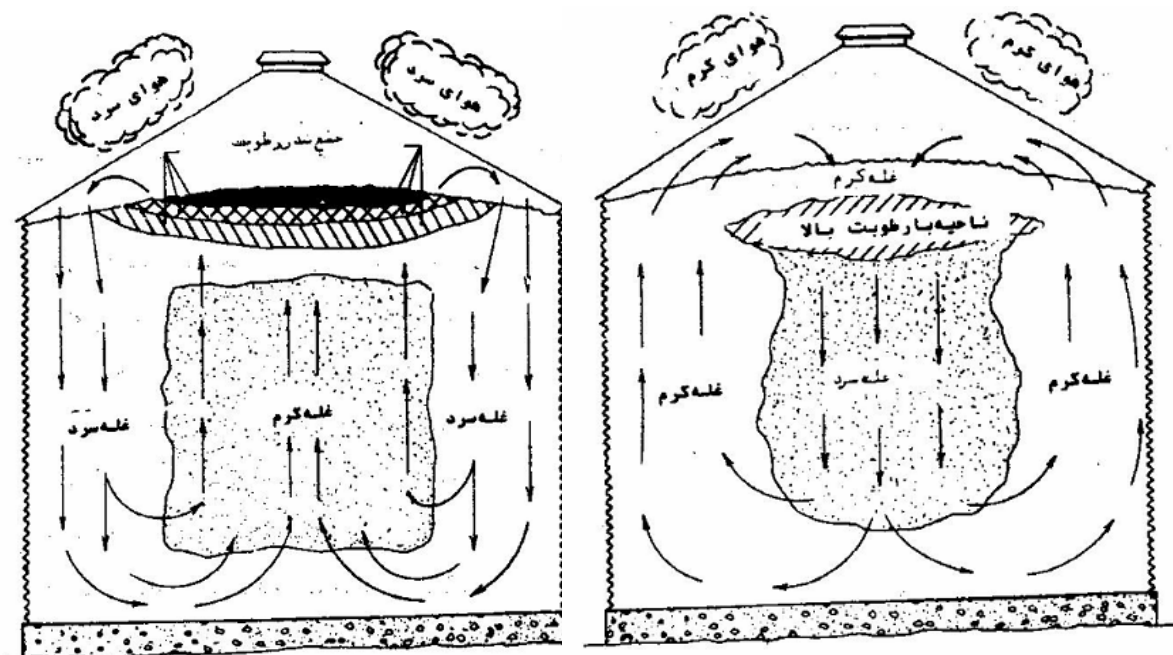
زدن دانه ها و یا انتقال آنها از مخزنی به مخزن دیگر که یک روش ساده کنترل درجه حرارت دانه بوده و از ایجاد نقاط گرم در دانه جلوگیری می نماید.



شکل ۱۱- روش هوا دهی خشک

امروزه بدلیل بالا بودن هزینه انجام آن و عدم کارائی لازم عمل هوا دهی جایگزین آن شده است. بدین ترتیب که مقداری هوا را از میان توده غله گذرانده و بدین ترتیب درجه حرارت آن را در حد مطلوبی نگه می دارند. این مقدار هوا آنقدر زیاد نیست که باعث از دست رفتن و کاهش رطوبت دانه گردد. غلات همچون اکثر مواد غذایی در درجه حرارتهای پایین قابلیت نگهداری بهتری دارند. ضمن آنکه در درجه حرارتهای کمتر از ۱۷ درجه سانتیگراد حشرات امکان حمله به غلات را نمی یابند. هنگامی که توده ای از غله در محلی هایی که تغییرات درجه حرارت در آنها شدید می باشد ذخیره گردند این تغییرات منجر به توزیع غیر یکنواخت درجه حرارت در دانه ها می گردد. بطوری که اختلاف دما در توده غله ایجاد اختلاف فشار نموده و یک نوع جریان هوا را باعث می شود که رطوبت را از محلی به محل دیگر منتقل می نماید. به این امر اصطلاحاً مهاجرت رطوبت (moisture migration) می گویند و باعث تراکم رطوبت در بخشی از غله می شود. تراکم رطوبت در این نوع انبارها بر حسب دمای بیرونی مخازن متفاوت بوده بطوری که در هوای سرد در ناحیه فوقانی توده غله و در هوای گرم در زیر این نقطه تشکیل خواهد شد (شکل ۱۲). عمل هوا دهی این شرایط را اصلاح می نماید زیرا که درجه حرارت را یکنواخت نموده و از تراکم رطوبت جلوگیری می نماید. از آنجا که دانه ها حتی پس از برداشت نیز

به حیات خود ادامه می دهند و دارای تنفس می باشند بنابراین موجودات زنده ای بشمار می آیند. حتی اگر غله بصورت مناسب نگهداری شود بدلیل تنفس وزن آن بتدریج رو به کاهش می گذارد و در صورتیکه دانه ها توسط حشرات، میکرو ارگانیزمها چونندگان و یا پرندگان مورد حمله قرار گیرند این کاهش شدید تر خواهد بود.



شکل ۱۲- اثر درجه حرارت محیط بر تجمع رطوبت در غله درون مخزن

بهترین روش اندازه گیری شدت تنفس سنجش میزان  $CO_2$  تولیدی و یا اکسیژن مصرف شده و یا هردو می باشد. نسبت مقدار  $CO_2$  تولید شده به مقدار اکسیژن مصرف شده را بهر تنفسی می نامند و بر حسب ماده ای که بعنوان سوبسترا مصرف می شود متفاوت می باشد چنانکه برای کربوهیدراتها ۱ و برای چربیها ۰/۷۵ است. تنفس دانه بشدت تحت تاثیر میزان رطوبت دانه می باشد بگونه ای که اگر رطوبت نسبی درون دانه به ۷۵٪ برسد. سرعت تنفس سریعاً افزایش یافته و اسپور کپک ها شروع به جوانه زدن می نمایند. تنفس تحت تاثیر درجه حرارت نیز می باشد. درجه حرارت زیاد سرعت تنفس را تا زمانیکه گرما باعث غیر فعال شدن آنزیمهای تنفسی نشده است افزایش می دهد. آزمایشات متعددی به منظور بررسی شرایط دانه و پیش بینی وضعیت نگهداری آن در آینده می توان انجام داد که از جمله آنها مشاهده تغییرات فیزیکی و ظاهری دانه مانند کاهش درخشندگی



طبیعی و بروز کدورت می باشند. علاوه بر این بروز تغییرات در بو، مانند استثمام بوی ترشیدگی نیز قابل ذکر است. گندم های بیمار را می توان از طریق جوانه های تیره و تار هم شناسایی نمود. از اولین علائم تخریب و فساد دانه کاهش و یا نابودی قوه نامیه آن می باشد و بنابراین انجام یک آزمون جوانه زنی خصوصاً در مورد دانه جو که برای تهیه عصاره مالت بکار می رود. بسیار ضروری است. انجام یک آزمون بیوشیمیایی برای تشخیص قوه نامیه دانه براساس خاصیت احیا کنندگی آنزیم دهیدروژناز جوانه و با استفاده از ترکیب ۲ و ۳ و ۵ تری فنیل تترا زولیوم کلراید نیز امکان پذیر می باشد.

غلات در طول مدت ذخیره سازی در سیلوها و انبارها تحت تاثیر عوامل مختلف قرار می گردند. از مهمترین این عوامل می توان به نقش رطوبت، حرارت، تهویه، شرایط آب و هوای، وضعیت سیلو یا انبار کیفیت دانه، نوع دانه، سلامت دانه، نحوه خرم کوبی و بوجاری و بالاخره آفات انباری اشاره نمود. در زمینه نوع دانه اصولاً غلات سخت دارای مقطع شفاف (*viterus*) در مقایسه با غلات نرم در شرایط مساوی رطوبت و حرارت تنفس کمتری داشته و دیرتر دچار فساد می شوند. صدمه وارده به پوشش دانه اعم از اینکه علت آن مکانیکی باشد مانند آنچه در خرمن کوبی یا بوجاری اتفاق می افتد و یا اینکه در اثر حمله آفات خصوصاً حشرات باشد به فساد کمک می نماید دانه های شکسته بمراتب بیشتر از دانه های سالم تنفس می نمایند. در ارتباط با آفات انباری، حشرات، کنه ها، موشها (جوندگان) و قارچها از اهمیت ویژه ای برخوردارند. این آفات از جهات کمی، کیفی و بهداشتی به غلات ذخیره شده، صدمه وارد می نمایند. مهمترین میکروفلورای غلات در حین نگهداری، قارچها هستند که در رطوبت های نسبتاً پایین، میکروفلورای غالب بحساب می آیند. قارچ های آسپرژیلوس برای رشد و تکثیر در حرارت ۳۰-۲۶ درجه سانتی گراد به رطوبت نسبی هوا در حدود ۸۵-۶۸ درصد نیاز دارند. برای رشد و تکثیر انواع پنی سیلیوم رطوبت نسبی در حد ۹۰-۸۰ درصد لازم می باشد. در صورتیکه رطوبت دانه کمتر از ۱۳ درصد و رطوبت نسبی هوا کمتر از ۶۵ درصد باشد می توان غلات را بدون آنکه مورد حمله قارچها قرار گیرند، نگهداری نمود. از دیگر قارچهایی که به غلات آسیب وارد می نمایند ریزوپوس (*Rhizopus*) و



فوزاریوم را می توان نام برد. بعضی از کپک ها قادر به تولید سمومی هستند که حتی به هنگام تماس با پوست نیز به شدت خطرناک می باشند. بعنوان مثال سم حاصل از فعالیت فوزاریوم، افلاتوکسین، اوکراتوکسین و مانند آنها را می توان نام برد. حشرات هم یک مشکل عمده در نگهداری غلات و دانه ها می باشند زیرا نه تنها بخشی از غله را مصرف می نمایند بلکه آن را آلوده نیز می سازند و بنابراین یک مشکل عمده بهداشتی را نیز پدید می آورند. در بین حشرات، لمبه گندم، شپشک سرخرطومی برنج، شپشک دندانه دار، شپشک سرخرطومی گندم، سوسک جونده غلات، بید گندم و غیره را می توان نام برد. حشرات بدو شکل به دانه ها آسیب می رسانند:

الف: آنهایی که در درون دانه زندگی می کنند.

ب: آندسته که در بیرون دانه زندگی می کنند.

در نوع اول آلودگی تا هنگامی تخم حشرات تبدیل به پروانه یا سوسک نشود چیزی مشاهده نمی گردد. حشراتی که از بیرون عامل تخریب دانه می باشند اغلب از دانه های شکسته تغذیه می نمایند. اکثر حشراتی که به غلات آسیب می رسانند، منشأ نیمه استوایی داشته و دارای خواب زمستانه نمی باشند و بنابراین می توان با استفاده از درجه حرارت های پایین، آسیب را کاهش داد. بطور کلی درجه حرارت کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد، بدین منظور مفید می باشد. از آنجا که حشرات از رطوبت دانه ها بعنوان منبع آب استفاده می نمایند، کاهش رطوبت دانه به حدود ۹ درصد و کمتر این منبع را از آنها می گیرد. جوندگان و خصوصاً موش احتمالاً مضرترین جانور در زندگی انسانها می باشند. بطوری که سالانه میلیونها تن مواد غذایی را مصرف و یا آلوده و بطور کلی تخریب می نمایند. هر موش بطور متوسط در سال بیش از ۱۴ کیلوگرم غذا مصرف می نماید و این بجز مقداری است که آلوده می نماید. قدرت تولید مثل موش بسیار زیاد است و یک جفت آن می تواند تا ۱۵۰۰ عدد موش را در سال تولید کنند و از این رو تلاش برای نابودی موش ها، حتی اگر تمامی شرایط مطلوب فراهم گردد. عملاً ثمری در پی نخواهد داشت. کشتن جوندگان با وسایل مختلف تنها در مورد جمعیت های کوچک آنها موثر است و بنابراین بهترین راه کنترل آنها ایجاد ساختمانها و انبارهای کاملاً ایزوله و رعایت

موازن بهداشتی می باشد. از مهمترین جوندگان زیان آور می توان موشهای خانگی، راتوس راتوس و راتوس نروژیکوس را نام برد. کنه ها نیز به غلات آسیب می سارند. از میان کنه ها، کنه آرد نسبت به سایر کنه ها خسارت بیشتری به غلات وارد می کند.

## فصل سوم

### آشنایی با تاسیسات ذخیره ای سیلو

تاسیسات ذخیره ای و سیلو بایستی مواد ذخیره شده را در مقابل عوامل جوی محافظت کرده و تجهیزات و تاسیسات نگهداری این مواد را برای مدت زمان معینی بدون فاسد و ضایع شدن آنها را داشته باشد. حمل مواد به حمل سیلو و تاسیسات ذخیره ای با استفاده از جاده راه آهن و یا راههای آبی به کمک وسایل نقلیه مانند کامیون و راه آهن و یا کشتی می تواند انجام گیرد. نگهداری و ذخیره سازی غلات از زمانهای پیشین متداول بوده و چگونگی نگهداری توسط باستانشناسان مشخص شده است. مردم در ایران و مصر و یونان باستان برای نگهداری غلات خود از خمره های سفالی استفاده می کرده اند. آنها این خمره را در اطاقهای زیرزمینی و یا در دهلیزهای گودی که در داخل زمین ساخته بودند می چیدند. امروزه از سیلو جهت نگهداری و ذخیره سازی غلات استفاده می شود. مجموعه سازه سیلوه‌ها و تاسیسات آن بایستی یک ارتباط زنجیره ای مابین تولید کنندگان و مصرف کنندگان را امکان پذیر سازد. محصول برداشت شده از مزارع بایستی از دستگاههای مختلف گذشته زوائد آن جدا سازی شده و رطوبت نسبی آن به میزان مطلوب رسانده شده و سپس در داخل محفظه هایی که کندو نام دارند نگهداری شوند. شکل شماره ۱۳ مجموعه سازه و تاسیسات مشخصه یک سیلو را نشان می دهد.

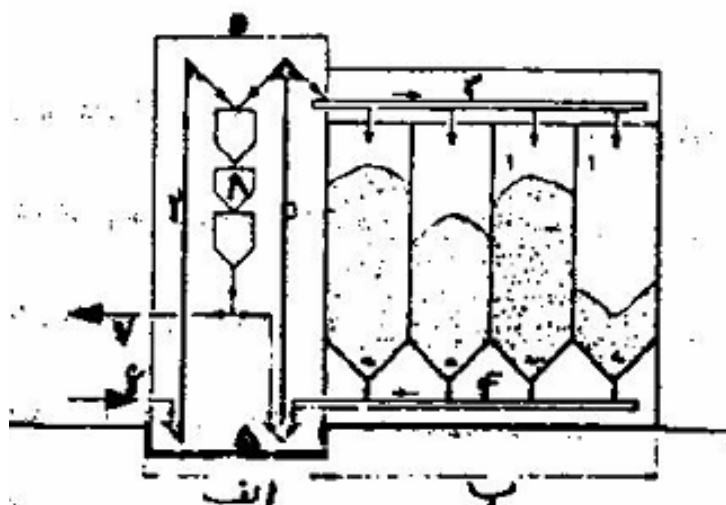
سازه سیلو معمولاً از دو قسمت:

الف- برج کار یا برج ماشین آلات که در آن ماشین آلات مورد نیاز نصب شده اند

ب- کندوها که در آن گندم نگهداری می شود تشکیل یافته است.

گندمهای وارده در داخل محفظه هایی ریخته شده و از اینجا گندم بوسیله نقاله ها وارد قسمت تحتانی برج کار گردیده و سپس بوسیله بالا برهای کاسه ای به بالاترین قسمت برج کار برده شده و در آنجا به ماشین آلات مختلف بوجاری (شامل شن گیر، جوگیر، کاه گیر، آهن ربا و در صورت نیاز دستگاه خشک کن و همچنین ترازو داده شده و پس از انجام عملیات و رساندن کیفیت آن به استاندارد مورد نیاز دوباره بوسیله بالا

برهای ثانویه به بالای برج کار حمل می گردد و توسط نقاله هایی گندم به داخل کندوها جهت نگهداری منتقل می شوند.



شکل ۱۳- مجموعه سازه کندو

الف-برج کار ب-مجموعه کندوها ۱-کندو ۲-بالابر یا الواتر ۳-نقاله های توزیع ۴-نقاله های جمع کن ۵-کف برج کار ۶-نقاله های بونکر ۷-نقاله های صدور ۸-تاسیسات برج کار

در زمینه نحوه گردش گندم و ارتباط ماشین آلات مستقر در برج ماشین آلات با هم، گندم از طرق مختلف وارد سیلو می شود. گندم وارد شده در اولین مرحله می بایست توسط باسکولهای زمینی توزین گردند تا بدین طریق وزن گندم خالص به دست آید. گندم وارد شده به سیلو توسط مکنده های پنوماتیکی و یا جکهای هیدرولیکی و یا از طریق دستی در حفره های تخلیه گندم وارد می شود. گندم پس از تخلیه از طریق نقاله ها به بالابرها می رود تا مرحله بوجاری اولیه و توزین انجام پذیرد گندم توسط بالابر می رود تا در مسیر برگشت از تجهیزات بوجاری اولیه که به ترتیب شامل دستگاه مگنت جهت کردن ناخالصی های فلزی و الک جهت جدا کردن سایر ناخالصی ها گذارنده شود و آنگاه از بوجاری ثانویه عبور می نماید. باید توجه داشت که اصولاً گندمی به مسیر بوجاری ثانویه هدایت می شود که ناخالصی آن زیاد بوده و جهت ذخیره سازی مناسب نباشد. معمولاً گندمهای خارجی را از این مسیر عبور نمی دهند و تنها در مواردی خاص از این مسیر استفاده می شود. تجهیزاتی که در مسیر بوجاری ثانویه وجود دارند شامل الک ثانویه جهت جدا سازی ناخالصی

های باقیمانده از مسیر بوجاری اولیه، دستگاه شن گیر جهت جدا سازی دانه های شن و دستگاه جو گیر و سیاه دانه گیر جهت جدا کردن دانه های جو و سیاه دانه از گندم می شوند. گندم پس از عبور مسیره های فوق مجدداً به بالابرها ی اصلی وارد شده تا در مسیر بازگشت، به قسمت کندوی صادرات و یا ذخیره سازی هدایت شود. لازم به توضیح است که روی نقاله های تغذیه کننده کندوها می توان از دستگاههای قرص گذاری جهت پخش قرص فستاکسین به منظور ضد عفونی گندم استفاده نمود. مرحله ای که گندم جهت صادرات و در واقع خروج از سیلو طی می نماید بدین ترتیب است که گندمهای ذخیره شده در کندو از طریق نقاله های تحتانی که در زیر کندوها قرار گرفته به پای بالابرها ی اصلی هدایت شده و پس از انتقال آن به بالا در مسیر برگشت به نقاله های موجود در بالای برج صادرات وارد می شوند که از این طریق به یکی از کندوهای صادرات، و از آنجا پس از توزین یا به صورت فله و یا بصورت کیسه در مسیرهای راه آهن و یا کامیون از سیلو خارج می گردند. به غیر از موارد فوق جهت جلوگیری از انتشارات گرد و غبار در سیلو چندین شبکه تهویه و جذب گرد و غبار تعبیه شده و به کمک کانالهای ارتباطی برای کلیه ماشین آلات انشعاباتی در نظر گرفته شده یعنی برای کلیه نقاطی که محل های ریزش گندم هستند به کمک هودهای مناسب گرد و غبار حاصله به کمک پنکه به داخل سیکلون یا فیلتر هدایت می گردد و در آنجا گرد و غبار و هوا از یکدیگر جدا شده و خاک از طریق نقاله های حلزونی و بالابر مخصوص به کندوی مخصوص زوائد هدایت می شود. قسمت فوقانی کندوها به عنوان گالری فوقانی و قسمت زیرین کندوها بعنوان گالری تحتانی معروف می باشد. کندوها از نظر شکل می توانند به صورت تک کندو یا مجموعه کندوها ساخته شوند شکل تک کندو می تواند دایره ای-مربعی-مستطیلی شکل و یا چند ضلعی باشد و مجموعه کندوها می توانند به صورت مجموعه کندوهای متصل با همدیگر باشند. برای حمل و نقل مواد در داخل سیلو از نقاله های مختلف می توان استفاده کرد که شامل نقاله تسمه ای با ظرفیت ۶۰ الی ۱۰۰۰ تن، نقاله های زنجیره ای با ظرفیت ۶۰ الی ۸۰۰ و تا طول ۱۰۰ متر، و بالابرها ی کاسه ای با ظرفیت ۵۰ الی ۱۰۰۰

تن و ارتفاع تا ۸۰ متر، تنقاله حلزونی برای ظرفیتهای کم، نقاله های مکشی یا دمشی با سرعتهای ۳۰-۱۵ متر در ثانیه می شوند.

جهت کاهش و جلوگیری از ضایعات و آفات در گندم می بایست گندمها را ضد عفونی نمود و کوتاهی در این خصوص شاید باعث ایجاد خسارات جبران ناپذیری به گندم می شود زیرا آفات به سرعت قابل گسترش می باشند. با توجه به آمارهای موجود ۱۰ تا ۱۲ درصد از گندمهای کشور بخاطر بروز ضایعات خسارت می بینند و ضد عفونی به موقع کندوهای تولید خسارات وارده را کاهش و حتی از بین ببرد. یکی از روشهای مهم در سالم سازی گندمها و آردها و نیز پیشگیری از آلودگی، ضد عفونی کردن شیمیایی و با استفاده از گاز یا فومیگاسیون می باشد. معمولاً موادی بدین منظور بکار می روند که قابلیت نفوذ و اثر سمی بیشتر بر حشرات داشته و بر مواد غذایی و انسان تاثیر سوء نداشته باشند. در استفاده از این مواد باید توجه داشت که غالب آنها بسیار سمی هستند و باید زیر نظر کارشناس و با رعایت ضوابط مناسب استفاده شود و پس از استفاده مواد غذایی یا محیط در جریان هوا قرار گیرد. مهمترین این مواد عبارتند از:

متیل بروماید: ماده ای است بسیار سمی که برای ضد عفونی کردن آرد، گندم، ساختمان، کیسه های آرد و ماشینهای آرد سازی بکار برده می شد. برای ضد عفونی کردن ساختمان باید تمام باید درزها را گرفت و سپس ۱/۶ تا ۲ کیلوگرم از این ماده را به ازای هر یکصد متر مکعب فضای محیط بکار برد و پس از یک یا دو روز تمام درها و پنجره ها را باز کرد تا تهویه مناسبی انجام شود. برای ضد عفونی کردن کیسه ها باید پس از تمیز کردن آنها، کیسه ها را در اتاقی مناسب با کار برد ۲ کیلوگرم برومید متیل به ازای هر ۱۰۰ متر مکعب فضا به اضافه ۵۰ گرم به ازای هر تن کیسه ضد عفونی کرد. آرد و گندم ضد عفونی شده با متیل بروماید را باید به مقدار کافی در معرض هوا قرار داد تا این گاز از آن خارج گردد. امروزه از این ماده دیگر استفاده نمی شود.

اکسید اتیلن: برای ضد عفونی کردن آردی بکار می رود که امکان تهویه آن وجود ندارد البته به علت قابلیت انفجار بالای آن، این گاز را در ترکیب با دی اکسید کربن بکار می برند که معمولاً به ازای هر یکصد متر مکعب آرد ۱۲/۵ کیلوگرم اکسید اتیلن و ۲۲ کیلوگرم دی اکسید کربن استفاده می کنند.

فومیگانه‌های مایع: معمولاً برای ضد عفونی گندم مصرف می شوند و شامل تترا کلرید کربن CTC و دی کلرید اتیلن EDC و دی برمید اتیلن EDB می باشد. مخلوط CTC و EDC بهترین ترکیب برای ضد عفونی گندمهای ذخیره شده می باشد. نسبت ترکیب این دو ماده بستگی به عمق توده گندم دارد. در صورتیکه عمق آن از ۲ متر کمتر باشد نسبت ۳ به ۱ از EDC به CTC را استفاده می کنند و برای توده های با عمق بیشتر نسبت یک به یک بکار می رود و اگر عمق کند و از ۱۵ متر بیشتر باشد می توان فقط از تتراکلرید کربن استفاده کرد. مقدار مصرفی مخلوط دو ماده ۴/۵ لیتر به ازای ۵ تن گندم و مقدار مصرف تترا کلرید کربن به تنهایی ۴/۵ لیتر به ازای هر ۱۲ تن می باشد. برای فومیگاسیون با این مواد باید درب پایین کندو را کاملاً مسدود کرد و مواد را روی گندمها پاشید و دریچه فوقانی را نیز برای یک هفته مسدود کرد. سپس دریچه را باز می کنند و گندمها را در معرض تهویه هوا قرار می دهند.

فسفین (PH<sub>3</sub>): به صورت قرصهای حاوی فسفید آلومینیوم و کاربامات آلومینیوم برای ضد عفونی کردن گندمهای دارای رطوبت بیش از ۱۰٪ بکار میرود که در اثر رطوبت مواد موثره قرصها تصعید می شود. برای کاربرد آن، گندم ها را به یک سیلوی خالی منتقل می کنند که دریچه پایینی آن کاملاً مسدود شده و به ازای هر تن گندم ۵ تا ۷ قرص بکار می برند. سپس درب بالایی کندو نیز بطور کامل برای ۵ روز مسدود می کنند و در پایان ایام فوق با باز گذاشتن دربها گندمهای ضد عفونی را کاملاً تهویه می نمایند. جهت جلوگیری از فساد در گندم عمل هوادهی و تهویه در گندم صورت می پذیرد بدین طریق که هوا با فشار مناسب ازخارج کندو توسط لوله های تعبیه شده در کف کندوها به داخل آن دمیده تا بدین طریق اختلاف درجه حرارت داخل و خارج کندوها کاسته شود تا شرایط یکنواخت و یکسانی حاصل شود و نتیجتاً زمان نگهداری افزایش یابد. از

فسفین که حاصل فسفید آلومینیوم است جهت ضد عفونی کردن دانه های غلات و محصولات تهیه شده از آن سالهاست که استفاده می گردد بطوری که از سال ۱۹۳۶ میلادی بکارگیری آن معمول بوده است. از جمله نکاتی که در مورد این fumigant باید گفت آن است که پس از هوادهی غله هیچ اثری از آن در محصول باقی نماند. بهر روی باید توجه داشت که در بین غلات بر حسب ظرفیت نگهداری گاز آنها، تفاوت هایی وجود دارد که بطوری که بعنوان مثال گندم، برنج پوست گیری شده و برنج پیش جوش به ترتیب در حدود ۶۲، ۲۷ و ۸۴ درصد از گاز فسفین را می توانند در زمانی که مقدار زیادی گاز در محیط موجود باشد را در خود نگهدارند و به نظر می رسد که مقدار فسفین ( $PH_3$ ) جذب شده توسط غله به عوامل متعددی مانند ساختار فیزیکی دانه، نوع واریته (تاحدودی)، مقدار چربی، درجه حرارت و دوز گاز بکار گرفته شده دارد.  $PH_3$  گازی بسیار خطرناک است که حد آستانه آن ۰/۳ پی پی ام می باشد و بنابراین نباید در زمان استفاده در معرض آن قرار گرفت. هنگامی که در توده غله این گاز رها گردید، دو نوع باقیمانده آن ممکن است در محصول وجود داشته باشد. الف: ترکیبات فسفره غیر آلی ناشی از اکسید شدن فسفین و ب: فسفین آزاد که بصورت فیزیکی به ساختمان دانه متصل شده است. باقیمانده نوع اول از نظر مقدار و سمیت از اهمیت خاصی برخوردار نمی باشد، اما مورد دوم را باید کاملاً جدی گرفت زیرا فسفین اصولاً بشکل اصلی خود اثر سمی و کشنده را بدنبال دارد ضمن آنکه امکان واکنش های شیمیایی را نیز نباید از نظر دور داشت که این مورد اخیر خصوصاً در دانه های مجاور قرص های فسفین از اهمیت بیشتری برخوردار است. بهر روی انجام هوادهی کامل دانه ها بسیار ضروری است، هر چند در مواردی حتی پس از ۲۲۰ روز هوادهی هم باقیمانده فسفین مشاهده شده است. همانطور که در قسمتهای قبلی بیان گردید یکی از عوامل مهم ذخیره سازی گندم درجه حرارت است. بالا رفتن درجه حرارت نیز در اثر وجود رطوبت گندم و اختلاف درجه حرارت آن با محیط خارج می باشد. از آنجاییکه افزایش درجه حرارت داخل گندم زنگ خطر برای فاسد شدن و بروز آفات و تحولات شیمیایی در گندم می باشد. لذا کنترل درجه حرارت امری ضروری بنظر می رسد تا خسارتی به گندم وارد نیاید. این کنترل توسط تجهیزات و



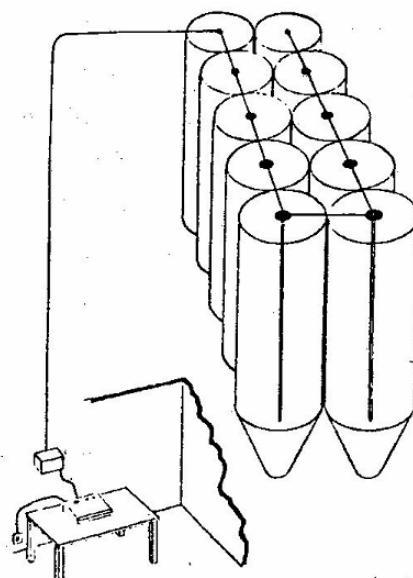
حسگرهای حرارتی (thermal sensors) انجام می پذیرد و به کمک دستگاههای نشان دهنده می توان درجه حرارت نقاط و ارتفاعات مختلف مخزن را مشاهده نمود و بدین طریق چنانچه درجه حرارت در نقطه ای بالا بود احتمالاً این مرکز بروز و شیوع آفت و فساد در گندم می باشد و می بایست بلافاصله به کمک تجهیزات و یا روشهای مختلف از ایجاد فساد در گندم جلوگیری نمود. سیستمهای حرارت سنجی که برای این منظور استفاده می شود شامل قسمت‌های مختلفی می باشد که این قسمت‌ها عبارتند از:

- حسگرهای حرارتی که در فواصل معین روی کابل مخصوص حرارت سنج در داخل مخزن نصب می شود.

- کابل‌های مخصوص و حساسی که ارتباط بین سنسورها و دستگاه نشان دهنده می باشند.

- جعبه ترمینالهایی که در سقف سیلو نصب می شود و حد فاصل کابل‌های اصلی و کابل‌های ارتباطی می باشد

(شکل ۱۴).



شکل ۱۴- نمای شماتیک کابل ها و سنسورهای کندوها

## فصل چهارم

### ترکیب شیمیایی غلات

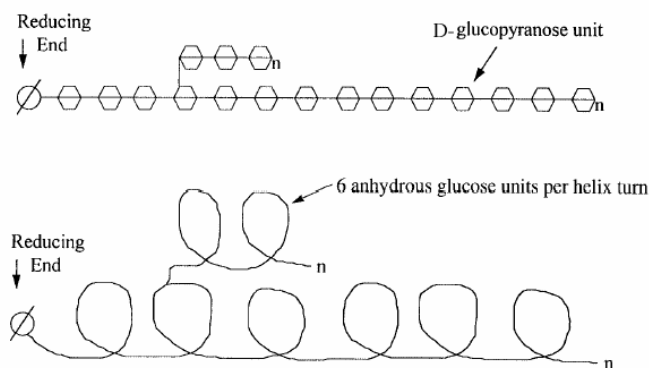
#### الف: نشاسته در غلات

نشاسته اولین منبع تولید انرژی برای دانه‌های غلات بحساب می‌آید. گرچه مقدار آن در غلات متفاوت است، اما عموماً بین ۶۰ تا ۷۵ درصد وزن آنها را تشکیل داده و ۸۰-۷۰ درصد انرژی مورد نیاز انسان را تأمین می‌نماید. علاوه بر نقشی که در تغذیه انسانها ایفا می‌کند، نشاسته و شکل تعدیل و تغییر یافته آن بر خواص فیزیکی مواد غذایی نیز مؤثر می‌باشد. بعنوان مثال نشاسته حاصل از ذرت، گندم، برنج، سیب‌زمینی و کاساوا (تاپیوکا) را می‌توان بمنظور ایجاد ژل، قوام‌دهندگی چسبندگی، حفظ رطوبت، ایجاد بافت و ضد بیاتی شدن مورد استفاده قرار داد. نشاسته و مشتقات آن در صنایع نساجی و کاغذسازی نیز کاربرد داشته و ساختار منحصر به فرد شیمیایی و فیزیکی آن، باعث شده تا از سایر کربوهیدراتها کاملاً متمایز گردد.

#### ساختار شیمیایی نشاسته

صرفنظر از منشاء، نشاسته پلی‌مری از واحدهای ۶ کربنه گلوکز است. که بواسطه اتصال پیوندهای  $\alpha-1$  و  $\alpha-4$  و  $\alpha-1$  و  $\alpha-6$  این واحدها پیوندهای گلیکوزیدی تشکیل می‌شود از آنجا که گروه آلدئیدی موجود در بخش انتهایی نشاسته همواره آزاد می‌باشد، بنابراین نشاسته همواره دارای یک بخش انتهایی احیاکننده است. بدیهی است انتهای دیگر نشاسته بصورت غیراحیاء کننده خواهد بود. بر حسب تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد قسمت‌های احیاء کننده متفاوت است و متناسب با افزایش شاخه‌ها افزایش خواهد یافت. اتصال گلیکوزیدی نشاسته از نوع  $\alpha$  این جایزه را به پلی‌مر نشاسته می‌دهد تا ساختمان مارپیچی پیدا نمایند (شکل ۱۵). در ادامه این مبحث از اهمیت پیوند  $\alpha$  در نشاسته بحث به میان خواهد آمد، اما توجه شود که به هنگام مقایسه نشاسته با سلولز، که آن نیز پلی‌مری از گلوکز اما با پیوندهای  $\beta-1$  و  $\beta-4$  است، تفاوت پیوند نوع  $\alpha$  با  $\beta$  باعث می‌شود که این دو پلی‌مر دارای تفاوت‌های فاحشی از نظر خواص فیزیکی شیمیایی، ساختار و آرایش فضائی و بالاخره اثر آنزیم‌ها

بر هر یک از آنها باشند. در سلولز، بدلیل وجود پیوند نوع  $\beta$ ، ساختار صفحه‌ای و نواری شکل است، حال آنکه پلی‌مر نشاسته دارای ساختمانی مارپیچی است.



شکل ۱۵- زنجیره ساده و یا مارپیچی آمیلوز

پلی‌مریزه شدن گلوکز در نشاسته منجر به شکل‌گیری دو نوع پلی‌مر خواهد شد، آمیلوز و آمیلوپکتین که آمیلوز عمدتاً یک پلی‌مر خطی و آمیلوپکتین یک پلی‌مر بزرگ و دارای انشعاب می‌باشد. تفاوت در ساختار این دو پلی‌مر باعث ایجاد تفاوت‌های مهمی در خواص نشاسته خواهد شد (جدول ۱).

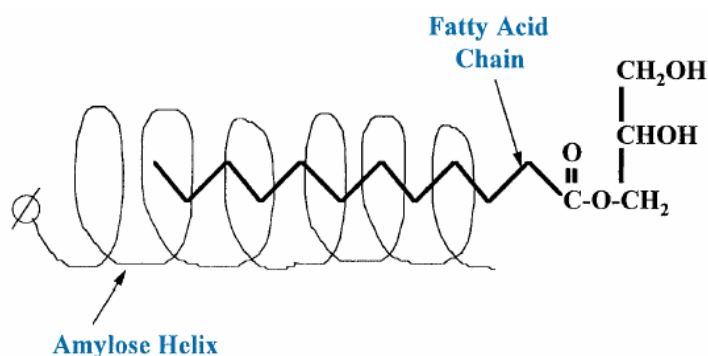
Characteristic	Amylose	Amylopectin
Shape	Essentially linear	Branched
Linkage	$\alpha$ -1,4 (some $\alpha$ -1,6)	$\alpha$ -1,4 and $\alpha$ -1,6
Molecular weight	Typically <0.5 million	50-500 million
Films	Strong	Weak
Gel formation	Firm	Non-gelling to soft
Color with iodine	Blue	Reddish brown

جدول ۱- خصوصیات آمیلوز و آمیلوپکتین

## آمیلوز

پلی‌مری خطی است که تقریباً بصورت کامل دارای پیوندهای کلیکوزیدی  $\alpha$ -1 و ۴ است، گرچه تعداد محدودی انشعاب نیز بر روی زنجیره خطی ممکن است دیده شود. آمیلوز دارای ساختمانی مارپیچی است که در درون مارپیچ، اتم‌های هیدروژن قرار دارند و بنابراین حالت هیدروفوب یا آب‌گریز را دارند و این امکان را به آمیلوز می‌دهد تا تشکیل نوعی کمپلکس قفس مانند را با اسیدهای چرب آزاد و یا اسیدهای چرب موجود در

روغن‌ها و چربیها بدهد. تشکیل کمپلکس آن با چربیها، خصوصاً مونوودی گلیسریدها یک خاصیت کاملاً مشخص در مارپیچ آمیلوز محسوب می‌گردد. (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- تشکیل کمپلکس آمیلوز نشاسته با اسید چرب

تشکیل این کمپلکس تحت تأثیر عوامل متعددی چون درجه حرارت، pH، مدت زمان مخلوط نمودن و ساختمان اسید چرب و یا چربی قرار دارد. بدنبال تشکیل کمپلکس نشاسته و اسیدهای چرب و یا چربیها، خواص نشاسته نیز تغییر می‌نماید. در این حالت هسته هیدروفوب آمیلوز با بخش هیدروفوب چربیها(اسیدهای چرب) پیوند برقرار می‌نماید و بدین ترتیب، درجه حرارت ژلاتینه شدن نشاسته تغییر کرده، ویسکوزیته خمیر تشکیل شده دگرگون شده و تنزل کیفیت در نشاسته محدود می‌شود. از دیگر خصوصیات شناخته شده نشاسته تشکیل ژل بدنبال حرارت دادن آن می‌باشد و معمولاً تحت تأثیر آمیلوز می‌باشد. اصولاً نشاسته‌های حاوی آمیلوز فراوان نظیر نشاسته‌های ذرت، گندم، برنج و خصوصاً نشاسته ذرت، آمیلوز زیاد را نشاسته‌ها ژل‌ساز می‌گویند. تشکیل ژل در درجه اول بدلیل بهم پیوستن مجدد پلی‌مرهای حل شده نشاسته خصوصاً آمیلوز صورت می‌گیرد.

#### آمیلوپکتین

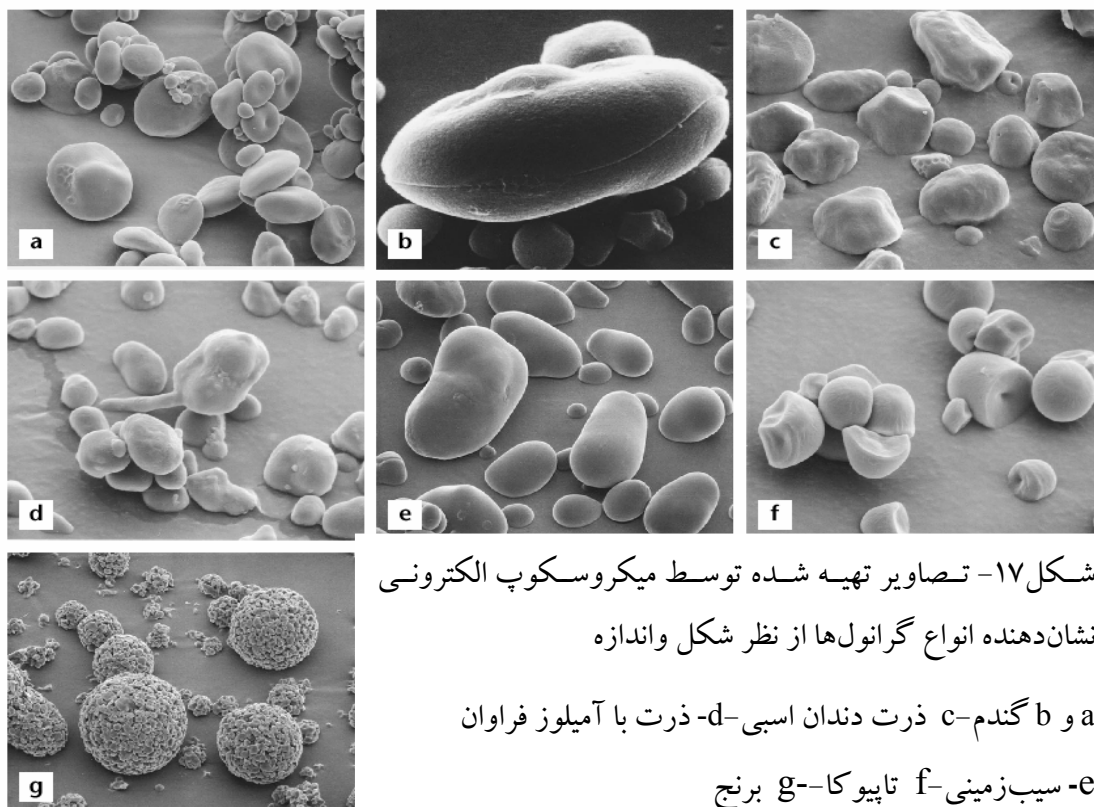
ساختار آمیلوپکتین را مارپیچی، دارای انشعاب و یا خوشه‌ای دانسته‌اند. آمیلوپکتین، ملکول غالب در اکثر نشاسته‌ها بشمار می‌آید که بصورت منشعب دیده شده و بسیار بزرگتر از آمیلوز است. در آمیلوپکتین هر دو نوع پیوند (۱و۴) و (۱و۶) دیده می‌شود که دومی حدود ۴ تا ۶ درصد از کل پیوندها را تشکیل می‌دهد، که

اگرچه به نظر ناچیز می‌آید اما با توجه به وزن مولکولی بسیار بالای آمیلوپکتین، ممکن است به ۲۰۰۰۰ انشعاب نیز بالغ گردد و در آن می‌توان زنجیره‌های کوچک و بزرگ را مشاهده نمود. در زنجیره‌های کوچک درجه پلیمریزه شدن (degree of polymerization) حدود ۱۵ و در زنجیره‌های بزرگ حدود ۴۵ است. این آرایش منحصر بفرد فضائی باعث شده است که آمیلوپکتین دارای ماهیت بلوری بوده و در گرانول‌های نشاسته از نظم و ترتیب خاصی برخوردار باشند. بخش‌های منشعب آمیلوپکتین دارای خواص مشابه با آمیلوز بوده و یا حداقل بصورت مارپیچی دیده می‌شوند. بواسطه ساختار بسیار منشعب، آمیلوپکتین دارای خواص متفاوتی در مقایسه با آمیلوز می‌باشد. بعنوان مثال با توجه به اندازه مولکول آمیلوپکتین و ساختار قاصدک مانند آن، تنزل کیفیت و تشکیل ژل را بتأخیر انداخته و یا از آن جلوگیری می‌نماید. نشاسته‌های مومی که دارای درصد بالایی آمیلوپکتین هستند را بعنوان نشاسته‌هایی که قادر به تشکیل ژل نیستند می‌شناسند و بیشتر حالت مومی و چسبنده ایجاد می‌کنند. آمیلوز بدست آمده از منابع مختلف دارای درجه پلی مری شدن برابر ۶۰۰۰ - ۱۵۰۰ است در حالیکه برای آمیلوپکتین بین ۳۰۰/۰۰۰ تا ۳/۰۰۰/۰۰۰ متفاوت است. با توجه به اینکه وزن مولکولی گلوکز ۱۶۲ است، وزن مولکولی آمیلوز را می‌توان بین ۲۴۳۰۰۰ تا ۹۷۲۰۰۰ در نظر گرفت، هر چند وزن مولکولی آمیلوز موجود در نشاسته سیب‌زمینی ممکن است به ۱۰۰۰/۰۰۰ نیز برسد. وزن مولکولی آمیلوپکتین در دامنه حدود ۱۰/۰۰۰/۰۰۰ تا ۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰ متغیر است.

#### گرانول‌های نشاسته

آمیلوز و آمیلوپکتین به شکل آزاد در طبیعت وجود ندارند بلکه بعنوان جزئی از ترکیبات نیمه بلورین و جدا از هم یعنی گرانول‌های نشاسته دیده می‌شوند. اندازه، شکل و ساختمان این گرانول‌ها بر حسب منبع نشاسته متفاوت است. قطر آنها از کمتر از ۱ میکرومتر تا بیش از ۱۰۰ میکرومتر متغیر است و از نظر شکل ممکن است بصورت کروی، بیضوی، زاویه‌دار و یا کاملاً بی‌شکل دیده شوند. نشاسته‌های گندم، جو و چاودار دارای دو نوع گرانول کاملاً متمایز از هم هستند، گرانول‌های بیضوی (نوع A) با قطر حدود ۳۵ میکرومتر گرانول‌های کروی

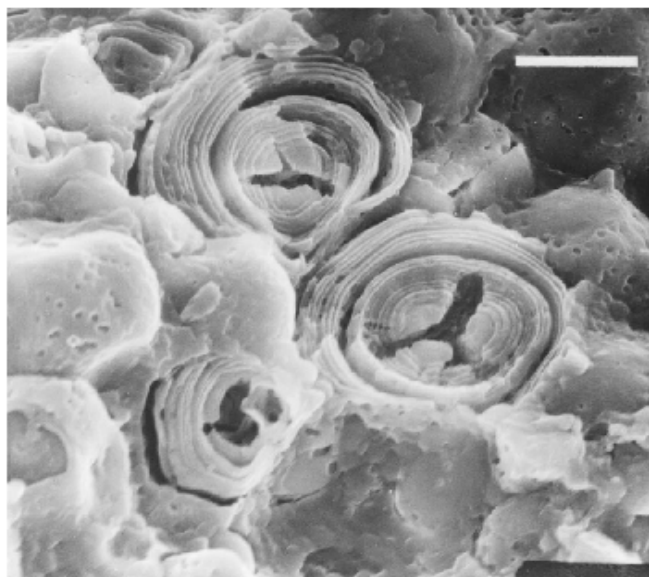
(نوع B) با قطر حدود ۳ میکرومتر را می‌توان از آرد گندم جدا نمود. گرانول‌های موجود در نشاسته جو دو سر (یولاف) و برنج دارای ساختار متفاوتی هستند و در آنها گرانول‌های بسیار ریز به یکدیگر کاملاً متصل شده، گرانول‌های مرکب را بوجود آورده‌اند (شکل ۱۷).



#### ساختار درونی گرانول‌های نشاسته

نحوه قرار گرفتن آمیلوز و آمیلوپکتین در درون گرانول نشاسته کاملاً روشن نمی‌باشد اما چیده شدن آن‌ها در کنار یکدیگر و در درون گرانول، تصادفی نبوده و از نظم بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. گرچه به هنگام حرارت دادن نشاسته در حضور آب از این نظم کاسته خواهد شد. شدت و نحوه این کاهش نظم در نشاسته‌های مختلف در درجه حرارت‌های متفاوتی دیده می‌شود. برای بررسی ساختار میکروسکوپی یک گرانول نشاسته معمولاً آن را تا حدودی تحت تأثیر اسید و یا آنزیم قرار می‌دهند بگونه‌ای که بتوان بخش‌های درونی را مورد مطالعه قرار داد. در این حالت دو بخش بلورین و بی‌شکل را می‌توان در درون گرانول‌ها مشاهده نمود. در

مقایسه با نواحی بلورین، بخش‌های بی‌شکل (amorph) گرانول‌ها زودتر تحت تأثیر اسید یا آنزیم واقع شده شکسته می‌شوند. در این حالت نوعی پدیده حلقوی شکل نظیر آنچه که به هنگام برش طولی تنه درختان دیده می‌شود ظاهر خواهد شد (شکل ۱۸) و نشان می‌دهد که بخش‌های بلورین و بدون شکل بصورت یک در میان می‌باشند که خود ناشی از دوره‌های رشد و استراحت گیاه بهنگام ساخت گرانول‌های نشاسته است. از آنجا که آمیلوپکتین شاخه‌ها یا زنجیره‌های کوچکتر کاملاً در کنار هم قرار گرفته و بین خود پیوند قوی برقرار می‌نمایند که نتیجه آن تشکیل نواحی کاملاً بلورین می‌باشد



شکل ۱۸- مقطع عرضی گرانول نشاسته تیمار شده با آنزیم آمیلاز

اجراء کم مقدار در گرانول‌های نشاسته

پروتئین، چربی، رطوبت و املاح در مقادیر ناچیز در گرانول وجود دارند. مقدار رطوبت به ۱۲ درصد می‌رسد. میزان خاکستر معمولاً کمتر از ۰/۵ درصد است. مقدار پروتئین بر حسب نوع نشاسته بین ۰/۱ تا ۰/۳۵ درصد و میزان چربی بین ۰/۱ تا ۰/۸ درصد متغیر است. نشاسته حاصل از ریشه‌های سیب‌زمینی، کاساوا دارای چربی کمتر از نشاسته غلات است. گرچه چربی و روغن موجود در نشاسته بر نحوه ژلاتینه شدن نشاسته تأثیر می‌گذارند اما اثر مهم آنها بر طعم نشاسته است بگونه‌ای که نشاسته حاصل از سیب‌زمینی و کاساوا (تاپوکا)

کاملاً بی‌طعم به نظر می‌رسند. پروتئین‌های موجود در نشاسته را بر حسب نحوه جدا نمودن آنها از گرانول نشاسته به دو دسته می‌توان تقسیم نمود. پروتئین‌های موجود بر روی سطح گرانول که می‌توان آنها را با محلول نمکی جدا نمود، و دیگری پروتئین‌های متصل به گرانول که جداسازی آنها براحتی میسر نبوده و بعنوان مثال به محلول‌های قلیائی و یا دترجنت‌هائی چون SDS نیاز می‌باشد. بنابر یک فرضیه، این پروتئین‌ها با آمیلوز و آمیلوپکتین پیوند کئووالانسی برقرار می‌نمایند، حال آنکه پروتئین‌های سطحی، صرفاً بر روی گرانول‌ها جذب شده‌اند. وجود پروتئین‌هائی مانند فریابیلین (friabilin) و پیورواپندولاین (puroindoline) بر روی نشاسته و در ارتباط با سختی یا نرمی اندوسپرم دانه گندم بررسی شده است. این پروتئین‌ها که وزن مولکولی آن حدود ۱۵ کیلو دالتون است به وفور از دانه‌های نرم گندم و کمتر از دانه‌های سخت استخراج شده و بنابراین نشان می‌دهد که پروتئین‌های متصل به نشاسته نقش مهمی را در تعیین سختی دانه‌های گندم ایفا می‌نمایند. پیورواپندولاین‌ها، پروتئین‌های بازی و هیدروفوب هستند که دارای ۵ پل در سولفیدی بوده و دارای یک بخش غنی از تریتوفان هستند. پیورواپندولاین‌ها (PIN) به دو شکل a و b دیده می‌شوند که نوع a بخش عمده را تشکیل می‌دهد. هر دو نوع تا ۶۰ درصد دارای ساختار یکسان در ترتیب اسیدهای آمینه خود هستند و صرفاً بخش غنی از تریتوفان در نوع b کمی کوتاهتر از نوع a است. پیورواپندولاین‌ها ضمن آنکه از تأثیر مخرب چربیهای قطبی بر تولید کف توسط پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند همچون دیگر پروتئین‌های بازی یعنی فریابیلین‌ها شاخصی جهت تعیین سختی و نرمی دانه بشمار می‌آیند. اگرچه پروتئین‌های PIN در اکثر گندم‌های نرم و سخت دیده می‌شوند ولی مقدار کمتری از آنها در گندم‌های سخت وجود دارد. بنابراین رقم‌های عاری از PIN-a همیشه گندم‌های سخت یا خیلی سخت (از جمله گندم دروم) بشمار می‌آیند.

چربیها، عمدتاً در جوانه دانه غلات متمرکز هستند. چربیهای موجود در اندوسپرم را می‌توان به دو دسته چربیهای نشاسته‌ای و چربیهای غیرنشاسته‌ای تقسیم نمود. چربیهای غیرنشاسته‌ای عمدتاً از نوع تری گلیسریدی و غیر قطبی بشمار می‌آیند و در درون گرانول‌های نشاسته جای دارند و دارای گروههای فسفات هستند و از این



نظر شیه به ترکیبات امولسیفایری چون لسیتین می‌باشند. این نوع چربیها را لیزوفسفولیپیدی گویند و ساختمان آنها بگونه‌ای است که می‌توانند با آمیلوز کمپلکس تشکیل دهند که در این حالت بخش اسید چرب چربی، در بخش درونی آمیلوز قرار می‌گیرد. این کمپلکس بسیار پایدار بوده و فقط در درجه حرارت‌های بالا ذوب یا شکسته می‌شود.

ژلاتینه شدن، تشکیل خمیر و تنزل کیفیت ذرت در نشاسته :

گرانول‌های طبیعی نشاسته در آب سرد نامحلول می‌باشند و از این رو خصوصیات منحصر بفردی که در بسیاری از مواد غذایی دیده می‌شود، بدلیل خصوصیات و یا رفتار گرانول‌های نمی‌باشد بلکه بدلیل تغییراتی است که در نشاسته بهنگام مجاورت با آب گرم ایجاد می‌شود. از جمله این تغییرات ژلاتینه شدن و تشکیل در خمیر نشاسته است که حالتی غیرقابل برگشت بوده و بستگی به مقدار آب و حرارت اعمال شده دارد. این تغییرات در نتیجه حل نشدن همه و یا بخشی از مواد موجود در گرانول‌ها ایجاد می‌شود و بنابراین قادر است که خصوصیات هم‌چون ایجاد بافت، لزوجت (ویسکوزیته) و نگهداری رطوبت را در مواد غذایی بوجود آورد. در کنار ژلاتینه شدن و تشکیل خمیر، تنزل کیفیت نیز وجود دارد که بدلیل اتصال مجدد مولکول‌هاست و بدنبال حرارت دادن بوجود می‌آید. گرچه سرعت و شدت تنزل کیفیت نشاسته بستگی به درجه حرارت دارد، اما تأثیر حرارت در این زمینه با تأثیر حرارت بر ژلاتینه شدن و یا خمیری شدن نشاسته متفاوت می‌باشد.

ژلاتینه شدن: gelatinization

ژلاتینه شدن نشاسته عبارت است از شکسته شدن نظم مولکولی موجود در گرانول‌های نشاسته که همراه با ظهور تغییرات برگشت‌ناپذیر در خواص نشاسته نظیر تورم گرانولی، از دست دادن خاصیت انکسارنور و تغییر حلالیت نشاسته می‌باشد. نقطه آغاز ژلاتینه شدن و دامنه پدیدار شدن آن بستگی به غلظت نشاسته، روش مشاهده و نوع گرانول دارد. همانگونه که ذکر شد نشاسته در آب سرد حل نمی‌شود و حتی افزودن آن به آب در درجه

حرارت اتاق نیز تغییر چندانی ایجاد نمی‌کند. با اضافه شدن عامل حرارت، تغییرات متعددی ظاهر می‌شود که از جمله می‌توان به دو مورد مهم اشاره نمود:

۱- از هم پاشیده شدن ساختار نیمه بلورین که علامت آن از بین رفتن خاصیت انکسار نور است.

۲- افزایش اندازه گرانولی، گرچه همه گرانول‌ها به یک اندازه متورم نشوند.

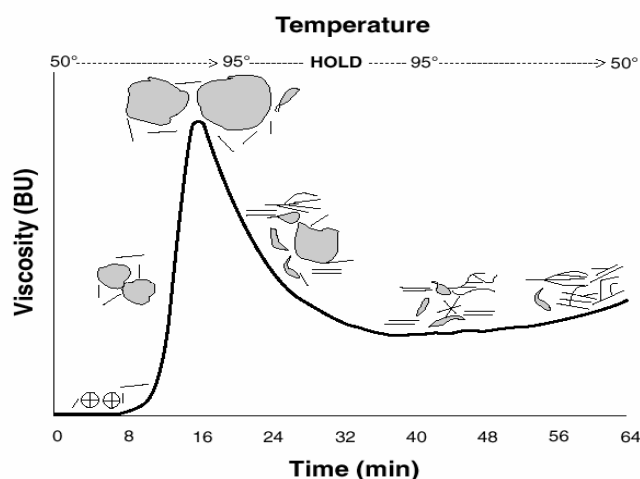
با تداوم حرارت‌دهی، گرانول‌ها ضمن جذب آب متورم شده تا اینکه بناگاه از هم گسیخته می‌شوند و آمیلوز و آمیلوپکتین در سوسپانسیون آبی رها می‌شوند. همگام با این تغییر، ویسکوزیته محیط افزایش می‌یابد. هنگامی که بخش اعظم گرانول‌ها این فرآیند را طی نمودند، آنگاه می‌توان گفت که نشاسته، حالت خمیری گرفته و یا پخته شده است. در اکثر اوقات همین خاصیت خمیری شکل شدن نشاسته است که باعث می‌شود تا از نشاسته برای ایجاد خواص عملکردی استفاده گردد. درجه حرارتی که طی آن اینگونه تغییرات در نشاسته ایجاد می‌شود را درجه حرارت ژلاتینه شدن می‌گویند. در عمل با توجه به اینکه همه گرانول‌های یک نشاسته خاص در یک درجه حرارت معین ژلاتینه نمی‌شوند، بنابراین نمی‌توان یک دمای خاصی را بعنوان درجه حرارت ژلاتینه شدن نشاسته محسوب نمود. نوع نشاسته نیز بر درجه حرارت ژلاتینه شدن مؤثر است. درجه حرارت ژلاتینه شدن نشاسته‌های غده‌ای مانند سیب‌زمینی و کاساوا کمی کمتر از درجه حرارت لازم برای ژلاتینه نمودن نشاسته گندم و ذرت است. از نقطه نظر ترمودینامیکی، حرارت باعث شکسته شدن پیوندهای هیدروژنه بین زنجیره‌های پلی‌مری شده و در نتیجه باعث تضعیف گرانول می‌گردند. اعتقاد بر آن است که تورم اولیه ابتدا در نواحی بی‌شکل گرانول یعنی نواحی که تعداد پیوندهای هیدروژنه کم است و پلی‌مر آسیب‌پذیری بیشتری دارد، اتفاق می‌افتد و بعد به سایر قسمت‌ها گسترش می‌یابد. با تضعیف ساختار گرانولی، گرانول شروع به جذب آب می‌نماید.

تشکیل خمیر نشاسته: *pasting*

با تداوم حرارت‌دهی، گرانول‌ها کاملاً متورم و ویسکوزیته افزایش می‌یابد. ویسکوزیته خمیر هنگامی

که تورم به بالاترین حد خود برسد به حداکثر رسیده و به آن *peak viscosity* می‌گویند. در این حالت

نشاسته بصورت کاملاً خمیری شکل در می آید. با حرارت دهی بیشتر ویسکوزیته بدلیل حل شدن گرانول‌ها و پلی‌مرها، کاهش می‌یابد (شکل ۱۹). این مرحله از تغییر حالت نشاسته (خمیری شدن) را می‌توان بصورت ذیل تعریف نمود: پدیده‌ای که بدنبال ژلاتینه شدن نشاسته آشکار می‌شود و بترتیب شامل تورم گرانولی، نشت اجزاء موجود در گرانول و در نهایت پاره شدن کامل گرانول‌ها می‌شود. در کنار آن باید به این نکته توجه نمود که مرحله خمیری شدن نشاسته را نمی‌توان کاملاً از مرحله ژلاتینه شدن تفکیک نمود و شاید بهتر باشد آن را نوعی تداوم ژلاتینه شدن در نظر گرفت. در بسیاری از موارد، ویسکوزیته خمیر حاصله بدنبال سرد شدن دچار تغییر می‌گردد بگونه‌ای که نوعی خمیر ویسکوالاستیک و یا ژل تشکیل می‌شود. در این حالت هر چه مقدار آمیلوز بیشتر باشد، احتمال اینکه ژل سفت و قابل برشی بوجود آید بیشتر است.



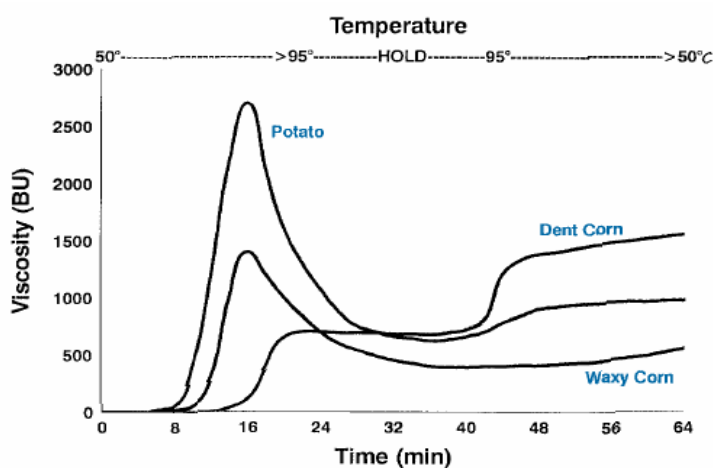
شکل ۱۹- جذب آب توسط گرانول پاره شدن آنها و اتصال مجدد واحدهای آمیلوز

مقدار آمیلوز و آمیلوپکتین موجود در نشاسته، خصوصیات رئولوژیکی و نحوه ژلاتینه شدن خمیر و یا ژل حاصله را تعیین می‌کند. برای مثال در نشاسته مومی که تقریباً بطور کامل از آمیلوپکتین ساخته شده ویسکوزیته سریعاً افزایش می‌یابد ولی بعد از آن و با ادامه حرارت دادن، ویسکوزیته شکسته شده، سریعاً کم می‌شود و بعد از سرد شدن خمیری چسبنده و ویسکوالاستیک حاصل می‌شود که البته بصورت ژل در نخواهد آمد. در مورد نشاسته ذرت دندان اسبی که حدوداً حاوی ۲۵٪ آمیلوز است، ویسکوزیته در آغاز افزایش چندانی

را نخواهد داشت ولی در مقابل در حین حرارت دادن، شکسته شدن ویسکوزیته محدود بوده و بعد از سرد شدن تشکیل ژل قابل برش خواهد داد (شکل ۲۰).

### ۲-۳- تنزل کیفیت: Retrogradation

بعد از آنکه پلی مریهای نشاسته کاملاً بصورت محلول درآمدند، این پلی مرها همراه با بخش های نامحلول موجود در گرانول نوعی تمایل به اتحاد مجدد را در دوره سرد شدن از خود نشان خواهند داد. تنزل کیفیت نشاسته را می توان نتیجه تشکیل نوعی مجموعه بلورین با ساختار ژل مانند بحساب آورد. گرچه آمیلوپکتین نیز می تواند پس از سرد شدن باعث بروز پدیده فوق شود، اما مولکول های آمیلوز تمایل بیشتری به ترکیب و اتحاد مجدد و تشکیل پیوندهای هیدروژنه از خود نشان می دهند.



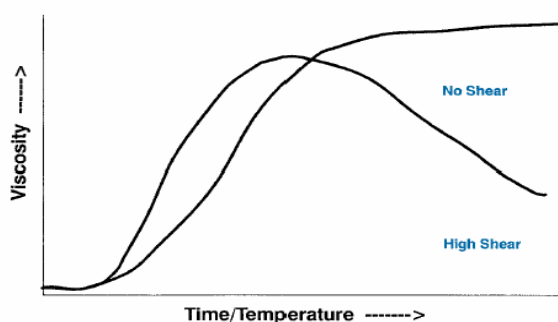
شکل ۲۰- منحنی ویسکوزیته نشاسته های سیب زمینی ذرت دندان اسبی و ذرت مومی

با ایجاد این پدیده، خمیر نشاسته بصورت فزاینده مات و کدر شده و قابلیت برش در ژل آن افزایش می یابد. بمرور زمان، ژل حاصله، بافت لاستیکی پیدا نموده و آب از خود آزاد می کند که به پدیده اخیر اصطلاحاً سینرسیس (syneresis) گفته می شود و در محصولات می مانند سوسها که با نشاسته حاوی آمیلوز تعدیل نشده ساخته می شوند دیده می شود. از آنجا که تنزل کیفیت (retrogradation) هنگامی که نشاسته در حال سرد شدن است، بروز می کند. بنابراین پدیده سینرسیس نیز در محصولاتی که در یخچال و یا فریزر نگهداری شده اند

بیشتر دیده می‌شود. ثبات نشاسته بعد از باز شدن یخ محصول از طریق اندازه‌گیری مقدار آب آزاد شده تعیین می‌گردد و شاخص مناسبی برای تشخیص کیفیت نشاسته می‌باشد. همچنین باید توجه نمود که نشاسته‌های حاصل از منابع مختلف دارای سرعت و شدت تنزل کیفیت متفاوت هستند. بعنوان مثال، تاپوکا که حاوی ۱۹ درصد آمیلوز است، بمرور زمان ژل نرمی بوجود می‌آورد. حال آنکه نشاسته ذرت دارای مقادیر بالای آمیلوز (۴۰٪ آمیلوز) ژل سفتی را به هنگام سرد شدن تولید می‌کنند و بنابراین تنزل کیفیت در آن شدیدتر اتفاق می‌افتد.

اثر pH و بهم زدن نشاسته:

با توجه به اینکه pH مواد غذایی می‌تواند دامنه وسیعی را در بر گیرد بنابراین اثر این عامل بر نشاسته باید مورد توجه قرار گیرد. ویسکوزیته بشکل محسوسی تحت تأثیر pH تغییر می‌کند و این حالت هم در نشاسته معمولی و هم نشاسته تعدیل شده (modified starch) دیده می‌شود. گرچه pH بسیار بالا یا پائین می‌تواند در مراحل اولیه حرارت دادن باعث تسریع ژلاتینیته شدن شود، اما در مراحل بعدی اثر منفی بر ویسکوزیته می‌گذارد و این امر بواسطه هیدرولیز شدن پیوندها و از بین رفتن ساختار یکدست گرانول‌ها می‌باشد. بهم زدن نیز اثر زیادی بر رفتار نشاسته دارد. اعمال توام درجه حرارت و بهم زدن باعث می‌شود تا ژلاتینیته شدن نشاسته بخوبی صورت نگیرد، ژل به حداکثر ویسکوزیته خود دست نیابد. در این زمینه نشاسته‌های تعدیل نشده آسیب پذیرتر می‌باشند. (شکل ۲۱). این وضعیت در بسیاری از فرآیندها و تجهیزات مثلاً به هنگام استفاده از مخلوط کن‌های با سرعت زیاد، پمپ‌ها و هموژنایزرها اتفاق می‌افتد. چربیها، قندها، پروتئین‌ها و املاح نیز می‌توانند بر ژلاتینیته شدن، نشاسته تأثیر بگذارند چربی‌ها بواسطه دارا بودن تمایل به انجام واکنش با گرانول نشاسته و جلوگیری از



شکل ۲۱- اثر هم زدن و حرارت بر ویسکوزیته نشاسته

هیدراته شدن کامل آن باعث می‌شوند تا محصول با ویسکوزیته کمتری بدست آید. قندها نیز از طریق رقابت با نشاسته برای جذب آب، باعث محدود شدن ژلاتینه و خمیری شدن نشاسته می‌شوند.

### تعدیل یا تغییر خواص نشاسته Starch Modification

انواع نشاسته طبیعی حاصل از منابع مختلف هر یک دارای خواص منحصر بفردی می‌باشند و از این رو تولیدکنندگان مواد غذایی متناسب با نوع محصول تولیدی، از آنها استفاده می‌نمایند. در کنار آن باید توجه نمود که این نوع نشاسته‌ها فاقد گستردگی لازم جهت بکارگیری آنها در دامنه وسیعی از مواد غذایی هستند. گسترده‌تر شدن طیف مواد غذایی تولیدی امروزه در حدی است که باید بتوان نشاسته‌ای که توانایی تحمل دامنه گسترده‌ای از فرآورده‌ها را داشته باشد را تولید نمود، ضمن آنکه نحوه رفتار نشاسته بکار رفته در محصول به هنگام توزیع، انبارداری و ... نیز بسیار مهم است. بواسطه این نیاز است که موضوع تعدیل و تغییر خواص نشاسته امروزه مورد توجه است.

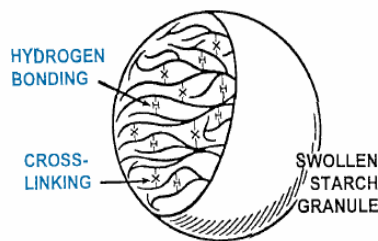
#### تغییر و تعدیل شیمیایی نشاسته

مرسوم‌ترین تعدیل و تغییر در خواص نشاسته از طریق تیمار آن با مواد شیمیایی مجاز صورت می‌پذیرد. تعدیل شیمیایی نشاسته عملکرد آن را تغییر می‌دهد. نحوه این تعدیل کاملاً ساده و عمدتاً شامل واکنش مواد شیمیایی با گروه‌های هیدروکسیل پلی‌مر نشاسته می‌شود. تعدیل نشاسته به روش شیمیایی معمولاً در محیط آبی صورت می‌پذیرد. سوسپانسیون نشاسته در آب (۳۰ تا ۴۵ درصد مواد جامد)، تحت شرایط مناسب از نظر pH و درجه حرارت با ماده یا مواد شیمیایی ترکیب می‌شود. بعد از اتمام واکنش، pH محلول تا حد مطلوب تنظیم شده و سپس محصول با آب شسته می‌شود و در نهایت بصورت پودر خشک در می‌آید. میزان تعدیل شیمیایی عموماً بر حسب درجه جایگزینی (degree of substitution) و در مواقعی که گروه‌های استات یا فسفات جایگزین گروه‌های هیدروکسیل واحدهای گلوکز می‌شوند، بیان می‌گردد. متوسط تعداد مول گروه‌های جایگزین بر روی هر واحد گلوکز از طریق آزمون‌های فیزیکی و یا شیمیایی و یا محاسبه درصد وزنی تعیین

شده و میزان تعدیل یا تغییر نشاسته را نشان می‌دهد. استفاده از روش NMR، یک وسیله مناسب برای تشخیص درجه جایگزینی و نیز جایگاه گروه‌های جایگزین بر روی واحدهای گلوکز می‌باشد. در تجارت، بخش عمده‌ای از نشاسته تعدیل شده از طریق انجام اتصالات عرضی (cross-linking) و یا واکنش‌های جایگزینی و یا هر دو روش تولید می‌شود.

### ایجاد اتصال عرضی

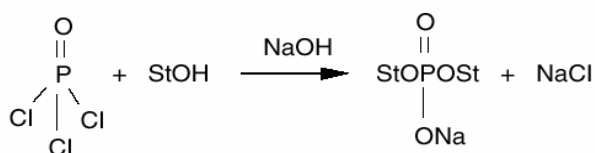
معمول‌ترین روش تعدیل شیمیایی نشاسته بحساب آید. در این روش از مواد شیمیایی که قادر به انجام واکنش با دو یا چند گروه هیدروکسیل پلی‌مر نشاسته هستند، استفاده می‌گردد. پیوندهای عرضی تشکیل شده نقاط جوش (spot welds) می‌نامند زیرا قادرند که ساختمان گرانولی را استحکام بخشند (شکل ۲۲). پیوندهای عرضی بوجود آمده متورم شدن گرانول‌ها را کنترل نموده، نشاسته‌ای را تولید خواهند نمود که می‌تواند درجه حرارت بالا، بهم زدن شدید و شرایط اسیدی را تحمل نماید. در این روش محلول ۳۰ تا ۴۵ درصد نشاسته را ابتدا قلیایی نموده (pH برابر با ۷/۵ تا ۱۲) و سپس در حضور نمک با یک ماده شیمیایی مجاز که قادر به ایجاد پیوند عرضی است، واکنش می‌دهند.



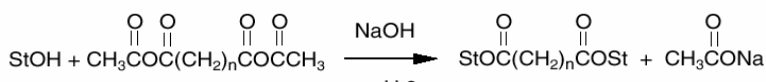
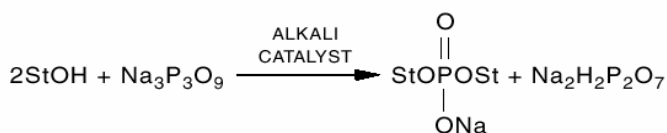
شکل ۲۲- ساختمان گرانول نشاسته که در آن اتصالات عرضی ایجاد شده است

از جمله این مواد شیمیایی می‌توان به فسفر اکسی کلراید، سدیم تری‌فسفات و مخلوط آدیپیک و استیک آنهیدراید اشاره نمود (شکل ۲۳). درجه حرارت واکنش را ۵۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته و زمان انجام واکنش بین ۳۰ دقیقه تا ۲۴ ساعت متغیر است. بعد از اتمام واکنش، pH نشاسته را در حد خنثی تنظیم و پس از صاف نمودن و شستشو، خشک می‌نمایند. همانگونه که ذکر شد از فسفر اکسی کلراید در محدوده ۰/۰۰۵ تا ۰/۲۵ درصد (بر حسب وزن نشاسته) بمنظور تهیه استرهای نشاسته‌ای با اتصالات عرضی

استفاده می‌گردد و واکنش در pH بالا (تقریباً ۱۱/۵) انجام می‌شود. همچون فسفر اکسی کلراید، سدیم تری‌متا فسفات نیز قادر به ایجاد اتصالات عرضی در نشاسته می‌باشد اما زمان طولانی‌تری را برای تکمیل واکنش‌ها نیاز دارد و نظیر مورد اول نشاسته حاصله دارای ویسکوزیته بهتر و با ثبات‌تر همراه با افزایش تحمل به شرایط فرآیند خواهد بود. (۰/۰۲۵ درصد متافسفات). تأثیر ایجاد اتصالات عرضی در نشاسته بسیار چشمگیر است. ویسکوزیته نشاسته عادی که در شرائطی چون استفاده طولانی از حرارت، شرائط اسیدی و یا بهم زدن شدید شکسته می‌شود در شکل تعدیل شده خود با ثبات‌تر خواهد بود. گاهی از نشاسته تعدیل شده به روش فوق به عنوان نشاسته بازدارنده یاد می‌شود زیرا از تورم گرانولی در حین حرارت‌دهی جلوگیری می‌نماید. ویسکوزیته نشاسته‌ای که در آن اتصالات عرضی کمی تشکیل شده باشد چندان زیاد نمی‌باشد گرچه در این زمینه از ویسکوزیته نشاسته تعدیل نشده بیشتر خواهد بود.



Equation 4-1. Chemical reaction for phosphorus oxychloride crosslinking of starch. St = starch polymer.



شکل ۲۳- ایجاد اتصال عرضی بین نشاسته و ترکیبات شیمیایی به ترتیب فسفر اکسی کلراید، تری متافسفات و آدیپیک - استیک آنهیدرید

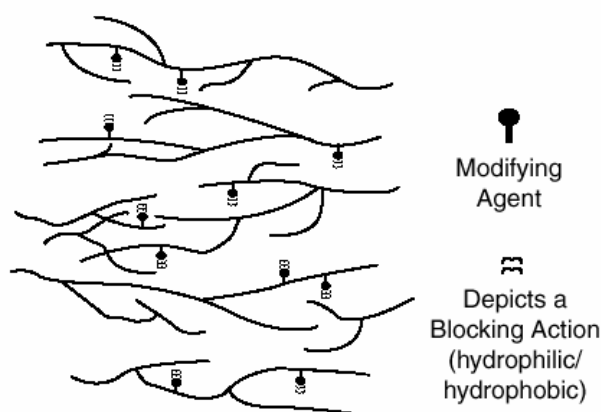
مهم‌ترین مزیت مترتب بر ایجاد محدود اتصالات عرضی آن است که بدین ترتیب ثبات گرانول و بافت خمیر نشاسته بهبود پیدا می‌نماید و به عنوان مثال حالت مومی و جسبده نشاسته مومی کاملاً از بین خواهد رفت. با افزایش اتصالات عرضی، نشاسته بیشتر و بیشتر نسبت به تغییراتی که در دوره پخت نشاسته و تشکیل خمیر آن بروز می‌کند، مقاوم می‌گردد. نشاسته با اتصالات عرضی بالا (۰/۰۸ درصد سدیم تری متافسفات)، فاقد هر گونه peak در ویسکوزیته خود است و بیشتر بصورت منحنی که افزایش تدریجی ویسکوزیته را به تصویر می‌کشد،



دیده می‌شود. از آنجا که امروزه انواع نشاسته تعدیل شده که در آنها میزان اتصالات عرضی کاملاً متفاوت است، در بازار مصرف وجود دارد، بنابراین ضروری است برای دستیابی به بهترین نتیجه، مناسب‌ترین آنها انتخاب شود. بعنوان مثال اگر مقدار اتصالات عرضی در نشاسته‌ای فراوان باشد، در این صورت این نشاسته در محصولی که حرارت چندانی نمی‌بیند، عملکرد مناسبی نخواهد داشت. معمولاً بیشترین مورد مصرف این نوع نشاسته در مواقعی است که فرایند در شرایط اسیدی و یا به هنگام استفاده از هم‌زن‌های پر قدرت همراه با درجه حرارت‌های بالا، انجام می‌گیرد.

### جایگزینی

همانگونه که قبلاً ذکر شد، ویسکوزیته خمیر نشاسته بدنبال سرد شدن آن، افزایش می‌یابد که این تغییر حالت در بافت نشاسته در مواردی که مقدار آمیلوز نشاسته زیاد است، می‌تواند شدیدتر بروز نماید. در واقع بواسطه اتصال مجدد مولکول‌های آمیلوز، ژل سفتی ایجاد خواهد شد. به این پدیده یعنی اتصال مجدد پلی‌مرهای نشاسته اصطلاحاً تنزل کیفیت (retrogradation) گفته می‌شود. به منظور جلوگیری از بروز پدیده فوق به حداقل رساندن آن، نشاسته با موادی شیمیایی همچون گروه‌های استیل یا هیدروکسی پروپیل که از آنها بعنوان گروه‌های بلوک‌کننده یاد می‌شود، تیمار می‌گردد تا بدین ترتیب این گروه‌ها وارد ساختار اصلی نشاسته شوند (شکل ۲۴).

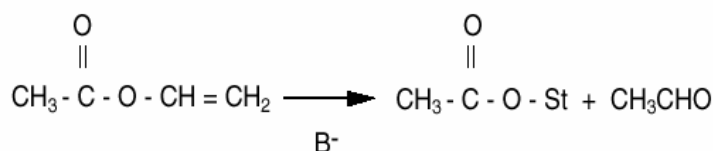
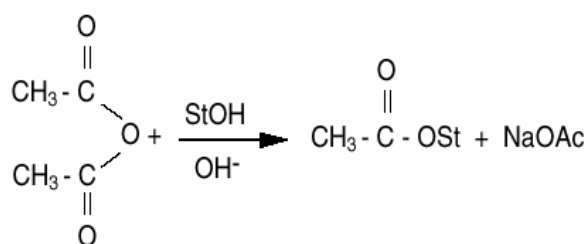


شکل ۲۴ جایگزینی گروه‌های بلوک‌کننده در نشاسته

با انجام این عمل درجه حرارت ژلاتینه شدن نشاسته کاهش یافته و با جلوگیری از اتصال مجدد پلی‌مرها در نشاسته (تنزل کیفیت) به ثبات نشاسته کمک می‌شود. این نوع نشاسته در محصولات که در درجه حرارت‌های پائین نگهداری می‌شوند و یا بصورت منجمد تولید می‌گردند بسیار مناسب است.

*استرهای نشاسته (استات نشاسته)*

استیله کردن نشاسته یکی از روشهای معمول در صنعت بمنظور تثبیت خصوصیات آن می‌باشد. استات نشاسته حاوی ۰/۵ تا ۲/۵ درصد گروههای استیل که منحصراً در مواد غذایی کاربرد دارند می‌باشد. نشاسته استیله شده از طریق افزودن آرام استیک آنهیدرید و یا وینیل استات به محلول نشاسته تهیه می‌گردد (شکل ۲۵). بعد از اتمام واکنش pH محصول خنثی شده و نشاسته حاصله شستشو داده می‌شود. نشاسته استیله شده در درجه اول بعنوان تغلیظ کننده استفاده می‌گردد. زیرا از ثبات و شفافیت خوبی برخوردار است. از این فرآورده در محصولات که بصورت سرد و یا منجمد در آمده‌اند استفاده می‌شود. در صورت اضافه کردن آن به محصولات لبنی، پدیده لخته شدن دیده می‌شود که احتمالاً بدلیل بی‌ثبات شدن پیوند استاتی است که در مواقعی که غلظت پروتئین زیاد باشد، اتفاق می‌افتد.



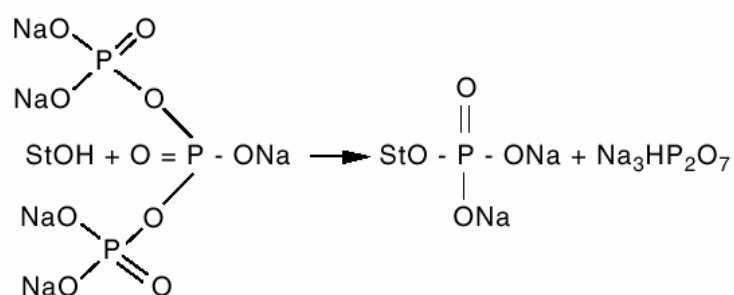
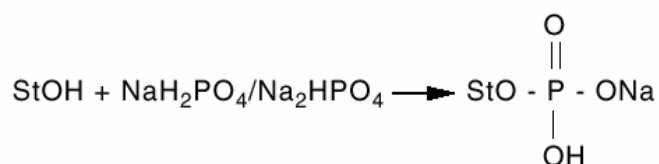
شکل ۲۵- جایگزینی گروههای استات بر روی نشاسته



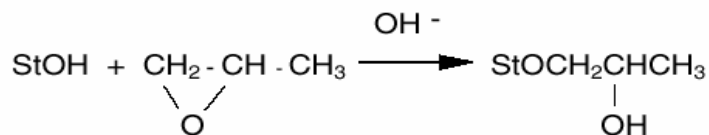
فسفات‌ها از طریق ایجاد واکنش با ترکیباتی چون ارتوفسفات سدیم و تری پلی فسفات سدیم تولید می‌شود. در واکنش نشاسته با ارتوفسفات از حرارت ۱۶۰-۱۲۰ درجه سانتی‌گراد بمدت ۰/۵ تا ۶ ساعت، و در pH ۵ تا ۶/۵، استفاده می‌شود. نشاسته نوع فسفات معمولاً دارای شفافیت خوبی بوده، از ثبات مناسبی در درجه حرارت‌های پائین برخوردار است و دارای خاصیت امولسیون‌کنندگی است و آن را برای تهیه سوس‌های سالاد توصیه می‌نمایند زیرا که به ثبات امولسیون حاصل از روغن و سرکه کمک می‌کند.

#### نشاسته اتری

تهیه نشاسته هیدروکسی پروپیل شده گامی بلند در تهیه نشاسته‌های تعدیل شده بشمار می‌آید (شکل ۲۸). خمیر این نشاسته دارای شفافیت بسیار خوب، ویسکوزیته بالا، سینرسیس کم و ثبات خوب به هنگام فرآیند انجماد-رفع انجماد دارد. اگر این نشاسته تحت تیمار اتصال عرضی نیز قرار گیرد، خاصیت اخیر باز هم افزایش می‌یابد. از این نوع نشاسته در طیف وسیعی از محصولات از جمله گریوی‌ها، پودینگ‌ها و سس‌ها استفاده می‌گردد. این نشاسته را از طریق انجام واکنش بین محلول نشاسته با پروپیلن اکساید (۶ تا ۱۰ درصد) و در شرایط کاملاً قلیائی و در درجه حرارت‌های حدود ۴۵ درجه سانتی‌گراد بمدت ۲۴ ساعت تهیه می‌نمایند. (حداکثر ۷ درصد گروه‌های هیدروکسی پروپیل).

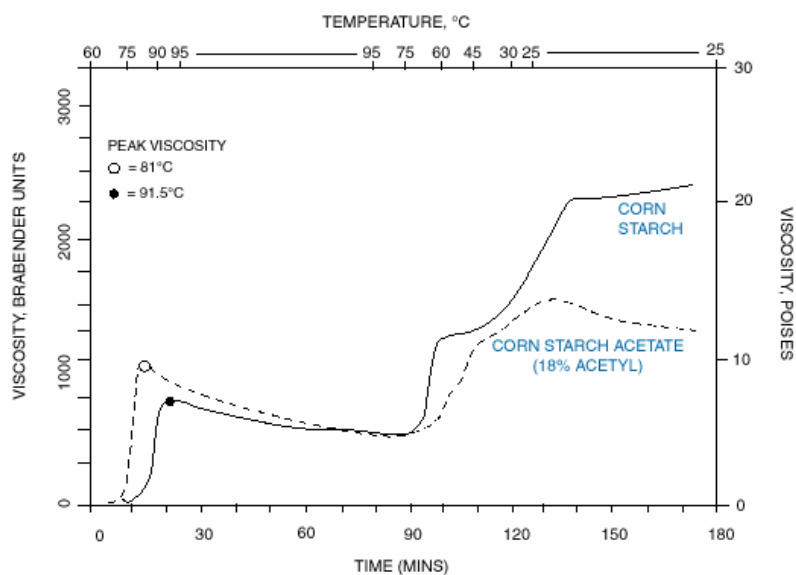


شکل ۲۷- جایگزینی بترتیب ارتوفسفات و تری پلی فسفات بر روی نشاسته



شکل ۲۸- جایگزینی هیدروکسی پرونیل بر روی نشاسته

از آنجا که این نوع نشاسته درجه حرارت ژلاتینه شدن را کاهش می دهد و نیز بدلیل دارا بودن قلیائیت نسبتاً بالا، ممکن است متورم شدن خودبخود گرانولها اتفاق افتد، که از این رو افزودن نمک های چون سولفات سدیم ضروری می باشد (۵ تا ۱۰ درصد بر حسب وزن نشاسته) تأثیر انجام واکنش های جایگزینی بر روی ویسکوزیته نشاسته را در می توان در شکل ۲۹ مشاهده نمود. با انجام این واکنش ها: درجه حرارت ژلاتینه شدن کاهش می یابد. در مقایسه با نشاسته طبیعی، حداکثر ویسکوزیته افزایش می یابد. مرحله set back خصوصاً در نشاسته های حاوی آمیلوز کاهش پیدا می کند خمیری که نسبت به تنزل کیفیت از ثبات خوبی برخوردار است ایجاد می شود.



شکل ۲۹- تأثیر جایگزینی (استیله کردن) بر روی ویسکوزیته نشاسته

به عبارت ساده تر، با عرضه گروه های بلو که کننده در حین انجام واکنش های شیمیایی از نوع جایگزینی، ساختمان پلی مری گرانولها سست تر شده باعث می شود تا آنها به درجه حرارت پخت حساس تر باشند.

نشاسته‌هایی که به مقدار فراوان واکنش‌های جایگزینی در آنها صورت پذیرفته باشد، از ثبات بسیار بالایی به هنگام انجماد-رفع انجماد برخوردار هستند.

#### هیدرولیز نشاسته

از آنجا که نشاسته دارای قسمت‌هایی با وزن مولکولی بالا است بنابراین از خاصیت تغلیظ‌کنندگی بسیار خوبی برخوردار است. با انجام این نوع فرآیند تعدیل (هیدرولیز)، نشاسته‌ای تولید خواهد شد که دارای اجزائی با وزن مولکول کم بوده و ویسکوزیته بالایی ندارد. از مهم‌ترین روش‌های تبدیل که در صنعت تهیه نشاسته استفاده می‌شود می‌توان به هیدرولیز اسیدی، اکسید کردن، دکسترینه کردن و هیدرولیز آنزیمی اشاره نمود.

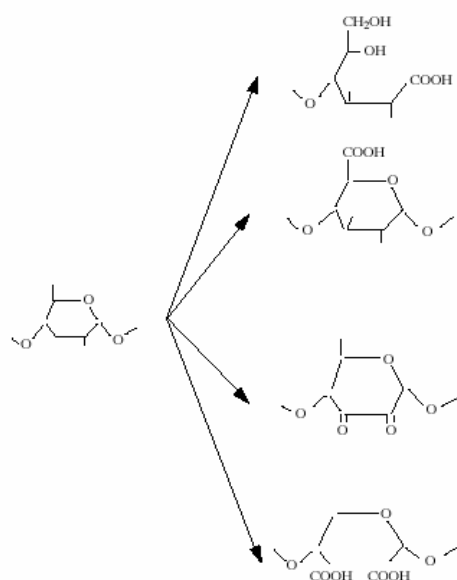
#### هیدرولیز اسیدی نشاسته

در این روش، اسید باعث هیدرولیز شدن هر دو نوع پیوند ۴و۱ و ۶و۱ خواهد شد و هیدرولیز عمدتاً در نواحی بی‌شکل (آمورف) گرانول اتفاق خواهد افتاد. برای تهیه این نوع نشاسته، اسید بصورت کنترل شده و در درجه حرارت حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا کمی کمتر از درجه حرارت ژلاتینه شدن نشاسته (۵۵ درجه سانتی‌گراد) اضافه می‌شود و هیدرولیز تا زمانی که به حد مطلوب برسد ادامه می‌یابد. در مرحله بعد اسید خنثی شده و نشاسته پس از صاف کردن و شستن، خشک می‌گردد. هدف عمده از انجام هیدرولیز اسیدی، کاهش ویسکوزیته خمیر نشاسته گرم است تا بدین ترتیب بتوان از غلظت‌های بیشتری از نشاسته استفاده نمود. این نوع محصولات را *thin boiling* می‌نامند و ضمن دارا بودن ویسکوزیته پائین قدرت تشکیل ژل خود را حفظ می‌نمایند. از آنها در تهیه محصولات قنادی خصوصاً آن دسته که تشکیل ژل در آنها بسیار مهم است، استفاده می‌شود. آب نبات‌های حاوی این نوع نشاسته دارای بافت نرم و ژله‌ای هستند.

#### اکسید نمودن و رنگ‌بری

نشاسته را می‌توان با استفاده از مواد اکسیدکننده نیز تعدیل نمود. بسته به نوع و مقدار ماده مصرفی این تعدیل را می‌توان اکسید نمودن و یا رنگ‌بری نام‌گذاری نمود. مواد رنگ‌بر شامل پراکسید هیدروژن، آمونیوم

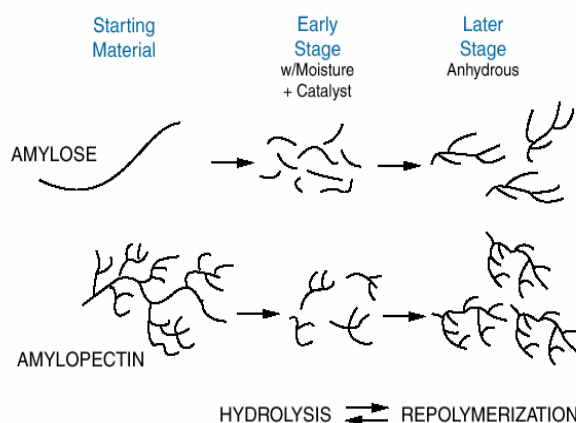
پرسولفات، هیپوکلریت سدیم و یا کلسیم، پرمنگنات پتاسیم و کلریت سدیم است. در مورد اکسید نمودن نشاسته صرفاً استفاده از هیپوکلریت سدیم مجاز شناخته شده است. حد مجاز این ماده برای اکسیداسیون (۵۵ گرم برای هر کیلو نشاسته) بمراتب بالاتر از مقداری است که برای رنگ‌بری می‌توان مورد استفاده قرار داد (۸/۲ گرم به ازای هر کیلوگرم نشاسته). هدف عمده از انجام عمل رنگ‌بری، بهبود رنگ سفید پودر نشاسته از طریق اکسید نمودن ناخالصی‌هایی چون کاروتن، زانتوفیل و سایر پیگمنت‌ها می‌باشد. هر چند میزان ماده اکسیدکننده مصرفی بسیار زیاد نمی‌باشد، اما تعدادی از گروه‌های هیدروکسیل نیز تحت تأثیر هیپوکلریت اکسید می‌شوند. استفاده از مواد اکسیدکننده در حدی بالاتر از آنچه برای رنگ‌بری بکار می‌رود باعث تولید نشاسته با ویسکوزیته پائین می‌گردد. در این حالت، حدود ۲۵ درصد از ماده اکسیدکننده باعث شکسته شدن پیوندهای کربن-کربن شده و ۷۵ درصد بقیه، گروه‌های هیدروکسیل را اکسید می‌نماید (شکل ۳۰). نشاسته اکسید شده معمولاً ویسکوزیته کمی داشته ولی از شفافیت بسیار عالی برخوردار است و نسبت به درجه حرارت‌های پائین پایدار می‌باشد. از این نوع نشاسته غالباً در تهیه خمیرهای نرم و شل که بمنظور پوشش دادن محصولاتی همچون انواع گوشت و یا سبزیجات بکار می‌روند، استفاده می‌گردد. در این حالت آنها اولاً باعث می‌شوند تا خمیر کاملاً به ماده غذایی بچسبد و ثانیاً نوعی بافت برشته مانند پس از سرخ کردن ایجاد شود.



شکل ۳۰- واکنش‌های عمده که در حین اکسید شدن نشاسته اتفاق می‌افتد

## دکسترینه کردن (Pyroconversion)

در این روش نشاسته اسیدی شده با حرارت خشک تیمار می‌شود. بر حسب شرایط واکنش از جمله pH، رطوبت، درجه حرارت و مدت زمان حرارت‌دهی، محصولات مختلفی که از نظر میزان ویسکوزیته، قابلیت حل شدن در آب سرد، رنگ، مقدار قندهای احیا و ثبات دارای تفاوت هستند، تولید خواهد شد و بسته به شرایط بکار رفته در دو رنگ زرد و یا سفید تولید می‌گردند. برای تولید این نوع نشاسته ابتدا اسید به منظور تسهیل هیدرولیز پیوندهای گلیکوزیدی بر روی نشاسته اسپری می‌شود و سپس همراه با بهم زدن حرارت خشک اعمال می‌گردد. در حین این فرآیند، هیدرولیز نشاسته و سپس تشکیل مجدد پلی‌مر دیده می‌شود (شکل ۳۱). از آنجا که محصول حاصله دارای ویسکوزیته کم، قابلیت تشکیل لایه خوب و حلالیت بسیار خوب در آب است، از آن عمدتاً برای پوشش دادن و یا بعنوان جایگزین صمغ‌های گران قیمت استفاده می‌شود. دکسترین‌های با ویسکوزیته بالا را می‌توان به عنوان جایگزین‌های چربی نیز در محصولات قنادی و لبنی مورد استفاده قرار داد.



شکل ۳۱- تغییر و تبدیل مولکولی در حین فرآیند دکسترینه

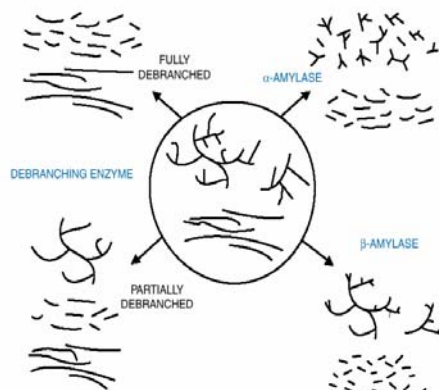
## هیدرولیز آنزیمی

تبدیل نشاسته به قندهای ساده از طریق انجام تخمیر سابقه بسیار طولانی دارد و در این زمینه از آمیلازها بشکل گسترده‌ای استفاده می‌شود. گرچه می‌توان از نشاسته طبیعی در این مورد استفاده کرد، اما از آنجا که



نشاسته ژلاتینه شده حساست بسیار بالائی به آنزیم دارد، بنابراین در اکثر مواقع، هیدرولیز آنزیمی و یا تعدیل

آنزیمی با استفاه از خمیر ژلاتینه شده نشاسته صورت می پذیرد (شکل ۳۲).



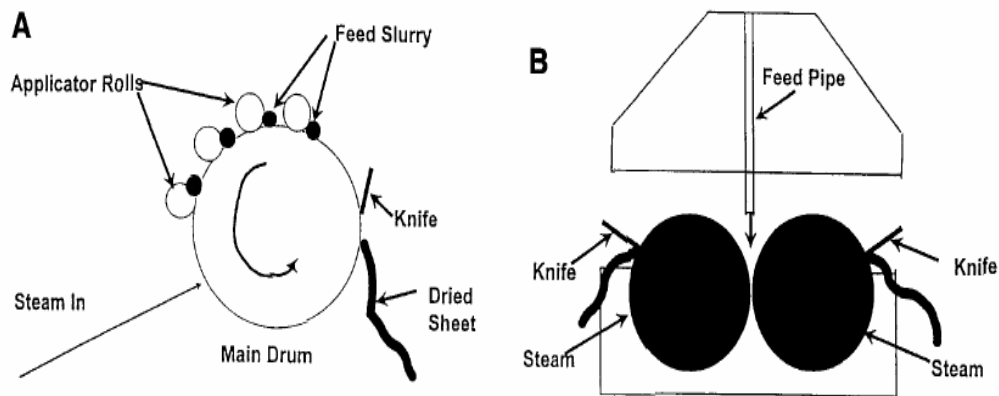
شکل ۳۲- هضم آنزیمی آمیلوز و آمیلوپکتین

بیشترین تعدیل آنزیمی نشاسته، به منظور تبدیل آن به مالتودکسترین، شربت ذرت و قندهای ساده دکستروز می باشد. در پایان تعدیل آنزیمی و بر اساس اندازه مولکولی مواد تشکیل دهنده مخلوط نهائی، محصولات متنوعی بدست می آیند. هرچه مولکول ها کوچکتر باشند، مخلوط شیرین تر بوده و دارای معادل دکستروز (Dextrose Equivalent) بالاتری است. معادل دکستروز برای نشاسته صفر و برای دکستروز ۱۰۰ در نظر گرفته می شود. غالباً از  $\alpha$ -آمیلاز برای تولید مالتودکسترین و شربت های با DE پائین استفاده می گردد. در صورتی که هدف تولید شربت با DE بالا باشد باید علاوه بر  $\alpha$  آمیلاز از  $\beta$ -آمیلاز، گلوکوامیلاز و آنزیم های شاخه شکن نیز استفاده نمود. با پیشرفت واکنش، DE تغییر کرده و خواص عملکردی محصول همچون، قابلیت جذب آب، حلالیت شیرینی، ویسکوزیته، تشکیل ژل نیز تغییر خواهند نمود.

تعدیل یا تغییر فیزیکی نشاسته

نشاسته پیش ژلاتینه

بمنظور تولید نشاسته پیش ژلاتینه ( که گاهی به آن نشاسته پیش ژل (pregel) و یا نشاسته فوری (instant starch) هم اطلاق می گردد). ابتدا نشاسته ژلاتینه شده و سپس بصورت پودر خشک در می آید.



شکل ۳۳- خشک کنهای غلطکی دارای یک یا دو غلطک

. محصولی که بدین ترتیب تولید می شود مانند نشاسته طبیعی دارای ساختار گرانولی خواهد بود. از این نوع نشاسته در محصولاتی که کمترین فرآیند حرارتی را می بینند بعنوان قوام دهنده استفاده می شود. در روش غلطکی محلول نشاسته با حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد مواد جامد بر روی غلطکها قرار می گیرد (شکل ۳۳). لایه تشکیل شده بر روی غلطکهای داغ پس از خشک شدن توسط تیغه جدا شده و بصورت پودر در می آید. معمولاً در حالتی که از دو غلطک استفاده شود اولاً ویسکوزیته اندکی بالاتر از موردی است که خشک کن دارای یک غلطک می باشد و ثانیاً در سیستم دو غلطکی، از آنجا که نیروی shear کمتری وارد می شود می توان لایه های نازک تری از نشاسته را تهیه نمود. همچنین محصول حاصله حالت دانه ای و کلوخه ای کمتری را داراست که این امر می تواند بدلیل کاهش مقدار گرانولهای شکسته شده ضخامت لایه و درجه پخت باشد. ویسکوزیته محصول نهائی بستگی به نوع نشاسته اولیه مصرفی دارد. از جمله تفاوت های مهمی که این نوع نشاسته ها با نشاسته های که به روش های شیمیایی تعدیل شده اند دارند آن است که در نوع پیش ژلاتینه ویسکوزیته سریعتر ایجاد خواهد شد بدین معنی که گرانولها همچون اسفنج عمل نموده ، آب را سریعاً جذب می نمایند. مهم ترین تغییری که بعد از انجام این فرآیندها در نشاسته ظاهر خواهد شد، نحوه پخش و حل شدن آن

و نوع بافت خواهد بود که هر دو مورد تابعی از اندازه ذرات می‌باشند. با توجه به اینکه محصول خشک شده، آسیاب می‌شود، می‌توان با کنترل فرآیند آسیاب و در نتیجه اندازه ذرات، قابلیت حل شدن و نوع بافت را تغییر داد. بطور کلی، پیش ژلهائی که کاملاً آسیاب شوند، ایجاد بافت نرم‌تری را خواهند نمود ولی قابلیت حل شدن آنها کاهش می‌یابد و بالعکس پیش ژل تهیه شده بصورت زبر، بافتی کلوخه‌ای داشته ولی سریعتر در آب حل می‌شود. در خشک کردن پاششی، ابتدا نشاسته در ظروف تحت فشار زیاد و هم‌زن‌های قوی پخته شده و سپس بر روی نازل خشک کن پمپ می‌گردد، تا پس از آنکه بصورت ذرات ریز در آمد خشک شود. در صنعت بجای استفاده از ظروف تحت فشار، محلول نشاسته را با استفاده از تزریق بخار آب از نازل عبور میدهند. نشاسته حاصله بهترین نوع پیش ژلاتینه بوده و بخوبی در آب سرد حل می‌شود. در فرآیند تولید نشاسته پیش ژلاتینه با استفاده از حلال، نشاسته در الکل (معمولاً اتانول) ۷۰ تا ۸۰ درصد و درجه حرارت ۱۷۵-۱۶۰ درجه سانتی‌گراد بمدت ۲ تا ۵ دقیقه حرارت داده می‌شود. محصول حاصله را اصطلاحاً نشاسته گرانوله قابل حل در آب سرد می‌نامند.

#### تیمار حرارتی نشاسته

این روش گرچه چندان معمول نمی‌باشد، اما فرآیند فیزیکی جالبی محسوب می‌گردد و در آن تحت شرایط کنترل شده، نشاسته گرانولی پس از حرارت دادن به همان صورت و شکل گرانولی تولید می‌شود. محصول حاصله نه تنها خصوصیات اولیه خود را حفظ می‌نماید بلکه به هنگام ژلاتینه شدن از پایداری و ویسکوزیته بهتری برخوردار خواهد بود. این روش خود مشتمل بر دو نوع فرآیند است:

#### ترکیب حرارت و رطوبت

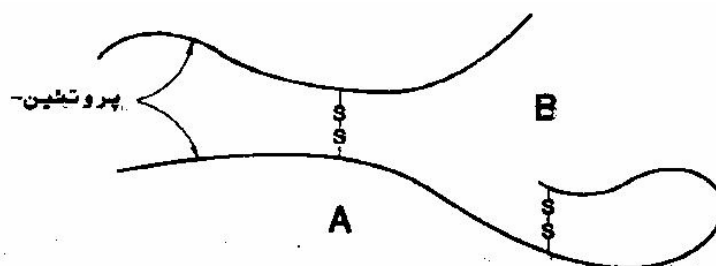
#### استرس زدائی

در هر دو روش تغییر فیزیکی در نشاسته بدون آنکه همراه با ژلاتینه شدن و یا آسیب رسیدن به ساختار گرانولی و یا از بین رفتن خاصیت انکسار نور آن باشد، پدیدار خواهد شد. در فرآیند اول، نشاسته در معرض درجه حرارتی بالاتر از درجه حرارت ژلاتینه شدن آن قرار می‌گیرد ولی مقدار رطوبت بگونه‌ای کاهش می‌یابد

تا نشاسته ژلاتینه نشود. بعنوان مثال رطوبت تاپوکا (نشاسته حاصل از کاساوا) رامی توان بین ۱۵-۳۵ درصد تنظیم نموده و سپس آن را تا ۱۳۰ درجه سانتی گراد و بمدت ۱ ساعت حرارت داد نشاسته حاصله دارای ویسکوزیته با ثبات خوب در محصولاتی است که pH آنها کمتر از ۴/۵ است. در فرآیند دوم محلول نشاسته را تا حد کمتر از درجه حرارت مورد نیاز برای ژلاتینه شدن ولی برای مدت طولانی حرارت می دهند

### ب- پروتئین در غلات

از نظر ساختمانی پروتئین ها، پلیمرهای های طبیعی هستند که در تمام موجودات زنده یافت می شوند و از اسیدهای آمینه که با پیوندهای پپتیدی به یکدیگر متصل شده اند، بوجود می آیند. تمامی اسیدهای آمینه دارای گروههای اسیدی و آمینی هستند که تفاوت شان در گروه جانبی R می باشد. ساختمان تمامی پروتئین ها از جهتی به یکدیگر شبیه است. نخستین عامل تفاوت مابین پروتئین ها نحوه قرار گرفتن اسیدهای آمینه یا ساختمان اول آنها می باشد. برای یافتن تفاوت های بیشتر باید به ساختمانهای دوم و سوم مراجعه نمود. اسکلت یک پروتئین تا حدودی قابل انعطاف است و می تواند به صورت پیچ خورده در آید. گروههای سولفید ریل موجود در اسید آمینه سیستین از جمله گروههای فعال می باشند و می توانند با دیگر گروههای سولفید ریل موجود بر روی اسید آمینه سیستین واکنش داده، تشکیل باندهای دی سولفید را بدهند. (شکل ۳۴).



شکل ۳۴- پیوندهای دی سولفید در پروتئین ها

در ارتباط با ساختمان چهارم پروتئین ها انواع پیوندها را می توان مشاهده نمود که برخی ضعیف اما اکثراً از قدرت قابل ملاحظه ای برخوردار هستند. از جمله این پیوندها، پیوندهای یونی و پیوند هیدروژنی را می توان نام برد. از دیگر انواع پیوند، پیوند هیدروفوبیک را باید نام برد که طی آن دو زنجیره جانبی هیدروفوب بواسطه

نیروهای و اندر والسی کاملاً به یکدیگر متصل می شوند. با قرار گرفتن پروتئین در یک محلول نیروهای چندی فعال می گردند. بهر حال آنچه که در تشکیل ساختمان سه بعدی پروتئین نقش اساسی را بعهده دارد، ترتیب اسیدهای آمینه می باشد. باید توجه داشت که این ساختمان سه بعدی پروتئین است که تعیین کننده خواص آن می باشد. چگونگی حلالیت پروتئین در آب بستگی به چند عامل دارد. بعنوان مثال وزن مولکولی (مولکولهای بزرگتر کمتر محلول می باشند) و اینکه آیا بارها و گروههای هیدروفیل در خارج از مولکول یعنی در مکانی که می توانند با آب واکنش دهند، و یا در درون مولکول واقع شده اند. هنگامی که ساختمان سه بعدی پروتئین تخریب گردد، پروتئین دناتوره می شود و بدنبال آن خواص فیزیکی آن نیز تغییر می نماید. پروتئین های موجود در یک محلول بشدت تحت تاثیر pH و قدرت یونی محلول قرار دارند. این اثرات از طریق ایجاد تغییر در بار پروتئین و یا به اسارت در آوردن بارها ایجاد می شوند همزمان با تغییر pH محیط بارهای پروتئین نیز یا از جهت علامت و یا از نظر مقدار تغییر می نمایند. با توجه به ایجاد تغییرات در بارها ساختمان سه بعدی پروتئین نیز تغییر می کند. نمک با قرار گرفتن بدور مولکول پروتئین و احاطه نمودن آن، همچون سپری در مقابل بارها عمل می کند. این عمل اثر بار را بر روی ساختمان پروتئین خنثی می نماید و باعث نزدیک تر شدن مولکول های پروتئینی و در نتیجه جمع شدن آنها می شوند.

در مورد طبقه بندی پروتئینهای غلات عموماً آن ها را با توجه به تجربیات فردی بنام T.B.Osborne در ابتدای قرن بیستم به چهار دسته تقسیم می نمایند. آلبومین ها که در آب محلولند تحت تاثیر حرارت منعقد شده و سفیده تخم مرغ یک نمونه از آن می باشد. گلوبولین ها که در آب خالص نامحلولند اما در محلولهای رقیق نمکی محلول می باشند. در صورتی که غلظت نمک بسیار زیاد باشد نامحلول خواهند بود. این پروتئین ها پدیده های salting in و salting out را بخوبی نشان می دهند. پرولامین ها که پروتئین های محلول در الکل اتیلیک ۷۰ درصد هستند و بالاخره گلوبولین ها که پروتئین های محلول در اسیدها و بازهای رقیق می باشند. بطور کلی هر یک از این گروهها دارای زیر گروههایی می باشند. به جز آنچه گفته شد پروتئین های دیگری نیز وجود

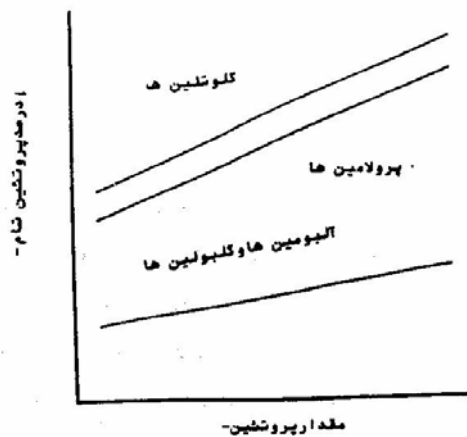
دارند که در بین این چهار گروه قرار می گیرند. گندم، جو و چاودار دارای گلیکو پروتئین محلول در آب هستند که توسط حرارت منقعد نمی شود. ذرت سورگوم و برنج دارای پروتئین هایی هستند که در محلولهای رقیق اسیدی و بازی حل نمی شوند.

در زمینه خواص، اکثر پروتئین هایی که از نظر فیزیولوژیک فعال محسوب می شوند از دسته آلبومین ها و گلوبولین ها به شمار می آیند. در غلات آلبومین ها و گلوبولین ها در سلولهای لایه آلورون، سبوس و جوانه متمرکز می باشند و مقدار کمی نیز در اندوسپرم وجود دارند و از نظر تغذیه ای نیز دارای توازن مناسبی از نظر اسیدهای آمینه می باشند. آنها دارای مقادیر نسبتاً بالایی لیزین، تریپتوفان و متیونین که در غلات نسبتاً کم مقدار هستند، می باشند پرولامین و گلوکلین پروتئین های ذخیره ای غلات هستند و گیاهان پروتئین را بدین شکل برای استفاده به هنگام جوانه زنی ذخیره می نمایند. پروتئین عمدتاً در اندوسپرم وجود داشته و در پریکارپ و جوانه دیده نمی شوند. پروتئین های ذخیره ای گندم بدلیل اثراتی که در ساختار هر محصول دارند، دارای خصوصیات منحصر بفردی می باشند یعنی دارای فعالیت آنزیمی نبوده اما قدرت تشکیل خمیر برای نگهداری گاز را داشته و تولید فرآورده های نانوائی سبک می نمایند.

مقدار پروتئین در غلات از دو نظر حائز اهمیت است. اول از جهات تغذیه ای (خصوصاً از جهت نوع و مقدار پروتئین) و دیگر از نظر نقشی که پروتئین در آرد ایفا می نماید. باید توجه نمود که همگام با تغییر مقدار پروتئین ترکیب آن نیز دچار تحولاتی خواهد شد. (شکل ۳۵). در صورتیکه مقدار پروتئین گندم کم باشد، آلبومین و گلوبولین درصد قابل توجهی از کل پروتئین را تشکیل می دهند. حال آنکه در مواقعی که گندم دارای پروتئین بالایی است. این دو جزء درصد کمی از کل پروتئین را بخود اختصاص خواهند داد. بعبارت دیگر، گندمهای کم پروتئین در مقایسه با انواع با پروتئین بالا، دارای گلیادین و گلوکلین کمتری هستند. مقدار پروتئین گندم بین ۶ تا ۲۷ درصد متغیر است گرچه اکثر واریته ها، دارای ۸ تا ۱۶ درصد پروتئین می باشند. عواملی که بر میزان پروتئین غله موثرند شامل عوامل ژنتیکی و عوامل محیطی از قبیل مقدار ازت موجود در خاک، خشکسالی یا سرما زدگی

و برخی بیماریها می باشند. هر چند غلات همگی دارای چهار دسته پروتئین هستند اما مقدار هر یک متغیر می

باشد.

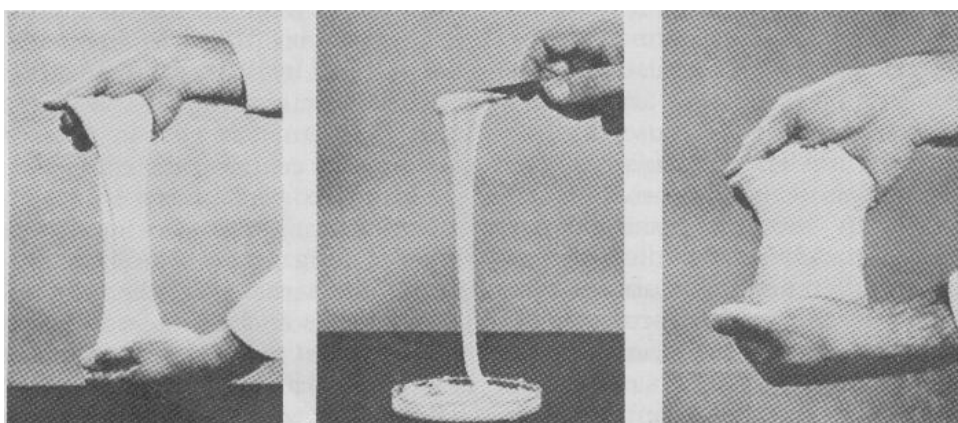


شکل ۳۵- تغییر مقدار پروتئین و تغییر در مقدار هر یک از اجزا آن

### پروتئین های گندم

در میان انواع آرد حاصل از غلات تنها آرد گندم است که توانایی تشکیل خمیر چسبنده و قوی که گاز را در خود نگه می دارد و تولید محصولات سبک و متخلخل می نماید، را دارد. پروتئین های گندم و یا بعبارت دقیق تر، گلوتن، عامل مهم در منحصر بفرد بودن گندم بشمار می آید. این پروتئین ها از دسته پروتئین های ذخیره ای بوده و بدلیل عدم حلالیت در آب براحتی می توان آنها را بشکل تقریباً خالص از سایر اجزاء گندم جدا نمود. با شستشوی یک گلوله خمیر در زیر جریان ملایم آب، نشاسته و مواد محلول در آب خارج شده و گلوتن باقی می ماند. گلوتن (برحسب ماده خشک) دارای ۸۰ درصد پروتئین ۸ درصد لیپید و مقادیری کربوهیدرات و خاکستر می باشد. گلوتن از دو گروه عمده تشکیل شده است: گلیادین (یک نوع پرولامین) و گلوٹنین (یک گلوٹلین). این دو را می توان براحتی با حل نمودن گلوتن در اسید رقیق و افزودن الکل اتیلیک بمنظور تهیه محلول ۷۰٪ الکل و بالاخره خنثی سازی اسید با باز از یکدیگر جدا نمود. بعد از گذشت یک شب و نگهداری محلول در ۴ درجه سانتی گراد گلوٹنین رسوب نموده و گلیادین در محلول باقی می نماند. پروتئین های گلیادین گروه بزرگی از پروتئین ها با خواص مشابه هستند که دارای وزن مولکولی بالا بوده و به هنگام مرطوب شدن شدیداً سفت و چسبناک می شوند، بطوری که در مقابل کشش مقاومت چندانی ندارند و بنظر

میرسد عامل قوام و چسبندگی خمیر باشند. پروتئین های گلوتنن از دسته پروتئین های هتروژن هستند و وزن مولکولی آنها بین ۱۰۰۰۰۰ تا چند میلیون متغیر است. از نظر خصوصیات فیزیکی چسبنده نبوده ولی دارای خاصیت ارتجاعی هستند و به خمیر خاصیت مقاومت در مقابل کشش و انبساط را میدهند. از نظر ترکیب گلوتن حاوی مقادیر زیادی گلوتامیک اسید (۳۵ درصد) به قرم آمیدی یعنی گلوتامین و ۱۴ درصد پرولین است. شکل ۳۶ خواص این دو را نشان می دهد.



گلوتن

گلیادین

گلوتنن

شکل ۳۶- خصوصیات بخش های مختلف گلوتن

پروتئین ها در سایر غلات

پروتئین های موجود در سایر خواص تشکیل خمیر را ندارند. تنها چاودار و تریتیکاله تا حدودی این خاصیت را دارا می باشند. در بعضی از نقاط دنیا، از دانه هایی مانند سورگوم، ذرت و یا ارزن برای تهیه محصولات نانویی مانند تورتیلا در آمریکای جنوبی و مرکزی و roti در هندوستان استفاده می شود. خمیر حاصله از این نوع دانه ها، با خمیر آرد در گندم کاملاً تفاوت داشته و چسبندگی خمیر عمدتاً بواسطه نیروی سطحی آب بوده و کمتر تحت تاثیر پروتئین های موجود در این گونه غلات قرار دارد.

پروتئین های ذرت

پروتئین های ذرت در آندوسپرم وجود داشته و عمدتاً از دسته پرولامین ها یعنی زئین (Zein)، تشکیل شده اند. آندوسپرم آن شامل حدود ۵ درصد آلبومین و گلوبولین حدود ۴۴ درصد زئین و حدود ۲۸ درصد



گلو تلین می باشد. پروتئین ذرت نیز دارای مقادیر زیادی گلو تامیک اسید است هر چند که مقدار آن نصف مقدار این اسید آمینه در گندم می باشد. اسیدهای آمینه، پروتئین ذرت دارای مقدار بالایی لوسین است.

#### پروتئین های سورگوم

پروتئین های سورگوم از بسیار شبیه به پروتئین های ذرت بوده و پرولامین سورگوم یا Kafirin از نظر ترکیب اسیدهای آمینه شبیه زئین است. تفاوت عمده این دو، در میزان حلالیت پرولامین ها و مقدار پرولامین های دارای پیوندهای عرضی است. کافیرین در درجه حرارت اتاق در اتانول ۷۰ درصد محلول نمی باشد مگر آنکه درجه حرارت به  $60^{\circ}\text{C}$  برسد. کافیرین در بوتیل الکل ۶۰ درصد نیز در درجه حرارت اتاق محلول است.

#### پروتئین های ارزن

ترکیب اسیدهای آمینه آن با شبیهه غلات خصوصاً ذرت و سورگوم متفاوت است. ارزن دارای مقدار زیادی لوسین است، اما نسبت لوسین به ایزولوسین در آن کمتر از سورگوم می باشد. بنظر می رسد که این نسبت در بیماری پلاگر (بیماری کمبود ویتامین B) حائز اهمیت باشد.

#### پروتئین های جو دو سر

از دیدگاه تغذیه ای، این دانه دارای موقعیت منحصر بفرد و ممتازی می باشد. میزان پروتئین در آن از تمامی غلات دیگر بیشتر است. توزیع پروتئین در جو دو سر با سایر غلات متفاوت است. پرولامین های محلول در الکل آن ۱۰ تا ۱۵ درصد کل پروتئین ها را تشکیل می دهند و پروتئین عمده آن را گلوبولین ها (حدود ۵۵ درصد) و گلو تلین ها (۲۰ تا ۲۵) تشکیل می دهند. پرولامین جو دو سر اصطلاحاً Avenin خوانده می شود.

#### پروتئین های برنج

بطور کلی میزان پروتئین برنج از سایر غلات کمتر می باشد. میزان پروتئین برنج بر اساس فاکتور ۵/۹۵ که از فاکتور سایر غلات کوچکتر و از فاکتور گندم بزرگتر است. بدست می آید. ترکیب اسیدهای آمینه آن نسبتاً متوازن بوده و میزان لیزین آن ۳/۵ درصد کل پروتئین می باشد. استفاده از روش پایه Osborne جهت

تفکیک پروتئین های برنج نشان می دهد که گلو تلین آن یا Oryzenin مهمترین بخش آن بوده و در حدود ۸۰ درصد کل پروتئین آنرا تشکیل می دهد. مقدار پرو لامين در برنج کاملاً کم (حدود ۳/۵ درصد) می باشد.

#### پروتئین های چاودار

ترکیب اسیدهای آمینه پروتئین چاودار کمی بهتر از سایر غلات بجز جو دو سر می باشد. لیزین در چاودار بمقدار بیشتری در مقایسه با گندم وجود دارد (حدود ۳/۵ درصد کل پروتئین) تری توفان اولین اسید آمینه محدود کننده آن است و مقدار اسید گلو تامیک آن در حدود ۲۵٪ می باشد. دلیل آنکه ترکیب اسیدهای آمینه آن از توازن خوبی برخوردار می باشد را وجود مقادیر نسبتاً زیاد آل بومین و گلوبولین در چاودار می دانند. آل بومین ۳۵٪ و گلوبولین ۱۰٪ پروتئین آن را تشکیل می دهند. مقدار پرو لامين نیز در حدود ۲۰٪ است.

#### پروتئین های جو

اسید آمینه محدود کننده در جو همانند سایر غلات لیزین است و تره اونین دومین اسید آمینه از این نظر می باشد. اکثر ارقام جو با hull (یعنی palea و lamma) برداشت می شوند hull در حدود ۱۰ درصد وزن دانه را تشکیل می دهد و دارای مقادیر کمی پروتئین است هر چند که از نظر لیزین بسیار غنی می باشد. جوانه آن نیز از نظر لیزین غنی است. اندوسپرم جو دارای حدود ۳/۲ درصد لیزین است که هر چند کم است اما از بسیاری غلات افزون تر می باشد. اندوسپرم از نظر اسید گلو تامیک (حدود ۳۵٪) و پرولین (حدود ۱۲٪) غنی می باشد. پرو لامين موجود در جو را Hordein می نامند. هور دئین که در حدود ۴۰ درصد پروتئین جو را تشکیل می دهند از نظر لیزین کاملاً فقیر است. گلو تلین ها و خصوصاً آل بومینهای جو از نظر لیزین بسیار می باشند.

#### پروتئین های تری تیکاله

ترکیب پروتئین در این گونه حاصل از تلاقی گندم و چاودار، شبیه به چاودار است. بطور کلی مقدار پروتئین های محلول در نمک آن کمتر از پروتئین مشابه در چاودار بوده ولی پرو لامين آن کمی بیشتر است.

## ج- اجزای کم مقدار در غلات

این اجزا هر چند مقدارشان در مقایسه با نشاسته و پروتئین چندان قابل توجه نیست اما به هیچ وجه اهمیت آنها کمتر از بقیه نبوده و نقش های بسیار مهمی را بعهده دارند.

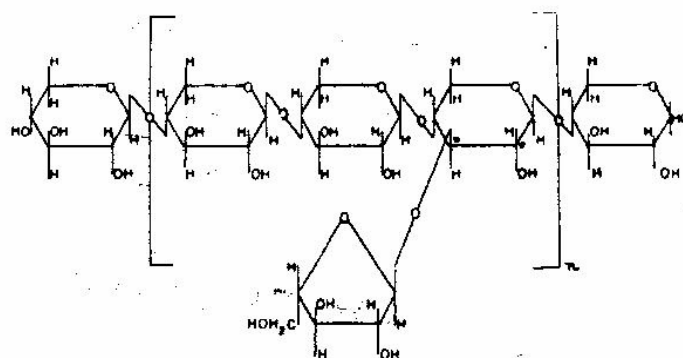
### سلولز

مهمترین پلی سارکاید ساختمان گیاهان بشمار می آید. ساختمان شیمیایی آن بسیار زیاد و از واحدهای D- گلوکز که از طریق پیوند های B-1 و 4 به هم متصل شده اند ساخته شده است. سلولز یک پلیمر (بسیار) بسیار بزرگ است. از آنجا که این ماده دارای ساختمان فضائی خطی بوده و فاقد انشعاب است. پلیمرهای آن با خود پیوندهای محکمی برقرار نموده و در نتیجه سلولز کاملاً نامحلول در آب می باشد. عدم حلالیت همراه با پیوندهای نوع بتا در آن باعث شده اند که سلولز نسبت به بسیاری از آنزیم ها و میکرو ارگانیزمها مقاوم باشد. بخش عمده ای از کاه علوفه و سبوس را سلولز تشکیل داده و مقدار آن در این قسمتها به 40 تا 50 درصد می رسد. طبیعی است غلاتی که با hull برداشت می شوند. دارای سلولز بیشتر نیز هستند. غنی است. مقدار سلولز موجود در اندوسپرم ناچیز بوده و به 0/3 درصد و یا کمتر می رسد.

### همی سلولز و پنتوزان ها

این دو واژه غالباً بجای یکدیگر می روند. بهر حال هر دو در برگیرنده بخش های غیر نشاسته ای و غیر سلولزی گیاهان بشمار می آیند. تصور می رود که در آنها در ساختمان دیواره سلولها و ماده چسبناکی که بین آنها وجود دارد، بکار رفته باشند. همی سلولز و پنتوزان از نظر ساختمان شیمیایی دارای تنوع بسیاری هستند و ممکن است حاوی یک قند ساده بوده و یا پلیمری حاوی پنتوزها، هگزوزها، پروتئین ها و فنولیکها باشند. از جمله قندهایی که غالباً در همی سلولز دیده می شوند به D- گزیلوز، L- آرابینوز، D- گالاکتوز، D- گلوکز، D- گلوکورونیک اسید و 4- متیل- D- گلوکورونیک اسید می توان اشاره نمود. مشکل در تعیین ماهیت حقیقی سلولز از آنجا ریشه می گیرد که دستیابی به یک ساختار شیمیایی خالص از آن بسیار دشوار می باشد. تفاوت

دیگر همی سلولز با هم در میزان حلالیت آنها در آب می باشد. بعنوان مثال آرد گندم حاوی هر دو نوع همی سلولز محلول در آب و نامحلول در آب می باشد که غالباً از آنها بعنوان پنتوزان های محلول در آب و نامحلول در آب یاد می شود. پنتوزان محلول در آب در حدود ۲/۴ درصد اندوسپرم گندم را تشکیل می دهند. از نظر ساختمانی هر دو نوع پنتوزان به یکدیگر شبیه هستند با این تفاوت که نوع نامحلول دارای انشعابات بیشتری می باشد. زنجیره اصلی پنتوزان ها معمولاً از واحدهای D-گزیلوپیرانوزیل با پیوندهای ۱و۴ تشکیل شده است که دارای زنجیره جانبی L آرابینوز می باشند. زنجیره های جانبی بطور مشخص فقط شامل یک قند می باشند. در صورتی وجود این زنجیره جانبی، یکی از واحدهای گزیلوز به موقعیت ۳ متصل می شود، هر چند که امکان جایگزینی در موقعیت ۲ نیز وجود دارد. در پنتوزان های نامحلول در آب، در حدود ۶۰ درصد گزیلوزها، شاخه دار هستند که حدود ۳۰ درصد آنها در موقعیت توام ۲ و ۳ می باشند. ۱ تا ۱/۵ درصد پنتوزان محلول در آب را می توان توسط آب سرد از آرد گندم خارج نمود که صرف نظر از گزیلوز و آرابینوز دارای گالاکتوز و پروتئین نیز می باشند. در شکل ۳۷، اتصال یک قند بنام L-آرابینوز فورانوزیل به زنجیره اصلی در موقعیت ۳ نشان داده شده است، حالتی که بیشتر در پنتوزان های محلول در آب وجود دارد. همین زنجیره جانبی است که عامل حلالیت پنتوزان بشمار می آید چرا که جدا سازی آن، منجر به نامحلول شدن سایر قسمتها خواهد شد. پنتوزان های محلول در آب، علاوه بر کربوهیدرات ها و پروتئین، حاوی مقادیر جزئی فرم استری اسید فنولیک (فرولیک اسید) نیز می باشند که صرفاً در پنتوزان های محلول در آب که دارای زنجیره بلندی هستند دیده می شود.



شکل ۳۷- ساختمان آرابینوزایلان محلول در آب موجود در گندم

در زمینه اثر پنتوزان های محلول در آب، باید به این نکته نیز اشاره نمود که این ترکیبات قادر به ایجاد محلولهای چسبنده و ویسکوز در آب هستند. علاوه بر آن، بعضی مواد اکسید کننده (بعنوان مثال هیدروژن پراکسید) قادر به افزایش شدید ویسکوزیته مخلوط آب و آرد میباشند. در واقع این اکسید کننده ها، باعث می شوند که پنتوزانها حتی تشکیل ژل بدهند. تشکیل ژل تحت تاثیر واکنشهای اکسیداسیون، از خواص منحصر بفرد پنتوزان های موجود در آرد بشمار می آید. در ارتباط با همی سلولز موجود در دیگر غلات، مطالعات وسیعی به ویژه در مورد جو صورت گرفته است زیرا که اثر آنها در تهیه عصاره مالت و یا آبجو حائز اهمیت بسیار است. (بواسطه نقش آنها در ساختمان دیواره سلولهای برخی از آنزیمها، خصوصاً بعد از جوانه زنی دانه، قادر به شکستن سریع دیواره سلولی می باشند. مقدار انواع پنتوزان در چاودار، از سایر انواع غلات بیشتر بوده و مقدار معمول آن ۸ درصد است. مهمترین همی سلولز موجود در جو دوسر  $\beta$ -گلوکان است که مقدار آن بین ۴ تا ۶ درصد گزارش شده است. از جمله موضوعات جالبی که اخیراً در رابطه با  $\beta$ -گلوکان موجود در جو دو سر (یولاف) مطرح است، قابلیت کاهش کلسترول آن می باشد.

#### قندها و الیگوساکاریدها

یک دانه سالم گندم در حدود ۲/۸ درصد قند از جمله الیگوساکاریدها را داراست. این قندها شامل مقادیر جزئی گلوکز (۰/۰۹ درصد)، فروکتوز (۰/۰۶ درصد)، ساکارز (۰/۸۴ درصد) و رافینوز (۰/۳۳ درصد) و مقادیر بیشتری از گلوکوفروکتوزانها (۱/۴۵ درصد) می باشند. در جوانه گندم، مقادیر زیادی قند (۲۴ درصد) که عمدتاً ساکارز و رافینوز هستند، وجود دارد ولی در آن گلوکوفروکتوزان دیده نمی شود. دو قند فوق، در سبوس نیز بخش اعظم قند موجود را تشکیل می دهند (۴ تا ۶ درصد). برنج قهوه ای در حدود ۱/۳ درصد قند دارد. مهمترین قند آن ساکارز بوده و دارای مقادیر کمی گلوکز، فروکتوز و رافینوز است. برنج سفید فقط ۰/۵ درصد قند دارد که بخش عمده آنرا ساکارز تشکیل می دهد.

چربیهای موجود در غلات، بدلیل آنکه از نظر خصوصیات شیمیایی در دسته های متعددی قرار گرفته و نیز حاوی ترکیبات منحصراً بفردی هستند از پیچیدگی خاصی برخوردار می باشند. حالات فوق نه تنها در انواع غلات، بلکه در بخشهای مختلف یک غله نیز متفاوت است. اغلب چربیها را بعنوان مواردی که در حلال های آلی محلول می باشند تعریف می نمایند که البته تعریف چندان محکم و استواری نمی باشد. باز از جمله مشکلاتی که در رابطه با استخراج چربیها مطرح است، نیاز به حلالهای شدیداً قطبی در ارتباط چربیهای متصل به سایر اجزاء می باشد. حلالهای قطبی مانند انواع الکل ها، مقادیر قابل توجهی ترکیبات غیر چربی را نیز استخراج می نمایند و بنابراین لازم است که چربیها در یک حلال غیر قطبی مانند اتر مجدداً حل شوند. با استخراج چربیها توسط چنین حلالهایی، تنها بخشی از آنها خارج خواهند شد، مابقی چربی با پروتئین ها، و سایر اجزاء تشکیل پیوند داده و از این رو وارد حلال، نخواهند شد هر چند می توان با استفاده از حلالهای شدیداً قطبی مانند الکل متیلیک و کلروفرم آنها را هم جدا نمود. در نهایت می توان از یک دانه گندم خرد شده  $1/9$  درصد چربی استخراج نمود. توزیع چربی در یک دانه گندم متفاوت است (جدول ۲). یک دانه کامل گندم حاوی  $70$  درصد چربی غیر قطبی شامل فسفولیپیدها و گلیکولیپیدها است. جوانه دارای بیشترین مقدار چربی است که بخش اعظم آن را فسفولیپید تشکیل می دهد. در سبوس هم چربیهای قطبی اغلب از دسته فسفولیپیدها می باشند. در چربیهای گندم، ویتامین E نیز وجود دارد (حدود  $3/9$  میلی گرم در هر  $100$  گرم آرد کامل گندم). در آرد گندم چربی را می توان بدو دسته چربیهای متصل به گرانول های نشاسته و چربی غیر نشاسته ای نیز تقسیم نمود. چربیهای غیر نشاسته ای شامل  $60$  درصد غیر قطبی ها،  $25$  درصد گلیکولیپیدها و  $15$  درصد فسفولیپیدها هستند در حالیکه چربیهای غیر نشاسته شامل  $9$  درصد غیر قطبی ها،  $5$  درصد گلیکولیپیدها و  $86$  درصد فسفولیپیدها می باشند.

از نظر ترکیب اسیدهای چرب نیز، چربیها دارای تفاوت‌هایی می باشند. چربیهای جو، در حدود ۳/۳ درصد وزن آن را تشکیل می دهند. حدود  $\frac{1}{3}$  چربی در جوانه وجود دارد و بنابراین با توجه به اینکه جوانه سه درصد وزن دانه را بخود اختصاص داده، میزان چربی آن در حدود ۳۰ درصد می باشد. چربیهای دانه کامل، شامل ۷۲ درصد غیر قطبی، ۱۰ درصد گلیکولیپید و ۲۱ درصد فسفولیپید می باشند. جوانه ۰/۵ میلی گرم ویتامین E در هر ۱۰۰ گرم آرد خود است. اسیدهای چرب آن در مقایسه با اسیدهای چرب گندم کمی اشباع شده تر هستند. در چاودار نیز مقدار چربی حدود ۲ درصد است و شامل ۷۱ درصد غیر قطبی، ۲۰ درصد گلیکولیپید و ۹ درصد فسفولیپید است. جوانه آن، ۱۲ درصد چربی دارد. مهمترین چربی نشاسته ای آن فسفاتیدیل کولین می باشد. چربی جو دو سر یا یولاف از نظر مقدار بیشتر از سایر انواع غلات است و اغلب بین ۵ تا ۹ درصد بوده. ۸۰ درصد آن در اندوسپرم می باشد. چربی جو دو سر بیشتر حاوی اولئیک اسید است. یولاف دارای ۲/۳ میلی گرم ویتامین نیز بوده و خاصیت آنتی اکسیدانی آن مربوط به وجود ترکیبات فنولی خصوصاً استرهای اسید فرولیک و اسید کافئیک با الکل های ۲۸ کربنه می باشد

جدول ۲- توزیع چربی در دانه گندم

جزء	سهم در دانه %	درصد چربی
دانه کامل	۱۰۰	۱/۸
سیوس	۱۵	۵/۴
لایه آلورون	۶	۸
اندوسپرم	۸۲	۱/۵
جوانه	۲/۵	۲۸/۵

برنج نیز ۲-۳ درصد چربی داشته و چون بیشتر در قسمتهای محیطی دانه وجود دارد مقدار آن با آسیاب دانه کاهش می یابد. برنج قهوه ای بیشتر دارای چربی های قطبی است. روغن برنج هم حاوی آنتی اکسیدان فنولی (اریزانول) است که استر اسید فرولیک یا الکل های تری ترین می باشد. ذرت غله ای است که از روغن آن در مقیاس تجارتي استفاده می شود. میزان روغن ذرت متفاوت بوده و بستگی به نسبت جوانه به دانه کامل و درصد

روغن موجود در جوانه دارد. در غالب گونه ها، چربیهای آزاد در حدود ۴/۵ درصد و نوع متصل کمتر از ۱ درصد هستند. جوانه درصد نسبتاً بالائی از دانه را بخود اختصاص داده است (۱۲ درصد) و حاوی ۴۰-۳۰ درصد چربی است.

## آنزیم ها

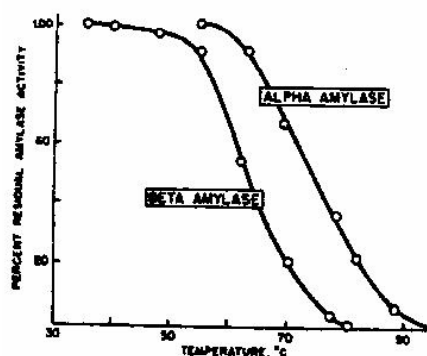
سیستم های بیولوژیکی در غلات از پیچیدگی خاصی برخوردار می باشند. حتی اگر بحث محدود به میوه و یا دانه گردد، باز هم تعداد بسیار زیادی آنزیم، هر چند در یک محدوده زمانی، وجود خواهند داشت. در این بخش تنها به آن دسته از آنزیم هائی که دارای غلظت بالائی هستند اشاره می شود. با توجه به اینکه غلات، عمده انرژی خود را به صورت نشاسته ذخیره می نمایند، جای تعجب نخواهد بود که بیشتر در رابطه با آنزیم های موثر بر نشاسته بحث شود.

## آمیلازها

غلات دارای دو نوع آمیلاز می باشند. آلفا آمیلاز که یک آندوآنزیم محسوب شده و پیوندهای گلیکوزیدی آلفا-۴ و ۱ را می شکند و در نتیجه باعث کاهش اندازه مولکول های نشاسته و کاهش ویسکوزیته محلول می گردد. این آنزیم بر نشاسته ژلاتینه شده سریعتر عمل می نماید، هر چند که اگر به آن زمان کافی داده شود، بر گرانول های نشاسته نیز موثر خواهد بود. بواسطه اثر سریع آن بر ویسکوزیته، از آمیلوگراف و فالینگ نامبر (که هر دو ویسکوزیته نسبی را اندازه گیری می کنند) بمنظور تعیین فعالیت آنزیم، استفاده می شود. فعالیت این آنزیم در دانه های سالم غلات کم است، اما بدنبال جوانه زدن، آن چندین برابر افزایش می یابد. بتا-آمیلاز دیگر آمیلاز موجود در غلات است که از انتهای غیر احیا پلیمر نشاسته، به آن حمله می کند. این آنزیم پیوندهای گلیکوزیدی ۱ و ۴ را نیز به صورت یک در میان شکسته، تولید مالتوز می کند. در صورتی که آمیلوز بصورت کاملاً خطی باشد، می توان انتظار داشت که تمامی آن تبدیل به مالتوز شود. عملاً فقط در حدود ۷۰ درصد آمیلوز تبدیل به مالتوز می شود و این نشان میدهد که در آمیلوز نیز انشعابات و شاخه هائی وجود دارد.



در ارتباط با آمیلوپکتین، تبدیل آن به مالتوز فقط در حدود ۵۰ درصد است. مابقی آن یک مولکول بزرگ و سنگین بنام بتا- دکترین می باشد. از آنجا که بتا- آمیلاز، تولید مالتوز می کند به آن آنزیم قند ساز نیز میگویند. آنزیمهای آلفا و بتا آمیلاز مشترکاً نشاسته را سریعتر و کاملتر از هر یک بتنهائی، می شکنند. هر بار که آلفا-آمیلاز بر نشاسته اثر نماید، یک مولکول جدید با انتهای غیر احیا تولید می کند که مناسب برای حمله بتا- آمیلاز می باشد. سنجش میزان فعالیت بتا-آمیلاز دشوار بوده و تعیین فالیته آن با اندازه گیری مقدار مالتوز تولید شده، بشدت تحت تاثیر مقدار آلفا-آمیلاز موجود، قرار می گیرد. مخلوط دو آنزیم قادر به شکستن نشاسته بصورت صد درصد نیست زیرا که هیچ یک قادر به شکستن پیوندهای آلفا-۱ و ۶ نبوده، ضمن آنکه میزان شکستگی پیوندهای ۱ و ۴ نزدیک به پیوندهای ۱ و ۶ نیز ناچیز می باشد و عملاً در نتیجه اثر دو آنزیم در حدود ۸۵ درصد نشاسته تبدیل به قند خواهد شد. pH مناسب برای فعالیت آلفا-آمیلاز در حدود ۴/۵ است. این شاخص در مورد بتا-آمیلاز کمی بیشتر می باشد. همچنین بتا-آمیلاز در مقایسه با نوع آلفا-نسبت به حرارت حساس تر می باشد. (شکل ۳۸). فعالیت آنزیمهای آمیلاز در گندم، جو و چاودار بمراتب بیشتر از سایر غلات است.



شکل ۳۸- اثر درجه حرارت بر  $\alpha$  و  $\beta$  آمیلاز

#### پروتئازها

در دانه های سالم و رسیده غله، آنزیم های پروتئیناز و پتیداز، هر دو موجود هستند. اکثر روشهای مورد استفاده جهت تعیین میزان فعالیت این نوع آنزیمها براساس اندازه گیری نیتروژن محلول تولید شده استوار می باشد. آرد گندم حاوی نوعی آنزیم پروتئولیتیک است که pH مطلوب آن نزدیک ۴/۱ می باشد و در

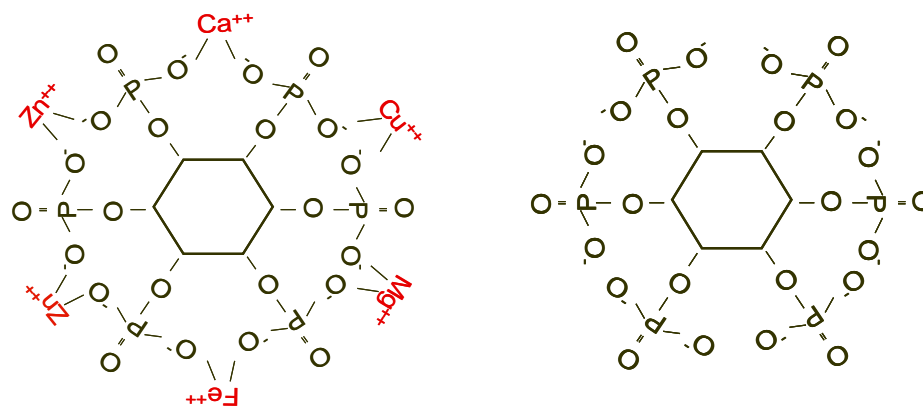
محصولات تخمیری و ترش (اسیدی) مانند کراکر و خمیر مایه نان، از اهمیت بسیاری برخوردار است. پیتیدازها بدلیل تولید ازت آلی محلول که در حین تخمیر مورد استفاده مخمر قرار می گیرد، دارای اهمیت می باشند.

### لیپاز

تمامی غلات دارای این آنزیم می باشند، اما میزان فعالیت آن در بین انواع غلات متفاوت است بطوری که جودوسر و ارزن دارای فعالیت بیشتری در مقایسه با گندم و جو هستند. از آنجا که اسیدهای چرب آزاد نسبت به تند شدن اکسایشی در مقایسه با اسیدهای چرب تری گلیسیریدها، از حساسیت بیشتری برخوردار هستند، به اهمیت آنزیم لیپاز می توان بیشتر پی برد. وجود اسیدهای چرب آزاد در یک محصول تحت شرایطی طعم و مزه صابونی به آن می دهد.

### فیتاز

فیتاز در واقع یک استراز است که می تواند باعث هیدرولیز اسید فیتیک گردد. فیتیک اسید یک اینوزیتول هگزا فسفریک می باشد (شکل ۳۹) که پس از هیدرولیز تبدیل به اینوزیتول و اسید فسفریک می شود.



شکل ۳۹- ساختمان اسید فیتیک به صورت آزاد (راست) و متصل به کاتیون ها (چپ)

در حدود ۷۰ تا ۷۵ درصد فسفر موجود در غلات بصورت اسید فیتیک است که گفته می شود توانایی الحاق به یونهای دو ظرفیتی را داشته و بنابراین مانع از جذب آنها می شود و از این رو فعالیت آنزیم دارای اهمیت بسزائی است، چرا که می تواند یک ترکیب مخرب و مضر را به اینوزیتول (یک نوع ویتامین) و املاح تبدیل نماید. مطالعات نشان می دهند که بخشی از اسید فیتیک در حین تخمیر، هیدرولیز می شود.

## لیپواکسیژناز

آنزیمی است که پراکسید شدن چربیهای اشباع توسط اکسیژن را کاتالیز می نماید. مقدار آن در لوبیای سویا بسیار زیاد است ولی در غلات خصوصاً ارزن نیز دیده می شود. انواع ایزو آنزیم آن با فعالیت های مختلف وجود دارد که تفاوت عمده آنها در نحوه حمله به اسیدهای چرب موجود بر روی تری گلیسرید و یا اسیدهای چرب آزاد، می باشد. بعنوان مثال لیپواکسیژناز موجود در سویا به تری گلیسرید حمله می کند در حالیکه لیپواکسیژناز گندم بر اسیدهای چرب آزاد موثر است. این آنزیم اثرات مختلفی را بر خمیر آرد گندم دارد. از جمله آنها، اثر گذاری بر انگیزه بعنوان یک ماده رنگبر می باشد. این اثر در خمیر نان مطلوب بوده ولی در محصولات مانند انواع pasta، یک فاکتور منفی بشمار می آید زیرا که حفظ رنگ زرد در pasta، مطلوب می باشد. یکی از دلایل استفاده از گندم دروم برای تهیه محصولات pasta کمی فعالیت این آنزیم در آن می باشد. آنزیم مقاومت خمیر به مخلوط شدن را نیز بالا می برد و گفته می شود که توانایی ایجاد خمیر قوی را داراست.

## سایر آنزیمها

غلات حاوی پراکسیداز و کاتالاز نیز می باشند که هر دو آب اکسیژینه را بعنوان سوسترا مورد استفاده قرار می دهند. میزان فعالیت این آنزیم در غلات مختلف بصورت برنج > ذرت >> جو > گندم است.

## املاح و ویتامین ها

اگر غلات از منابع بسیار ویتامین همچون تیامین، نیاسین، ریبوفلاوین، پیریدوکسین، پنتوتنیک اسید، و توکوفرول محسوب می گردند. علاوه براین، آنها منابع خوبی برای املاح نیز بشمار می آیند. در جدول ۳ مقادیر املاح و ویتامین های موجود در انواع غلات دیده می شود. بطور کلی، اکثر املاح ۱۶ درصد در لایه آلورون متمرکز شده است. ویتامین ها در لایه آلورون و یا اسکوتلوم جوانه و یا هر دو، وجود دارند.

جدول ۳- مقدار املاح و ویتامین های موجود در برخی غلات

ذرت	برنج	یولاف	جو	چاودار	گندم	ترکیب
						ویتامینها
۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۷۰	۰/۵۶	۰/۴۴	۰/۵۵	تیامین
۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۳	ریبوفلاوین
۲/۶	۴/۹	۱/۸	۶/۴	۱/۵	۶/۴	نیاسین
۰/۷۰	۱/۲	۱/۴	۰/۷۳	۰/۷۷	۱/۳۶	پنتوتینیک اسید
۰/۵۷	۰/۷۹	۰/۱۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۵۳	پیریدوکسین
						املاح
۳۱۰	۲۸۵	۳۴۰	۴۷۰	۳۸۰	۴۱۰	فسفر
۳۳۰	۳۴۰	۴۶۰	۶۳۰	۵۲۰	۵۸۰	یتاسیم
۳۰	۶۸	۹۵	۹۰	۷۰	۶۰	کلسیم
۱۴۰	۹۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۳۰	۱۸۰	منگنز
۲	-	۷	۶	۹	۶	آهن
۰/۲	۰/۳	۴	۰/۹	۰/۹	۰/۸	مس
۰/۶	۶	۵	۱/۸	۷/۵	۵/۵	منیزیم

## فصل پنجم

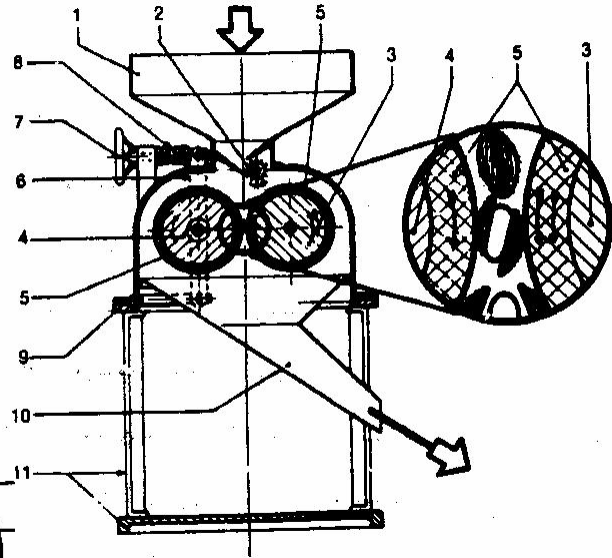
### فرآوری برنج، جو دوسر، جو و ذرت

سه نوع دانه غله ای که در این فصل بدانها پرداخته خواهد شد، از آن دسته غلات هستند که همگی به هنگام برداشت دارای hull چسبیده به دانه می باشند. طبیعی است که اولین گام در فرآوری آنها، جدا نمودن پوسته باشد. در ارتباط با جو، این پوسته به لایه های خارجی پری کارپ محکم چسبیده است. در مورد برنج و جو دوسر، پوسته ساختمانی واحد و یکدست داشته و کم و بیش دانه را احاطه نموده است.

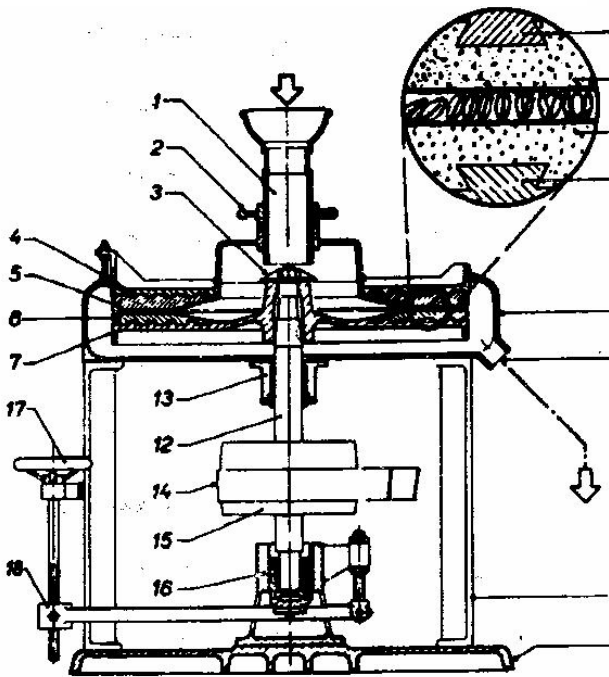
### فرآوری برنج

برنج همراه با پوسته خود را اصطلاحاً شلتوک یا برنج خشن می نامند. در حدود ۲۰ درصد شلتوک را همین پوسته تشکیل می دهد. دانه حاصل از جدا سازی پوسته، برنج قهوه ای نامیده می شود. از معمول ترین انواع پوست گیر برنج، نوعی پوست گیر دارای غلطک های لاستیکی است. (شکل ۴۰-الف). در این نوع پوست گیر شلتوک از میان دو غلطک دارای پوشش لاستیکی که در جهت عکس یکدیگر حرکت می کنند و دارای سرعت های متفاوتی می باشند، عبور می کند. فشار موجود بین دو غلطک نیز ممکن است متغیر باشد چرا که اصولاً در پوست گیری از رقم های مختلف برنج، نیاز به فشارهای متفاوتی می باشد. اعمال فشار بیش از حد نه تنها باعث به رنگ شدن دانه می شود، بلکه از عمر غلطک ها که در شرایط عادی کوتاه است می کاهد. معمولاً هر ۱۰۰ تا ۱۵۰ ساعت غلطک ها باید تعویض گردند. این نوع پوست گیر از راندمان خوب بالای ۹۰ درصد برخوردار است. ضمن آنکه در مقایسه با پوست گیرهای قدیمی تر، شکستگی کمتری تولید می کنند. از جمله پوست گیرهای قدیمی، پوست گیر صفحه ای است که در آن دیسک سایشی و افقی یک محور عمودی و در زیر یک دیسک ثابت به چرخش در می آید (شکل ۴۰-ب). شلتوک از میان دریچه ای که در مرکز و بالای دیسک ثابت قرار دارد، وارد شده بر اثر حرکت چرخشی دیسک پایینی پوسته جدا و برنج قهوه ای از میان دو دیسک خارج می شود. بعد از این مرحله است که پوسته توسط جریان باد و بواسطه اختلاف دانسیته، از دانه

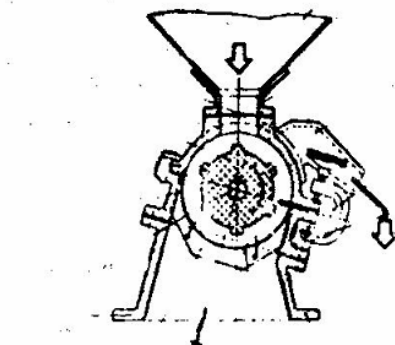
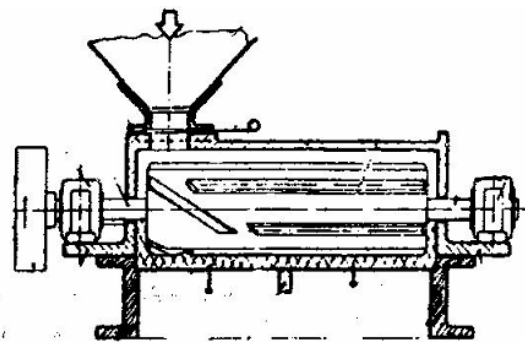
جدا می شود و بدین ترتیب برنج قهوه ای که همراه خود مقادیری خرده برنج دارد، بدست خواهد آمد. اما این برنج علیرغم آنکه از ارزش بالائی برخوردار است، مستقیماً به مصرف نمی رسد و بندرت افرادی را می توان یافت که از این نوع برنج استفاده نماید. آسیاب برنج قهوه ای شامل خارج نمودن سبوس با استفاده از روشهای نیم کوب، صورت می گیرد. در این قسمت، ابتدا کربنات کلسیم خشک (در حدود ۳/۳ گرم به ازای هر کیلوگرم برنج) اضافه می شود. کربنات کلسیم بواسطه ای زبری به جداسازی سبوس کمک می نماید. در بعضی ارقام برنج، بدلیل چسبندگی بیش از حد سبوس دانه، مقادیر جزئی آب بمنظور نرم کردن لایه های سبوس، به دانه افزوده می گردد. فرآوری برنج در مرحله سفید نمودن، از حساسیت خاصی برخوردار می باشد. زیرا ماشینی که این وظیفه را بعهده دارد، ضمن جدا سازی سبوس از دانه، عامل عمده بروز شکستگی در دانه هم محسوب می گردد. از جمله این دستگاهها، وسیله ای است که در آن، برنج قهوه ای پس از ورود، توسط یک مارپیچ در درون یک محفظه، به جلو رانده می شود. بدین ترتیب، دانه ها ضمن تماس با یکدیگر سائیده شده و سبوس خود را از دست می دهند. بخشی از سبوس نیز بدلیل تماس دانه های با بدنه محفظه جدا می گردد. در انتهای خروجی محفظه، که توسط یک وزنه نگهداری می شود، دیده می شود. موقعیت وزنه متفاوت بوده و فشاری متفاوت بوده و فشاری را بر صفحه و در نتیجه به برنج درون محفظه وارد می نماید. درجه برنج را می توان از طریق همین وزنه کنترل نمود، هر چند در اغلب اوقات، این امر صرفاً از طریق صورت می گیرد. در هر حال سعی می شود که ضمن کسب یک خروجی قابل قبول همراه با یکنواختی در کار آسیاب، درصد شکستگی دانه ها نیز پایین نگهداشته شود. (شکل ۴۰ ج). با توجه به اینکه head rice یا دانه برنج سالم و آسیاب شده از قیمت بمراتب بیشتری در مقایسه با برنج شکسته برخوردار است، برخوردار است، بروز تغییرات در میزان شکستگی حتی در سطح یک درصد، باعث تفاوت سود و زیان بسیاری خواهد شد. بعد از این مرحله، سبوس، توسط جریان هوا خارج می شود و برنج آسیاب شده وارد قسمت دیگری می گردد تا باقیمانده سبوس آن گرفته شود. در این قسمت از دستگاه براق کننده (polisher) استفاده می شود.



شکل ۴۰-الف- پوست گیر غلطکی



شکل ۴۰-ب- پوست گیر صفحه ای



شکل ۴۰-ج- سفید کننده سایشی برنج قهوه ایی

این وسیله از یک استوانه عمودی که بدور خود می چرخد و رشته هایی پر مانند به آن متصل اند، تشکیل یافته است. برنج آسیاب شده از بالا وارد فضای موجود بین استوانه در حال چرخش و شبکه سیمی اطراف آن می گردد. و ضمن حرکت به پایین، سبوس اضافی آن گرفته می شود. بعد از براق نمودن، دانه های سالم از شکسته جدا می شوند. گاهی مقداری از برنج را به مخلوطی از آب، گلوکز و تالک ( سیلیکات منیزیم آغشته می نمایند، بدین ترتیب برنجی با ظاهر بسیار براق بدست می آید که اصطلاحاً به آن برنج درخشان می گویند. در پایان مراحل مختلف آسیاب برنج، دانه سالم و آسیاب شده، دانه شکسته، سبوس برنج، مواد حاصل از براق کننده و پوسته اولیه، بدست می آید. بطور کلی، هر دانه شلتوک دارای ۲۰ درصد پوسته اولیه ۸ درصد سبوس و در حدود ۲ درصد مواد حاصل از براق کننده است و مابقی ۷۰ درصد آن را دانه های سالم و شکسته تشکیل می دهند. مقدار دانه شکسته بر حسب نوع و رقم برنج، وضعیت آسیاب و مهارت افراد دست اندر کار، متفاوت و متغیر می باشد ولی نباید بیش از ۴ درصد باشد.

#### پوسته برنج (hull)

این ترکیب از جمله مواد مزاحم در حین آسیاب برنج بشمار می آید زیرا ماده ای است سخت خشن و زبر و با ارزش غذایی ناچیز. hull از دو پوسته تو در تو که یکی بزرگتر بنام لما و دیگری کوچکتر بنام پالنا هستند، بوجود آمده است. از نظر ترکیب شیمیایی دارای ۲۰ درصد خاکستر، ۳۰ درصد پنتوزان، ۲۰ درصد لیگنین و مقادیر کمی پروتئین (در حدود ۳) و چربی (در حدود ۲) می باشد ضمن آنکه حاوی مقادیر جزئی ویتامین نیز است. جزء غالب (۹۴ تا ۹۶ درصد) خاکستر حاصل از پوسته اولیه برنج، سیلیس است. سیلیس موجود در برنج، عامل مقاوم بودن آن در برابر برخی بیماریها محسوب می شود.

#### سبوس برنج (bran)

سبوس برنج بعنوان یک ماده محصول جانبی آسیاب این دانه بحساب می آید. منشاء سبوس، لایه خارجی پریکارپ و منشاء پولیش، لایه های داخلی آن هستند و همراه آنها سلولهای آلورون و مقادیر کمی



نشاسته نیز دیده می شود. سبوس یک منبع عالی ویتامین های گروه ب بشمار می آید بطوری که مقدار تیامین آن ۱۰/۶، ریوفلامین ۵/۷، نیاسین ۳۰۹ و پیریدوکسین ۱۹/۲ میکروگرم در هر گرم است. سبوس برنج دارای مقدار قابل توجهی روغن نیز است که استخراج و فراوری شده و بعضاً بعنوان غذا-دارو مصرف می شود.

### کیفیت برنج

همانند بسیاری از محصولات و. فرآورده های غذایی ، کیفیت برنج براساس توانائی آن در ارائه محصول نهائی با کیفیت مطلوب ، ارزیابی می شود. از آنجا که اکثر برنج تولیدی بصورت دانه های سالم و کامل به مصرف می رسد راندمان آسیاب در تولید این نوع دانه، از عوامل مهم کیفی بشمار می آید. مقبول طبع واقع شدن برنج از کشوری به کشور دیگر و حتی از ناحیه ای به ناحیه دیگر متفاوت است چنانکه در بعضی نقاط برنج پخته شده را بصورت نسبتاً خشک و پف کرده و در بعضی نقاط دیگر مرطوب ترجیح می دهند. ارقام برنج را با توجه به اندازه دانه و شکل آنها به سه دسته می توان تقسیم نمود: کوتاه ، متوسط و بلند . معمولاً از ارقام بلند، برای تهیه برنج پف کرده (دم کرده) و از دو رقم دیگر برای تهیه انواع مرطوب استفاده می کنند. در برخی از کشورها مانند آمریکا، برنج تولیدی فاقد طعم و مزه مشخصی بوده ولی ظاهر شفاف دارد، در مناطقی نیز، ارقام معطر برنج کشت می شود که البته دارای راندمان بالائی نمی باشد.

### مسن کردن برنج (aging)

برنج نیز همانند سایر غلات دارای نوعی فرآیند رسیدگی بعد از برداشت است که طی آن و به هنگام ذخیره سازی تغییرات بیوشیمیایی در دانه سالم و خشک اتفاق می افتد. هر چند مکانیزم دقیق این فرآیند نامعلوم است ، اما آثار آن بخوبی قابل مشاهده می باشد. برنجی که بلافاصله بعد از برداشت، پخته شود، حالت خمیری و چسبنده دارد، در حالیکه اگر شلتوک در شرایط مناسب و بمدت چند هفته انبار شود، به هنگام پخت دانه ها تمایل کمتری از نظر بهم چسبیدگی خواهند داشت. ذخیره نمودن دانه های آسیاب شده برنج هم عیناً چنین اثراتی را در پی داشته ، باعث کاهش چسبندگی، خشک تر شدن سطح، افزایش حجم به هنگام پخت و بافت

محکم تر می گردد. در ارتباط با مسن کردن برنج، بروز برخی تغییرات در خواص بیوشیمیایی و فعالیت های آنزیمی که بمرور زمان کاهش می یابد، مطرح می باشد.

### غنی سازی برنج

مصرف بسیار زیاد برنج سفید ممکن است منجر به کمبود ویتامین های گروه ب خصوصاً تیامین و بروز بیماری بری بری شود. از جمله راههای مقابله با این کمبود غنی سازی برنج می باشد. البته مواد مغذی که بصورت پودر افزوده می گردد غالباً بدلیل شستشوی برنج و جوشاندن آن و سپس بدور ریختن آب، از دست می رود. به همین دلیل امروزه برای غنی سازی از مخلوط هائی که بدلیل نفوذ در یافت ضایعات کمتری دارند، بهره گرفته می شود. گاهی نیز از مشتقات نامحلول در آب تیامین مانند بنزویل تیامین دی سولفید استفاده می گردد.

### تهیه برنج با قابلیت پخت سریع

به هنگام پخت برنج آب به آهستگی بدرون دانه نفوذ می نماید. با توجه به اینکه اکثر ارقام برنج از نوع شفاف بوده و هیچ گونه فضای خالی مانند سلولهای هوا در بافت آن وجود ندارد، علت کندی نفوذ آب را بهتری می توان دریافت. برای پخت برنج لازم است که اولاً آب تا مرکز دانه نفوذ کند و ثانیاً حرارت به اندازه کافی تامین گردد تا نشاسته ژلاتینه شود. برای تهیه محصولی با قابلیت پخت سریع لازم است کانال هائی که از طریق آنها و در ضمن پخت، آب براحتی به درون دانه نفوذ کند، فراهم گردند. از جمله روشهائی که در این زمینه بکار گرفت می شود از پخت اولیه بگونه ای که در نهایت محصول دارای ۶۰ درصد رطوبت گردد و سپس خشک کردن و رسانیدن رطوبت به ۸ درصد می توان نام برد. این فرآیند باعث می شود که دانه برنج دارای نوعی ساختار متخلخل شود. روش دیگر گرم کردن سریع دانه خشک (۱۰ درصد رطوبت) است که ایجاد شکاف داخلی در دانه می نماید. می توان به روشی که ابتدا ذکر شد نشاسته را ژلاتینه و سپس دانه را با استفاده از غلطک، پهن و صاف نمود، بدین ترتیب فاصله مرکز با سطح کاهش یافته و آب سریعتر در دانه نفوذ می کنند. ایجاد تغییرات سریع در فشار نیز باعث پف کردن دانه خواهد شد.

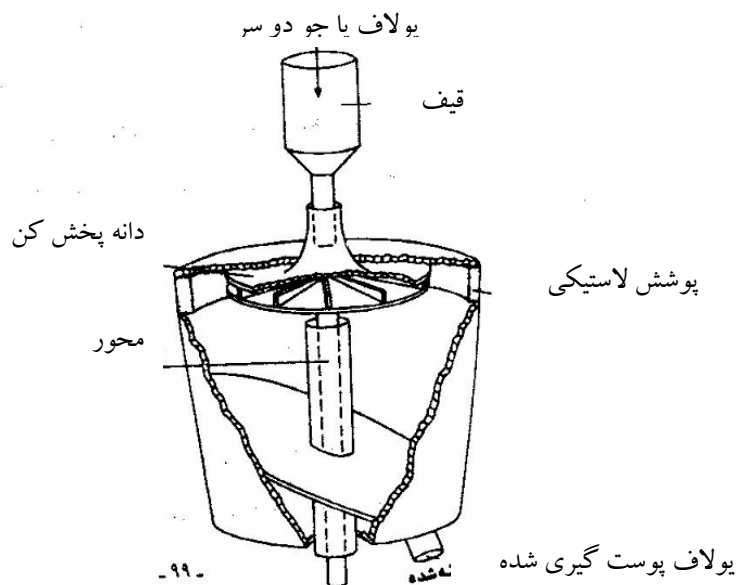
## تهیه برنج پیش جوش

در این فرآیند، شلتوک همراه با آب حرارت دیده و سپس خشک می گردد. هر چند این روش در جدا سازی پوسته از دانه موثر است، اما مهمترین مزیت آن بالا بردن ارزش غذایی می باشد. همانگونه که بیشتر ذکر گردید قسمت اعظم املاح و ویتامین های برنج در لایه های خارجی پریکارپ تجمع یافته اند، پیش جوش برنج باعث انتقال این مواد مغذی به درون دانه می شود. این فرآیند خود شامل سه مرحله است: خیساندن، بخار دهی و خشک کردن. خیساندن در درجه حرارت حدود ۶۰ درجه سانتیگراد انجام می شود. بعد از این قسمت آب اضافی گرفته شده و شلتوک برای آنکه نشاسته آن ژلاتینه شود، توسط بخار حرارت می بیند. همراه با ژلاتینه شدن نشاسته ویتامین ها در درون اندوسپرم به دام می افتند. در مرحله بعد، برنج تا رسیدن به رطوبت ۲۰-۱۸ سریعاً خشک می شود که در دنباله آن، بمنظور اجتناب از ایجاد شکستگی و شکاف در دانه، سرعت خشک کردن لازم است کاهش یابد. این روش مزیت هائی را دنبال دارد که عبارتند از: دستیابی به راندمان بالاتر در هنگام آسیاب شلتوک، مقاومت بیشتر نسبت به حشرات، مغذی تر بودن و بالاخره تمایل کمتر به ایجاد حالت خمیری و چسبنده در حین پخت. از معایب آن نیز می توان به تیره شدن رنگ، تغییر در مزه و ایجاد زمینه مناسب برای تند شدن اشاره نمود.

## فرآوری جو دو سر

همانگونه که گفته شد، جو دو سر همراه با پوسته اولیه خود برداشت می شود که در حدود ۲۵ درصد وزن آن را تشکیل می دهند. بعد از جدا سازی این پوسته به جو دو سر اصطلاحاً groat گفته می شود. مرحله اول آسیاب جو دو سر، تمیز کردن آن است و طی آن جوهای دو سر بهم چسبیده، سوزنی شکل و سبک ( که دارای اندازه عادی هستند اما فاقد groat می باشند) از انواع سالم تفکیک می گردند. بعد از تمیز کردن، آنها را حرارت داده و خشک می نمایند، حرارت دهی شامل فرآیند گرم کردن دانه های بمدت یکساعت می باشد و طی آن درجه حرارت آنها به ۹۳ درجه سانتیگراد و رطوبت آنها به کمتر از ۳ تا ۴ درصد می رسد. این عمل ضمن ایجاد

عطر و طعم در دانه بوداده، به جدا سازی پوسته اولیه از سایر قسمتها نیز کمک می نماید. همچنین حرارت باعث دنا توره شدن و غیر فعال گردیدن آنزیمهای لیپولیتیک شده از تلخ شدن دانه جلوگیری بعمل می آورد. اصولاً در صورتی که آنزیم لیپاز دنا توره نشود محصول آسیاب شده عمر نگهداری کوتاهی خواهد داشت. کار بعدی، جدا کردن پوسته از دانه است که در پوست گیر مخصوص جو دو سر (شکل ۴۱) صورت می پذیرد. جو دو سر از مرکز پوست گیر وارد شده و بر اثر حرارت چرخشی محور و برخورد با پوشش لاستیکی درونی پوست گیر، پوسته آن جدا می شود. از جمله مصارف جو دو سر تهیه فرآورده های با قابلیت پخت سریع است و بدین منظور دانه ها تکه تکه شده و پس از بخاردهی، بصورت ورقه و پولک درمی آیند. هدف از بخار دهی، افزایش قابلیت انعطاف و تکه ها و کاهش شکنندگی آنها و نیز غیر فعال کردن آنزیم های عامل تند شدن، می باشد. پس از آنکه تکه های دانه بصورت ورقه در آمد، آنها را در هوای آزاد، خشک نموده و در بسته های موسوم به *breather-type* بسته بندی می کنند. هدف از بسته بندی در این نوع بسته ها، دادن ورود هوا به دورن بسته ها و خارج کردن بوی تند حاصل از فعالیت باقیمانده، آنزیم های لیپولیتیک است.



شکل ۴۱- پوست گیر جو دو سر

## فرآوری جو

### جونیم کوب (Pearled barley)

مقدار جو مصرفی برای تهیه نیم کوب در مقایسه با استفاده از آن برای تهیه مالت بسیار ناچیز است. از آنجا که پوسته اولیه به بصورت کاملاً محکم به پریکارپ چسبیده است پوست گیری از جو بسیار مشکل بوده و غالباً با استفاده از سطوح ساینده، لایه های خارجی را جدا نموده، از آن در تهیه انواع سوپ استفاده می کنند.

#### تهیه مالت از جو

غالباً از جو برای تهیه مالت استفاده می شود هر چند قابل توجهی گندم و چاودار، و در بعضی نقاط آفریقا، سورگوم هم بدین منظور اختصاص می یابد. دلایل چندی، باعث انتخاب جو بعنوان ماده اولیه مناسب جهت تهیه مالت بشمار می آیند که از جمله آنها وجود فراران آنزیمها، ارزان بودن و بالاخره نقش محافظتی hull از دانه جوانه و اثری که بعنوان کمک فیلتر دارد، را می توان نام برد. فرآیند تهیه مالت، بزبان ساده عبارتست از جوانه زدن دانه تحت شرایط کنترل شده و سپس خشک کردن آن. هدف از انجام این کار، تهیه محصولی با فعالیت آنزیمی بالا و عطر و بوی خاص می باشد. دانه هائی که برای این فرآیند انتخاب می شوند باید سالم و با قدرت جوانه زنی خوب و عاری از مواد خارجی باشند. از مشکلاتی که در ارتباط با تهیه مالت مطرح است. مسئله خواب دانه یا dormancy است. دانه های که در چنین شرایطی باشند، جوانه نخواهند زد. خوشبختانه در عرض چند هفته پس از برداشت محصول خواب دانه از بین می رود، هر چند گاهی مشکل عمده، فقدان این خواب و در نتیجه جوانه زنی پیش از موعد دانه خواهد بود. بهر حال در صورتی که بلافاصله پس از برداشت جو اقدام به تهیه مالت شود، عصاره حاصله حاوی مقادیر کمی مواد جامد محلول و نیز پروتئین محلول بوده، ظاهر کدری دارد. حداقل زمان لازم برای تهیه مالت از جو، پس برداشت آن، سه ماه می باشد. طی این مدت، فرآیندهای بیوشیمیایی درون جو باعث می شوند که محصول وضعیت کیفی بهتری را پیدا کند. به این دوره اصطلاحاً after-ripening گفته می شود. این پدیده منحصر به جو نبوده و در سایر غلات هم دیده می

شود. بعنوان مثال، برنج مسن شده، مواد جامد کمتری را در حین جوشیدن از دست می دهد و ضمناً افزایش حجم بیشتری پیدا می کند و یا در گندم که در ابتدای فصل برداشت، تهیه نان از آن منجر به بروز مشکلاتی برای نانوایان خواهد شد و معمولاً پس از ۲ الی ۳ ماه این مشکل برطرف می گردد.

## فرآیند تولید مالت

فرآیند تهیه مالت با تمیز کردن دانه های جو آغاز شده و دانه های شکسته و خارجی جدا می شوند. در مرحله بعد، دانه ها به سه دسته تقسیم می شوند: نازک، فربه و بسیار فربه. دانه های نازک به مصرف خوراک دام رسیده و از دو نوع بعد برای تهیه مالت استفاده می گردد. تهیه مالت شامل مراحل مختلفی است.

### خیساندن

در این مرحله، دانه های جو در آب خیسانده شده و تا زمانی این مرحله ادامه می یابد که رطوبت دانه ها به ۴۰-۴۲ درصد برسد. نکته بسیار مهم آن است رطوبت حتماً تا مرکز دانه ها نفوذ نماید. این مرحله معمولاً بدلیل سرعت کم نفوذ به درون دانه ها، خصوصاً در انواع فربه، طولانی است. از دیگر عوامل موثر بر مدت زمان خیساندن، درجه حرارت آب است. در صورتی که خیساندن به میزان کمتر از حد مورد نیاز و یا بیشتر از حد لازم، انجام گیرد، مشکلاتی بروز می نمایند. در حالت اول راندمان محصول کاهش یافته و در حالت دوم ضمن به تاخیر افتادن شروع جوانه زنی، امکان رشد کپک ها و مخمرها و در نتیجه تولید بوهای نامطبوع، فراهم می شود. در این زمینه راه حل هایی نیز وجود دارد که از آن جمله تکان دادن گاه مخزن، هوادهی (بمنظور خارج نمودن گاز CO<sub>2</sub>)، تنظیم pH، تعویض مداوم و یا هر چند یکبار آب را می توان نام برد.

### جوانه زدن

بعد از آنکه دانه ها، به مقدار کافی آب جذب نمود، آنها را از آب خارج نموده و بر روی بسترهایی قرار می دهند تا جوانه بزنند. از نظر فیزیولوژیک، جوانه زدن فرآیندی است که طی آن گیاه جدیدی، شروع به شکل گیری می نماید (شکل ۴۲).



شکل ۴۲- جوانه زنی دانه

دانه معمولاً طی ۴ الی ۵ روز جوانه می زند. در طول این مدت، هوای مرطوب از میان بستر دانه ها عبور داده می شود. درجه حرارت در حد ۱۶-۱۲ درجه سانتیگراد تنظیم شده و بستر دانه ها بصورت مرطوب نگهداشته می شود. مقدار آب مصرفی در این دوره یک گالن برای هر پوشش جو است. بمنظور کنترل شرایط، جوانه زنی، از عواملی مانند میزان رطوبت دانه ، درجه حرارت دانه و مقدار هوای مرطوب که از میان دانه ها عبور می کند، می توان نام برد. هدف از این کنترل ، به حداقل رساندن رشد جوانه که مترادف با بیشترین فعالیت آنزیمی است، می باشد. پایان این مرحله زمانی است که طول جوانه به حدود  $\frac{1}{3}$  طول دانه برسد.

حرارت دهی و خشک کردن و پختن (*kilning*)

بعد از آنکه دانه، جوانه زد، مالت حاصله دارای ۴۵ درصد رطوبت است. بمنظور افزایش قابلیت نگهداری و نیز دانه ایجاد عطر و طعم خاص مالت در آن، فرآیند حرارت دهی و خشک کردن انجام می گیرد. به هنگام جوانه زنی دانه ، آنزیم های بسیاری فعال می شوند که فقط دو مورد آنها آلفا و بتا آمیلاز هستند و آنزیمهای مهم دیگری هم در این دوره، فعال می گردند. از آنجا که آنزیمها به حرارت حساس هستند، در خشک کردن باید دقت کافی بعمل آورد. این حساسیت خصوصاً هنگامی که رطوبت زیاد باشد محسوس تر است. غالباً از رابطه میان پروتئین محلول و درجه حرارت برای بیان اثر درجه حرارت بر آنزیمها استفاده می

شود و از این رو برای حفاظت از آنزیمها، لازم است که از درجه حرارت های پایین استفاده نمود. بعد از آنکه از مقدار رطوبت کاسته شد، می توان درجه حرارت را تا حدی که واکنش های قهوه ای شدن انجام گیرند، بالا برد. در هر حال باید توجه نمود که بین فعالیت آنزیم و عطر و طعم در مالت رابطه عکس برقرار است. می توان، مالت تولیدی را با استفاده از گاز دی اکسید سولفور نیز بیرنگ نمود. ضمن آنکه این گاز مقدار پروتئین های محلول و فعالیت پروتئولیتیک آنزیمها را نیز افزایش می دهد. مصرف مهم مالت تولید شده، تهیه عصاره از آن است که پس از صاف و پاستوریزه شدن در درون بطری و یا قوطی پر می گردد. همچنین از مالت در تهیه نان بعنوان آنزیمی و یا تولید کننده عطر و طعم استفاده می شود.

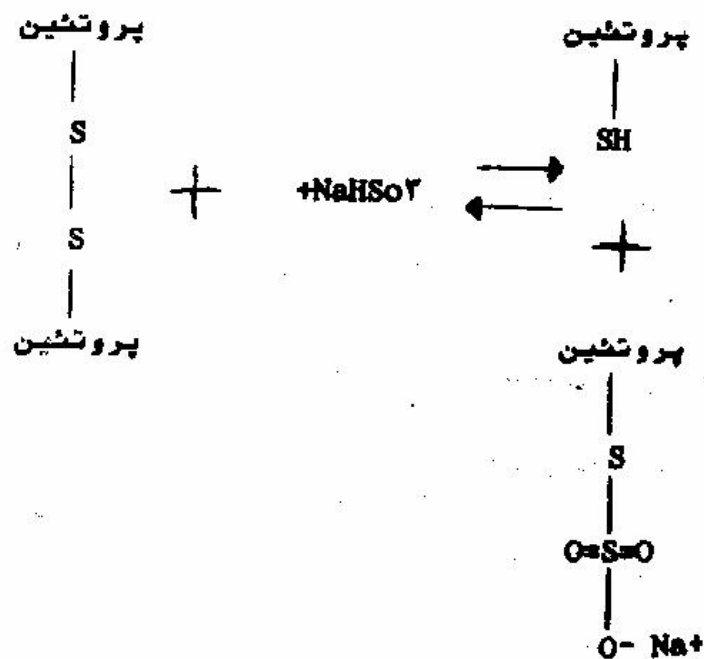
### فرآوری ذرت

بعد از تمیز کردن دانه های ذرت، آنها را در مخازن حاوی آب می خیسانند. آب حاوی ۰/۱ تا ۰/۲ درصد دی اکسید سولفور بوده و درجه حرارت آن در حد ۵۲-۴۸ درجه سانتیگراد کنترل می گردد. زمان انجام مرحله بین ۳۰ تا ۵۰ ساعت می باشد. در پایان این مرحله، رطوبت دانه به حدود ۴۵ درصد رسیده و در نتیجه کافی نرم خواهد شد بگونه ای که با فشردن دانه براحتی له می شود. در ضمن فرآیند خیساندن در حدود ۶ درصد وزن دانه بصورت محلول در آب در می آید. در صنعت، دی اکسید سولفور را معمولاً از طریق سوزاندن گوگرد تهیه می کنند.

اهدافی که از افزودن گاز دنبال می شوند عبارتند از:

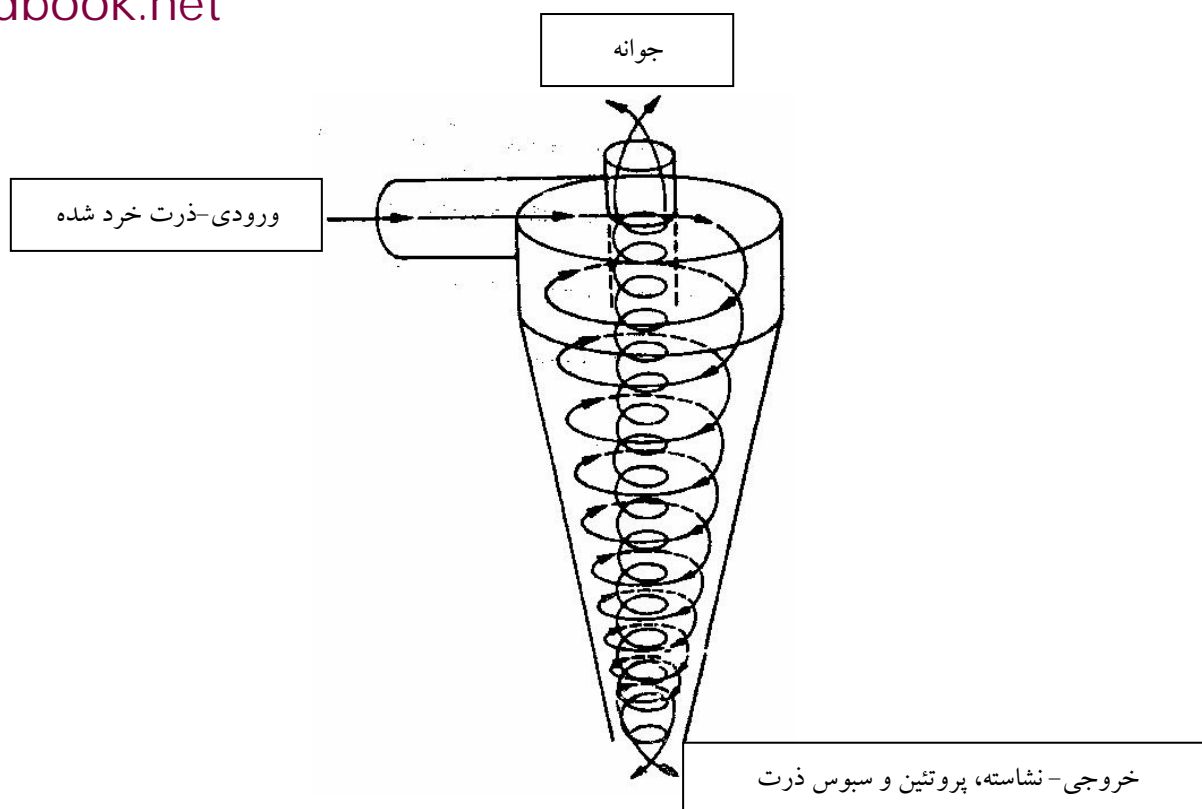
- ۱- کمک به توقف میکرو ارگانیزم مضر
- ۲- یون بی سولفیت با پیوندهای دی سولفید موجود در ماتریکس پروتئین های ذرت واکنش ایجاد نموده و با کاهش وزن مولکول پروتئین مولکول، باعث می شود که آنها خاصیت آبدوستی بیشتری پیدا نموده و حلالیتشان افزایش یابد. (شکل ۴۳). بدین ترتیب آزاد شدن نشاسته از ماتریکس راحت تر انجام گرفته و راندمان استخراج بیشتر می شود.





شکل ۴۳- نحوه اثر ترکیبات گوگردی احیا کننده بر پروتئین ذرت

در مرحله خیساندن، مقدار اکسید سولفور موجود در آب بدلیل واکنش یون بی سولفیت رو به نقصان می نهد. در صورتیکه بهنگام خشک کردن ذرت از درجه حرارت های بالا استفاده شده باشد از مقدار پروتئین های محلول کاسته می شود و بدین ترتیب عملیات جدا سازی براحتی انجام پذیر نیست. بعد از پایان این مرحله، دانه های نرم ذرت توسط آسیاب خراش دهنده به ذرات درشت تبدیل می شوند. هدف از انجام این عمل، آزاد سازی جوانه بدون آسیب دیدن و یا خرد شدن آن می باشد. در مرحله خیساندن دانه ذرت، جوانه آن، متورم شده و حالت لاستیکی را پیدا نموده است. برای جدا نمودن جوانه فوق از سایر قسمت های دانه، معمولاً از نوعی سیکلون موسوم به هیدروسیکلون استفاده می گردد (شکل ۴۴). در این وسیله، جدا سازی براساس وزن مخصوص صورت می گیرد. جوانه بدلیل آنکه حاوی روغن است، دانسیته کمتری دارد. پس از جدا سازی، جوانه را خشک نموده و جهت استحصال روغن به کاخانجات روغن کشی می فرستد. بعد از جدا نمودن جوانه، مابقی مواد از الک عبور داده می شوند.



شکل ۴۴- هیدروسیکلون جدا سازی جوانه ذرت

ذرات درشت مجدداً آسیاب شده تا بدین ترتیب نشاسته، پروتئین و سبوس از یکدیگر کاملاً جدا شوند. پس از جدا سازی سبوس، با توجه به اینکه نشاسته سنگین تر از پروتئین است می توان این دو را هم با کمک سانتریفوژهای مداوم و یا هیدروسیکلون از یکدیگر جدا نمود. نشاسته حاصله هنوز دارای مقادیری پروتئین به همراه خود می باشد و بنابراین برای خالص نمودن آن از چندین سانتریفوژ و یا هیدروسیکلون استفاده می شود. نشاسته ای که این مراحل را پشت سر گذارد، حاوی کمتر از ۰/۳ درصد پروتئین خواهد بود و بلافاصله وارد قسمت خشک کن می شود. معمولاً برای خشک کردن نشاسته از خشک کن های سریع استفاده می گردد بدین سبب که نشاسته آبرگیری شده سریعاً وارد جریانی از هوای داغ می شود بگونه ای که گرانول ها سریعاً خشک شده و سپس جمع آوری می شوند. به فرآوری ذرت به روش ذکر شده، اصطلاحاً آسیاب مرطوب یا wet milling می گویند که در مقابل آسیاب خشک یا dry milling مطرح است. آسیاب نوع دوم هدف جدا سازی قسمتهای بوتانیکی دانه از یکدیگر است، در حالیکه در آسیاب مرطوب عملیات جدا سازی بخش ها و اجزاء شیمیایی نیز انجام می شود. با استفاده از روش آسیاب مرطوب از گندم نیز می توان نشاسته و گلوتن تهیه نمود.

بدین منظور از آرد گندم با کیفیت پایین استفاده می شود و با تهیه یک خمیر سفت و شستشوی آن، نشاسته را از گلوتن جدا می نمایند. در ارتباط با آسیاب مرطوب گندم دی اکسید سولفور بکار گرفته نمی شود زیرا باعث کم ارزش شدن گلوتن گندم خواهد شد. در صورت استفاده از برنج برای تهیه نشاسته، خرده و یا آرد برنج را ابتدا باید در محلول ۰/۳ درصد هیدروکسید سدیم خیساند تا پروتئین های آن به صورت محلول در آیند و سپس به کمک سانتریفوژ، نشاسته آن را جدا نمود.

### *Tortilla*

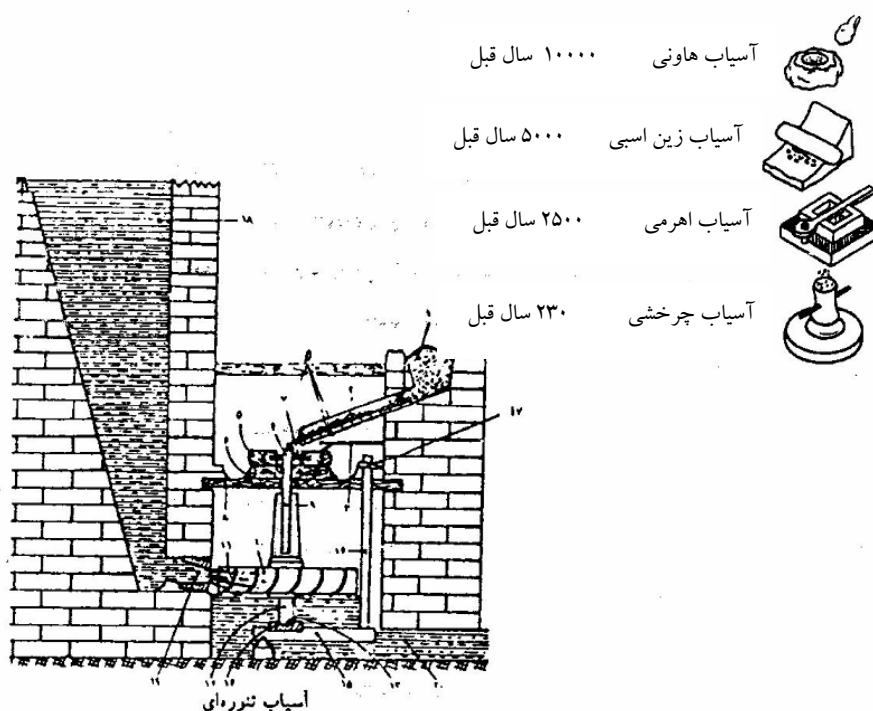
این دسته از محصولات بیشتر در کشورهای آمریکای لاتین و از ذرت تهیه می شوند. در ابتدا ذرت تبدیل به masa می گردد، به این ترتیب که ذرت در حضور هیدروکسید کلسیم ۰/۵ درصد تا رسیدن به دمای  $82^{\circ}\text{C}$  به مدت یکساعت حرارت داده می شود. سپس آن را به آرامی و یک شب تا صبح (over night) خنک می نمایند به این ترتیب محصولی بدست می آید که به آن nixtamal گفته می شود که در مرحله بعد توسط دست یا دستگاه آسیاب می گردد. در این حالت محصول آسیاب شده حاوی حدود ۵۵ درصد رطوبت است و نوعی خمیر که تا حدودی دارای قوام است را تشکیل می دهد. در حین حرارت دیدن نشاسته چندان ژلاتینه نمی شود زیرا آب به مقدار کافی در اختیار آن قرار نمی گیرد و اصولاً دانه بسیار سخت بوده و رسیدن رطوبت به مرکز آن مستلزم زمانهای غوطه وری طولانی است. هیدروکسید کلسیم به دو دلیل به محصول اضافه می شود، اول آنکه نوعی عطر و طعم خاص در آن بوجود می آورد و دوم تضعیف لایه های خارجی پریکارپ دانه ذرت می باشد که بعد از پخت دانه این پوسته براحتی توسط دست و با شستشو خارج می گردد. بعد از آسیاب nixtamal آنچه حاصل خواهد شد masa نام دارد که می توان آن را با پرس فشرده نموده تا tortilla بدست آید و سپس پخته می شود. می توان masa را با دستگاه اکسترودر بصورت قطعات کوچک در آورده و سپس در روغن سرخ نمود تا corn chips بدست آید.

## فصل ششم

## فرآیند تهیه آرد از گندم

آسیاب کار افزاری است که از آن برای آرد نمودن غلات خصوصاً گندم استفاده می شود. این واژه ماخوذ از آس و آب می باشد که جزء آس در زبانهای قدیم ایرانی به معنی سنگ بوده است. از نظر تاریخچه، نخستین آسیای مورد استفاده انسان، دو سنگ ناسفته، یکی برآمده و دیگری فرو رفته، شبیه هاون، بوده است که برخی قدمت آن را تا ۷۵ هزار سال ذکر نموده اند. بعدها انواع دیگر آسیا شامل آسیاهای زمینی، آسیای دستی یا دستاس، آسیای ستوری، آسیای بادی، آسیای آبی که خود شامل آسیاب های تنوره ای، ناوی و چرخ می شوند، ابداع گردید. در شکل ۴۵، آسیاب آبی تنوره ای و اجزاء آن همراه با چند نوع آسیاب اولیه دیده می

شوند.



شکل ۴۵- آسیاب آبی تنوره ای و اجزاء آن همراه با چند نوع آسیاب اولیه

با پیشرفت تکنولوژی، هم اکنون سه نوع آسیاب در جهان متداول می باشد که به ترتیب قدمت شامل آسیاب های سنگی، آسیاب چکشی و آسیاب غلطکی یا والسی می شوند. پیشرفته ترین و رایج ترین نوع آسیاب، آسیاب والسی است که اصول و مراحل آرد سازی در آن تشریح می شود.

## مراحل تولید آرد در آسیای غلطکی

این مراحل شامل گزینش و انتخاب گندم، بوجاری، واجد شرایط کردن، شکستن دانه، الک کردن، جدا سازی، خرد کردن و در نهایت بسته بندی و ذخیره سازی می شود.

### الف- انتخاب گندم

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

### ب- بوجاری گندم

گندم ممکن است در بدو ورود به کارخانه تهیه آرد، دارای ناخالصی های زیادی باشد که معمولاً این خالصی ها طی مراحل مختلف بوجاری، جدا می شوند. اولین گام، ورود گندم به دستگاه بوجاری اولیه است که دارای دو ردیف غربال فلزی است که یکی ذرات درشت تر از گندم و دیگری ریزتر را جدا می نمایند. پس از آن گندم وارد دستگاه های سنگ گیر، شن گیر، جدا کننده صفحه ای، جدا کننده استوانه ای و آهن ربا می شود تا در نهایت گندمی نسبتاً تمیز بدست آید. از دستگاه gravity seperator هم استفاده می گردد.

### ج- واجد شرایط کردن گندم

در این مرحله، آب به مقدار کنترل شده و به منظور نیل به اهداف ذیل به گندم افزوده می گردد:

۱- ایجاد حالت نیمه پلاستیکی در پوسته بگونه ای که در مقابل پودر شدن مقاومت نماید (پوسته پودر شده را در هیچ مرحله ای نمی توان از آرد جدا نمود).

۲- تسهیل در جدا سازی فیزیکی اندوسپرم از پوسته (سبوس)

۳- مرطوب نمودن اندوسپرم بطوری که براحتی تبدیل به آرد شود.

۴- اطمینان از اینکه تمامی موادی که آسیاب را ترک می کنند، بهمین شرایط برای ورود به غربال ها را دارند.

۵- اطمینان از اینکه در ضمن خرد کردن گندم مقدار مناسبی از گرانول های صدمه دیده نشاسته ایجاد می شود.

در تعیین میزان رطوبت مناسب برای واجد شرایط شدن دانه گندم عوامل ذیل دخالت دارند:

۱- نوع گندم

۲- رطوبت گندم: رطوبت مناسب برای گندم های سخت ۱۵ تا ۱۶ درصد و برای گندم نرم ۱۴ تا ۱۵٪ است.

۳- درصد استحصال: برای تهیه آردهای با درصد استحصال بالاتر به آب کمتری احتیاج می باشد.

(درصد استحصال، نسبت وزنی تولید شده به گندم بوجاری شده است).

برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز می توان از فرمول ذیل استفاده نمود:

$$X = (D_1 / D_2 - 1) \times W_1$$

$D_1$ : درصد ماده خشک در نمونه اولیه

$D_2$ : درصد ماده خشک در نمونه نهایی

$W_1$ : وزن نمونه اولیه

$X$ : مقدار آب مورد نیاز

مثال: مقدار گندم که وارد آسیاب می شود، جریانی برابر با ۲۳۰ کیلوگرم در هر دقیقه دارد. چقدر آب باید به

آن اضافه شود تا میزان رطوبت از ۱۱ درصد به ۱۵/۶ درصد برسد؟

$$D_1 = 100 - 11 = 89 \quad \text{درصد ماده خشک اولیه}$$

$$D_2 = 100 - 15/6 = 84/6 \quad \text{درصد ماده خشک نهایی}$$

آب افزوده شده که ممکن است بصورت سرد باشد که به عملیات اصطلاحاً tempering می گویند و یا آنکه

گرم باشد که به آن conditioning گفته می شود. در ارتباط با نحوه نفوذ آب به درون دانه باید گفت که بر سر

راه نفوذ آب در لایه های پوسته هیچ گونه مانعی وجود ندارد. اما، لایه خارجی اندوسپرم و خصوصاً اندوسپرم و

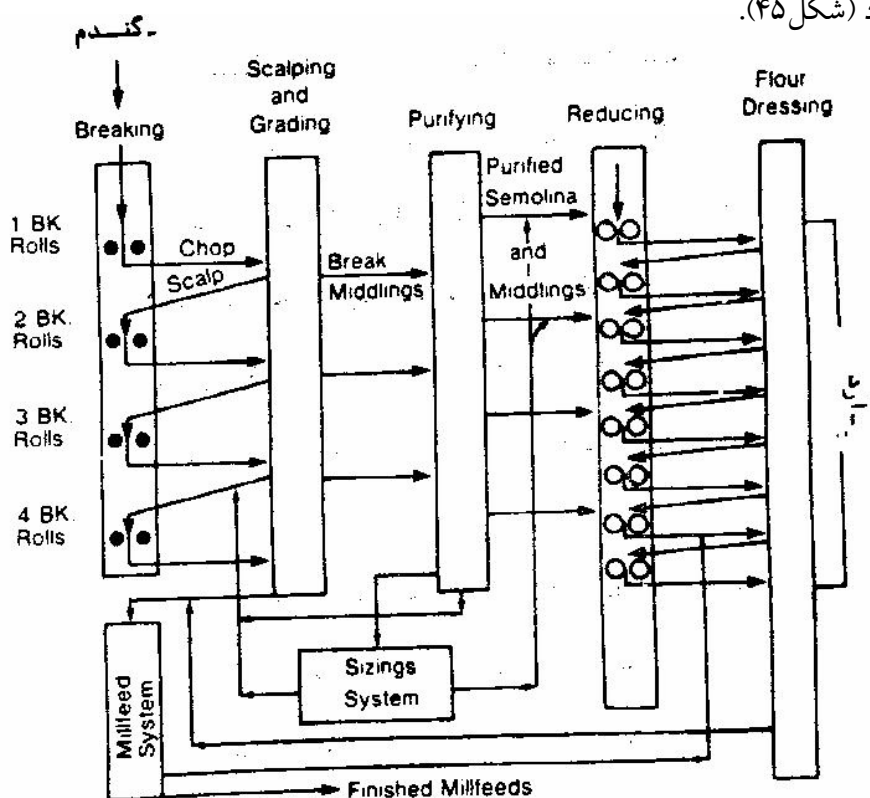
خصوصاً آن دسته از سلولهای که در زیر آلورون هستند، به عنوان یک منطقه کنترل کننده سرعت آب دریافتی

عمل می نمایند. مدت زمان لازم برای توزیع یکنواخت رطوبت در دانه رطوبت در دانه متفاوت بوده و برای گندم های نرم و کم پروتئین ۶ ساعت و برای گندم های سخت و شفاف و پر پروتئین بیش از ۲۴ ساعت است. در صورت استفاده از آب گرم یا بخار آب، بخشی از گلوتن دناتوره می شود. چنین گلوتنی، قابلیت کشش خود را تا حدی از دست خواهد داد.

آسیاب گندم توسط سیستم والسی

اصول آسیاب گندم در روش فوق را بصورت هفت سیستم که هر یک و ظایف خاصی را دارند می

توان تشریح نمود (شکل ۴۵).



شکل ۴۵- مراحل مختلف آسیاب گندم (سیستم های آسیاب والسی)

هفت سیستم به ترتیب عبارتند از:

### 1-Break system

گندم تمیز وارد اولین ماشین آسیاب و نخستین غلطک های خردکن می شود. این غلطک ها دارای

شیار بوده و نیروئی را به دانه اعمال می نمایند. ماده خرد شده که غلطک را ترک می نماید، break chop نامیده

می شود و وارد غربال ها می گردد. در این قسمت غربال ها، ذرات را براساس اندازه از یکدیگر جدا می نمایند. بزرگترین ذرات یا scalp شامل اندوسپرم و مقداری سبوس چسبیده به آن است. این ذرات وارد break roll دوم می شوند که آن هم شیاردار است اما شیارها ریزتر هستند و بعد وارد غربال های دوم می گردد و مجدداً غربال می شود. بدین ترتیب و در طی مراحل متوالی، اندوسپرم بیشتری از سبوس جدا می شود.

### 2-Grading system

در ضمن عمل غربال ها، ذرات بدو دسته عمدتاً تقسیم می شوند. بخشی که اندازه بزرگتر از ذرات آرد دارد و به آن break middling می گویند و بخشی از اندوسپرم که تحت تاثیر عمل غلطک های خرد کننده، به صورت آرد در آمده و اصطلاحاً به آن break flour می گویند.

### 3-Purification system

break middling، مخلوطی از اندوسپرم خالص، اندوسپرم همراه با ذرات سبوس چسبیده به آن و به سبوس است. هدف از انجام این مرحله، تفکیک قسمتهای مختلف این مخلوط از یکدیگر است. بدین ترتیب سبوس از اندوسپرم همراه با ذرات سبوس چسبیده به آن و سبوس است. هدف از انجام این مرحله تفکیک قسمتهای مختلف این مخلوط از یکدیگر است. بدین ترتیب سبوس از اندوسپرم (به بدلیل درشتی به semolina معروف است) جدا شده و اندوسپرم وارد سیستم reduction می گردد. اندوسپرم هر چه خالص تر گردد هنگامی که وارد سیستم reduction شود، آرد روشتر و سفیدتری بدست خواهد آمد. با بکارگیری جریان بار کنترل شده و غربال های مناسب، می توان به نحوی مناسب و مطلوب puifier را تنظیم نمود تا سبوس از middling جدا شود.

### 4-Sizing system

این قسمت را می توان یک re- break یا mini break نامید که در آن گرانول ها، و ذرات درشت سمولینا با سبوس متصل به آن که حاصل فعالیت purification system است مجدداً آسیاب می شوند. هدف عمده از انجام این مرحله، خراشیدن و تراشیدن این نوع ذرات بمنظور آزاد سازی اندوسپرم و تفکیک از سبوس



متصل به آن است. این عمل با خرد کردن ذرات روی غلطک های شیار دار چهارم انجام شده تا به این ترتیب ذرات درشت تر جدا شوند. آنچه جدا شده ممکن است هنوز دارای سبوس متصل به اندوسپرم باشد که باز توسط purification system جدا می شود. ولی اگر کاملاً خالص باشد به reduction system منتقل می گردد.

#### 5-Reduction system

در این سیستم ، سمولینا و middling خالص بتدریج توسط غلطک های نسبتاً صاف کاهش اندازه پیدا کرده و تبدیل به ذرات آرد می شوند. این عمل ۷ تا ۸ بار تکرار می شود و پس از هر بار خرد کردن، آرد توسط غربال هائی جدا می شود. مقدار کمی مواد نرم، پس از آخرین مرحله reduction بر روی غربال ها باقی می ماند. این مواد همراه با مواد سبوس دار حاصل از کار purifier تشکیل یک جریان را می دهند. محصول جانبی و درشت حاصل از کار break system را اصطلاحاً bran می گویند. مواد سبوس دار ریز حاصل از سیستم های break و purification و reduction را نیز اصطلاحاً shorts می نامند. در هر مرحله از آسیاب، مقداری آرد بدست می آید. در تصویر شماتیک شماره ۴۵، چهار جریان آرد از قسمت break و ۸ جریان آرد از قسمت reduction بدست می آیند.

#### 6-Flour dressing system

در صورتیکه تمامی این جریانها با هم مخلوط شود flour، run، straight بدست می آید و اگر به نسبتهای مختلفی با هم مخلوط شده، تولید split run flour را نمایندند. در سیستم Flour dressing system آرد روی غربال هائی که با پارچه های نایلونی یا ابریشمی پوشیده شده اند انجام می گیرد. آنچه که اندازه ذرات آن آنقدر ریز باشند که از الک های با پارچه های بسیار ریز عبور نماید، آرد نامید می شود.

#### 7-Millfeed system

محصولات جانبی آسیاب آرد گندم که اصطلاحاً millfeed نامیده می شود شامل سبوس، shorts، جوانه هستند. سبوس درشت است و محصولات پولک مانند می باشد که از اندوسپرم جدا شده است. shorts ذرات سبوس ریزتر است. علاوه بر سبوس های درشت و ریز millfeed شامل مجموعه از مواد خارجی است

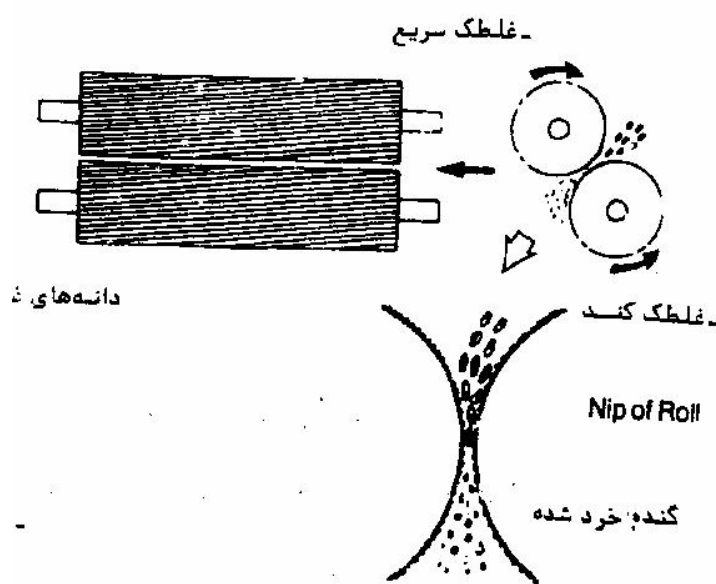
که اصطلاحاً به آنها screening می گویند. این مواد شامل هر چیز خارجی به جزء فلزات ، سنگها، کلوخه و دانه های سمی و خطرناک (ارگوت) هستند.

## ماشین های آسیاب

غلطک ها (والس ها)

گندم پس از واجد شرایط شدن به سوی ردیف غلطک های شکننده حرکت می کند. هر ردیف والس

از یک ردیف غلطک تشکیل شده که در جهت مخالف یکدیگر می چرخند (شکل ۴۶).

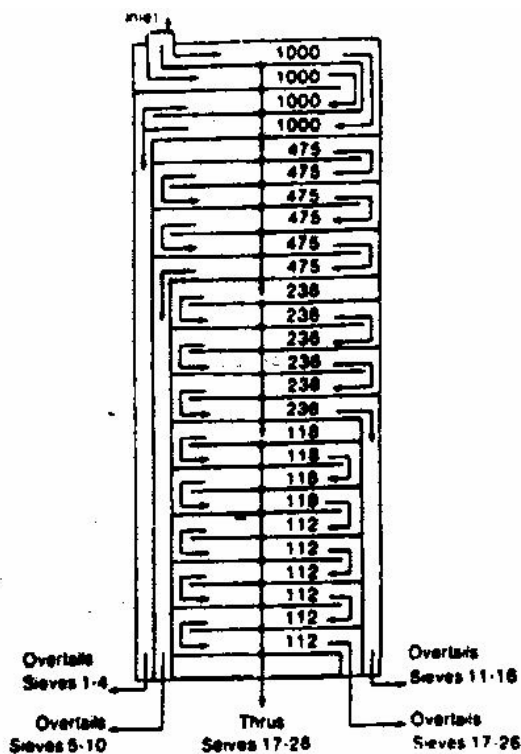


شکل ۴۶- غلطک های آسیاب والسی و نحوه کار آنها

هر غلطک دارای ۶۰ تا ۷۵ سانتیمتر طول و ۲۳ سانتی متر قطر بوده و از جنس فولاد می باشند. سطح آنها دارای شیارهای مورب است که تعداد آنها در غلطک های اولیه کم و به تدریج بیشتر می شود بگونه ای که در اولین ردیف غلطکها ۴ تا ۵ شیار در هر سانتی متر و در غلطک های چهارم یا پنجم، ۱۱ تا ۱۳ شیار در هر سانتی متر وجود دارند. اختلاف سرعت دو غلطک ۲/۵ به ۱ است و سرعت غلطک کندتر حدود ۲۰۰ دور در دقیقه می باشد و با یکدیگر زاویه ۴۵ درجه می سازند. غلطک های کاهنده (reduction roll) عموماً دارای سطوح صاف هستند و هدف از بکار گیری آنها، کاستن از اندازه middlings و تبدیل آنها به آرد نرم می باشد

## غربال ها

هر غربال (Sifter) از تعداد زیادی لایه به صورت مکعب و در درون یک قاب تشکیل شده دارای حرکت لرزشی است. غربال ها با پارچه ها ابریشمین یا نایلونی پوشیده شده اند و از اطراف محکم به قاب متصل هستند. در شکل شماره ۴۷ بصورت شماتیک یک غربال با ۲۶ لایه دیده می شود که می تواند chop، حاصل از یک break Roll را به ۵ قسمت تقسیم نماید.



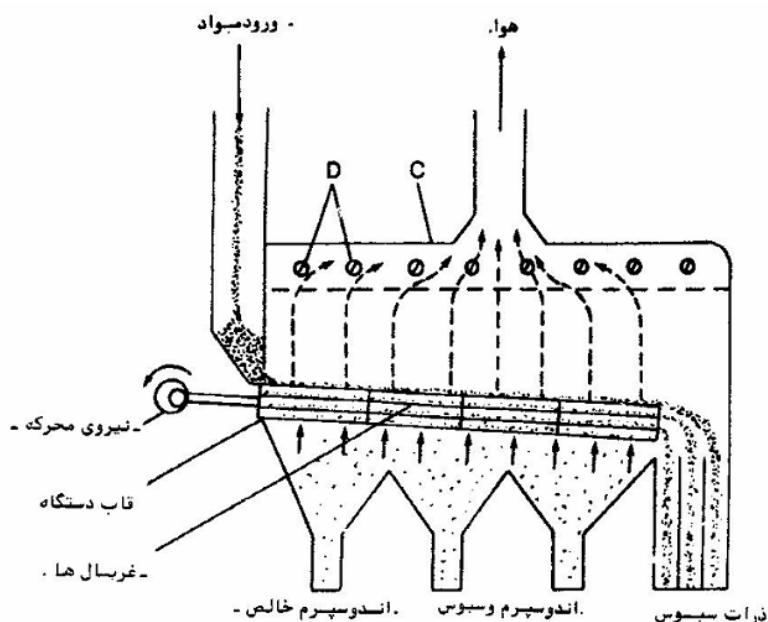
شکل ۴۷- غربال های چند لایه و طرز عمل آنها (اعداد نشان دهنده اندازه چشمه ها است)

بعنوان مثال لایه های فوقانی دارای  $1000 \mu\text{m}$  عبور نموده اند از روی غربالها به درون یک کانال عمودی فرو افتاده و توسط یک sleeve قابل انعطاف از غربال خارج می شوند. به همین ترتیب این فرآیند ادامه می یابد تا آنکه چندین خروجی بدست آید. عکس این عمل هم قابل انجام است یعنی ابتدا لایه های با مش کم را بالا قرار داد و بدین ترتیب فقط دو جریان بدست می آید. در فواصل معین غربال ها بازدید و تمیز شوند. علیرغم خاصیت تمیز کنندگی گلوله های موجود در روی غربال گاهی چشمه ها مسدود می شوند (توسط ذرات آرد و یا ییاف

ریز) و بدین ترتیب راندمان کاهش می یابد و بنابراین برس زدن پوشش ها و تعمیر سوراخهای احتمالی ناشی از پاره شدن ضروری است.

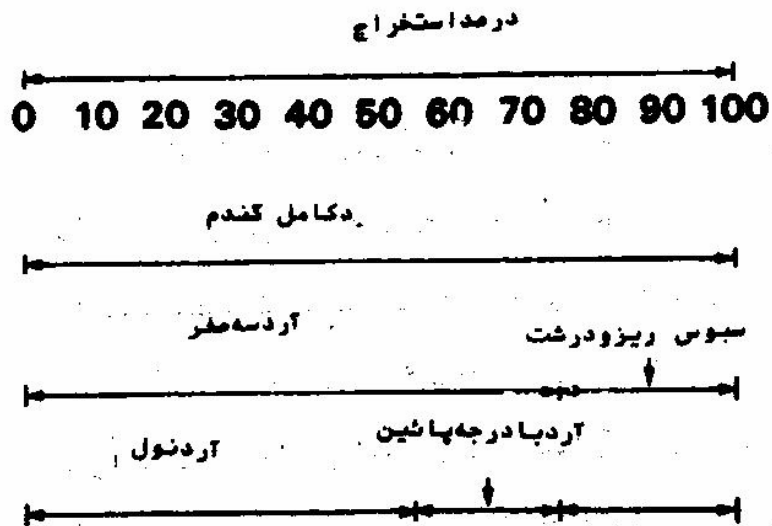
تفکیک کننده (خالص کننده)

این دستگاه (purifier) یک غربال شیب دار است که قطر چشمه های آن از ابتدا بتدریج بزرگتر می شود (شکل ۴۸). غربال دائماً در حال لرزش است و جریانی از هوا بر فراز غربال حرکت می کند و باعث می شود که ذرات در چند دسته طبقه بندی می شوند، بشکلی که ذرات سبک سبوس جریان توسط جریان هوا گرفته شده و تکه های اندوسپرم ضمن دسته بندی به غلطک های خرد کننده فرستاده می شوند.

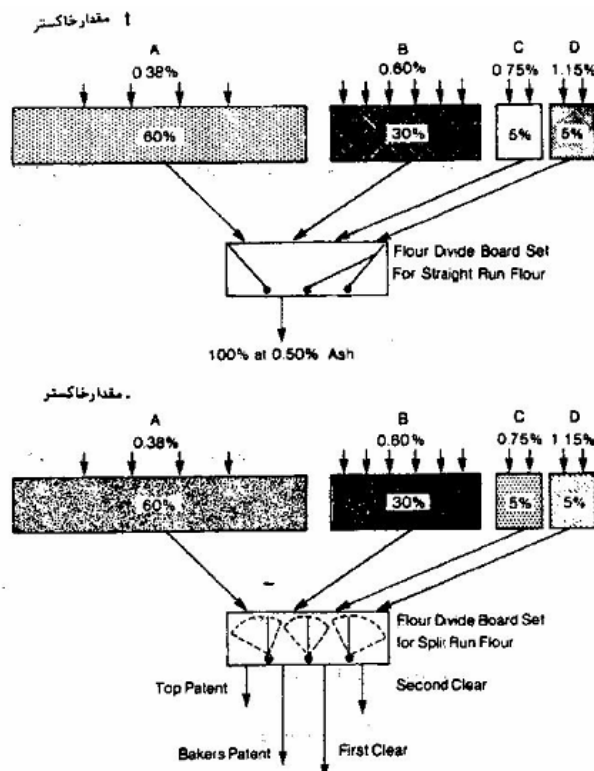


شکل ۴۸- تفکیک کننده یا خالص کننده ذرات

برحسب اینکه چه مقدار از سبوس (پوسته) از سایر قسمتها جدا شده است، درصدهای استخراج متفاوتی بدست می آیند. در شکل شماره ۴۹ چند نوع آرد با درصدهای استحصال مختلف دیده می شوند. طرز عمل این روش را می توان بسادگی چنین توضیح داد که که ابتدا انواع آرد با مقادیر مختلف خاکستر انتخاب می شوند و سپس بر حسب مورد آنها را طی جریانهای A تا D با یکدیگر مخلوط می نمایند. بدین ترتیب انواع آرد، از کامل تا سفید بدست می آید. شکل شماره ۵۰ نحوه تهیه انواع آرد را نشان می دهد.



شکل ۴۹- درصد استخراج یا استحصال آرد



شکل ۵۰- نحوه اختلاط جریانهای مختلف آرد حاصل از آسیاب گندم

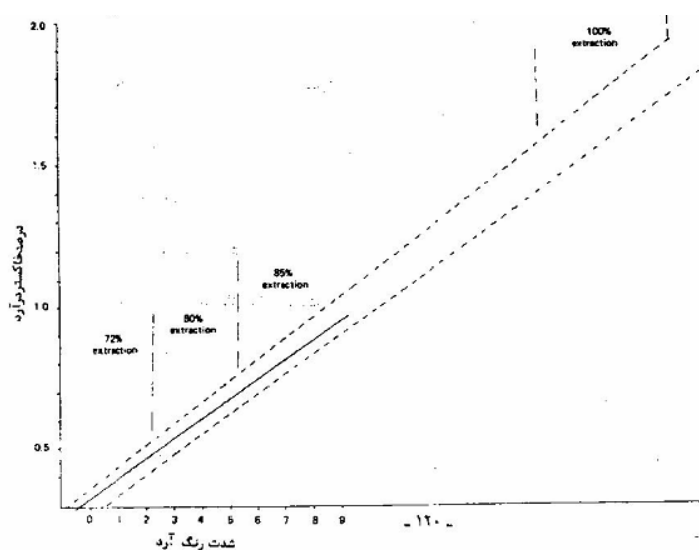
از دیگر محصولات آسیاب غلطکی millfeed یعنی سبوس Shorts هستند. سبوس ۱۱ درصد و shorts

۱۵ درصد از کل محصول را تشکیل می دهند. مقدار جوانه بازیابی شده می شود در حدود ۰/۵ درصد است.

برای بدست آوردن درصد استخراج از روشهای مختلفی استفاده می شود که بستگی گندم ورودی به آسیاب دارند.

#### مقدار خاکستر

یک دانه گندم در حدود ۱/۵ درصد خاکستر دارد که بطور یکنواخت در دانه توزیع نشده است. اندوسپرم تنها حاوی ۰/۳ درصد خاکستر است، در حالیکه سبوس دارای ۶ درصد خاکستر می باشد. و بنابراین خاکستر موجود در آرد، شاخص خوبی برای تعیین مقدار سبوس در آرد بشمار می آید (شکل ۵۱).



شکل ۵۱-رابطه میان درصد استخراج، رنگ و خاکستر آرد

#### ترکیب آرد و ایجاد تغییرات در آن

هر چه ذرات آرد ریزتر باشند، مقادیر بیشتری پروتئین بوده و یا گرانول های کوچک نشاسته بصورت متصل با پروتئین دیده می شوند. همگام با افزایش اندازه ذرات، سهم گرانول های عاری از پروتئین نشاسته، رو به افزایش می گذارد. بعضی ذرات بزرگ دارای مقادیر زیادی نشاسته هستند که توسط ماتریکس پروتئین احاطه شده اند، به همان شکلی که در اندوسپرم سالم دیده می شود و بنابراین مقدار پروتئین در این قسمتها با مقدار پروتئین کل آرد اولیه برابر است. از این رو می توان با جدا سازی ذرات آرد از نظر اندازه توسط غربال های

مناسب، انواع آرد پر پروتئین (اندازه ذرات کوچکتر از ۱۷ میکرومتر)، کم پروتئین (اندازه ذرات ۱۷ تا ۳۵ میکرومتر) و پروتئین برابر با آرد اولیه (اندازه ذرات ۱۷ تا ۳۵ میکرومتر) بدست آورد.

#### آسیب نشاسته

در حین آسیاب تعداد کم ولی نسبتاً قابل توجهی از گرانول های نشاسته دچار صدمه می شوند. مقدار این صدمه بستگی به شدت آسیاب و سختی دانه گندم دارد. معمولاً گندمهای نرم بدون آنکه نشاسته آنها صدمه چندانی ببیند، آسیاب می شوند. مقدار این صدمه معمولاً در حد ۲ تا ۳ درصد است و روش معمول برای اندازه گیری آن استفاده از آلفا-آمیلاز قارچی است که بر نشاسته صدمه دیده موثر بوده ولی توانایی اثر گذاری بر نشاسته سالم را ندارد. علاوه بر این به موضوع انواع آسیب نیز باید توجه نمود. گاهی گرانول به دو تکه تقسیم می شود. در این حالت هر چند گرانول آسیب دیده، هنوز در آب نامحلول است و نسبت به آنزیم حساس نمی باشد. در روشهای معمول آسیاب، گرانول ها آسیب بیشتری دیده به گونه ای که تحت تاثیر کنگورد قرار گرفته و آلفا-آمیلاز می تواند بر آنها تاثیر بگذارد. نشاسته آسیب دیده، جذب آب خمیر را افزایش می دهد و در صورتی که فعالیت آنزیم زیاد باشد، ایجاد بافت خمیری و چسبنده خواهد نمود.

#### تیمار آرد

پس از آسیاب، عملیات چندی ممکن است بر روی آرد انجام شود. از جمله آنها، بیرنگ کردن می باشد که معمولاً با استفاده از بنزوئیل پراکسید و افزودن آن بصورت پودر خشک انجام می گیرد. بدین ترتیب طی یک دوره دو روزه، آرد سفید می شود. همچنین آرد را ممکن است تحت تاثیر گاز کلر قرار دهند باعث حذف رنگیزه های آرد شده و آرد را کاملاً سفید می کند. در صورتی که آرد برای تهیه بعضی انواع کیک استفاده شود باید حتماً با گاز کلر آن را تیمار نمود. آرد در مدت ذخیره سازی و نگهداری نیز بتدریج بیرنگ می شود، که احتمالاً ناشی از تاثیر اکسیژن هوا می باشد، در همین مدت، آرد، مسن نیز می گردد که اصطلاحاً به آن aging می گویند. بمنظور تسریع در رسیدن و مسن شدن آرد می توان از بعضی مواد اکسید کننده استفاده نمود.

از جمله این مواد، آزو دی کربن آمید، پراکسید استون و دی اکسید کلر می باشند. اکثر انواع آرد از نظر فعالیت آنزیمی در وضعیت مناسبی نیستند. برای حل این مشکل آرد گندم یا جو جوانه زده در حد ۰/۲۵ درصد اضافه می شود. تیمار نمودن آرد باعث بهبود افزایش حجم، کاهش سفتی نان و کاسته شدن از زبری مغز نان می گردد. از سال ۱۹۴۰ به این سو، غنی سازی آرد با انواع ویتامین ها و املاح خصوصاً آهن مرسوم می باشد. از دیگر تیمارها، افزودن مواد عمل آورنده به آرد و تهیه نوعی آرد بنام self-rising flour یا آرد خود عمل آورنده می باشد. چنین آردی حاوی بیکربنات سدیم و نمک یک اسید ضعیف می باشد.

### انواع آردها:

آرد مناسب برای هر محصول، دارای خواص خاصی است و مثلاً آرد نان حاوی پروتئین زیاد و با کیفیت خوب است ولی آرد بیسکویت و کیک و کراکر، پروتئین کمتری داشته و گلوتن آن نایستی دارای کشش والاستیسیته وسیع و زیاد باشد. همانطور که قبلاً ذکر گردید کیفیت آرد نه تنها به نوع گندم بستگی دارد، بلکه بستگی زیادی نیز به شرایط آسیاب و درصد استخراج دارد. از طرفی درصد استخراج در یک رقم گندم ارتباط مستقیم با درصد خاکستر آرد دارد و لذا برای تقسیم بندی آرد غالباً با توجه به میزان خاکستر و درصد استخراج آنها را طبقه بندی می نمایند.

با توجه به مطالب پیش گفته آردهای ایران را به شش دسته به شرح زیر تقسیم می نمایند:

۱- آرد کامل گندم یا آرد تمام دانه گندم که غالباً توسط کارخانجات آسیاب سنگی چکشی تهیه و تولید می شود و معمولاً تیره رنگ و حاوی ذرات سبوس خورده شده در آرد می باشد از این نوع آرد در تهیه نان سنگک استفاده می شود و اصطلاحاً آرد ۹۵ تا ۱۰۰ درصد استخراج نامیده می شود.



۲- آرد سبوس گرفته: این آرد در کارخانجات آسیاب غلطکی تهیه شده و درصد استخراج آن حدوداً ۸۵ تا ۸۷ درصد و میزان خاکستر آن با توجه به ضوابط در نظر گرفته شده توسط موسسه استاندارد ۰/۷۵۰ تا ۱/۳۰ درصد می باشد از این نوع آرد برای تهیه نانهای لواش و تافتون استفاده می شود.

۳- آرد ستاره یا آرد سفید این نوع آرد نیز در کارخانجات غلطکی تهیه و تولید می شود و با توجه به مصرف گسترده آن خواهان زیادی دارد. حدود استخراج آرد ستاره ۷۷ تا ۸۱ درصد بوده و میزان خاکستر آن در حدود ۰/۵۵۰ تا ۰/۷۵۰ درصد است. از این نوع آرد برای تولید نان بربری، نانهای فانتزی، نان ساندویچی، نان قندی و غالب نانهای ماشینی استفاده می شود.

۴- آرد یک صفر و دو صفر و سه صفر این گروه آرد جزو آردهای سفید و با درجه استخراج پائین بوده و غالباً در تولید نانهای شیرینی، کیک و بیسکویت و سایر مصارف صنعتی کاربرد دارد حدود استخراج این گونه آردها برترتیب عبارتند از: آرد یک صفر ۷۰-۷۵ درصد استخراج و خاکستر ۰/۵۰۰ تا ۰/۵۵۰ درصد، آرد دو صفر ۶۰-۷۰ درصد استخراج و خاکستر ۰/۴۵ تا ۰/۵ درصد، آرد سه صفر کمتر از ۶۰ درصد استخراج و خاکستر حداکثر ۰/۴۵۰ درصد. بر اساس بررسی های انجام شده مشخصات عمومی و کیفی آردهای تولیدی در ایران در جدول ذیل دیده می شود.

جدول ۴- برخی مشخصات آردهای تولیدی در ایران

سه صفر	دو صفر	ستاره	سبوس	آرد کامل	
۶۰	۶۸	۷۶	۹۰	۹۸	درجه استخراج (درصد)
۵۳	۵۷	۵۸	۶۶	۶۶-۶۷	جذب آب آرد (درصد)
۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۱/۲۰	۱/۶۵	خاکستر (درصد)
۱۸	۲۵	۲۶	۲۶	۲۲	گلو تن مرطوب (درصد)
۸	۹/۹	۱۰/۲	۱۱/۳	۱۱/۶	پروتئین (درصد)

## آرد مناسب برای تهیه محصولات Pasta

بهترین ماده اولیه برای تهیه pasta، آرد گندم دروم یعنی سمولینا می باشد ولی از گندمهای دیگر نیز برای تهیه آرد آن استفاده می کنند که در ایران بنام گریس نامیده می شود. روش آسیاب کردن گندم دروم برای تهیه آرد سمولینا با تهیه آرد برای نان و بیسکویت و دیگر محصولات فرق می کند به این معنی که در آردهای معمولی محصول نهائی مورد نظر اندوسپرم نرم شده است ولی در آرد سمولینا اندوسپرم نرم نشده و زیر مورد نظر می باشد. اصطلاح سمولینا زمانبیه کار می رود که آرد از گندم دروم تهیه شده باشد و چنانچه آرد از گندم سخت دیگری تهیه شود اصطلاح فارینا (farina) بکار برده می شود. بطور کلی مشخصاتی که برای گندم مناسب برای تولید سمولینا و pasta در نظر می گیرند عبارتند از: هکتولتر حداقل ۷۸ کیلوگرم، وزن هزار دانه ۴۰ گرم یا بیشتر، درجه سختی دانه ۷۵٪، پروتئین ۱۴ درصد و گلو تن مرطوب حداقل ۲۵ درصد، آرد آن دارای کشش کم ولی الاستیک بوده و دارای قدرت نگهداری گاز کم باشد. در جدول ذیل proximate analysis آرد سمولینا دیده می شود.

جدول ۵- متوسط آنالیز ترکیب آرد سمولینا

درصد	
۱۲/۵	رطوبت
۱۲/۵	پروتئین (حداقل)
۳۵	گلو تن مرطوب
۰/۶	خاکستر
۳۱-۳۲	درصد جذب آب

برای انواع آردهای ایران ضوابط و استاندارد توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه شده که بر اساس گندم مورد استفاده، لازم الاجرا خواهد بود که در ذیل به ذکر برخی از مفاد آن پرداخته می شود.

### ویژگیهای عمومی آرد نانوائی:

قدرت جذب آب حداقل ۵۳ درصد، میزان گلوتن مرطوب حداقل ۲۲ درصد، پروتئین حداقل ۸/۵ درصد بر اساس ماده خشک، خاکستر حداکثر ۲ درصد، که برای انواع آردها متفاوت خواهد بود، میزان اسیدیته الکلی حداکثر ۵/۳ که برای انواع آردها متفاوت است. ابعاد ذرات آرد نانوائی نباید بیش از ۲۰۰ میکرون باشد که در مورد نان سنگک حداکثر تا ۵ درصد بیشتر از ۲۰۰ میکرون مجاز خواهد بود.

### ویژگیهای آرد بیسکویت:

حداقل مقدار پروتئین ۷/۵ درصد، میزان گلوتن مرطوب ۲۰ درصد، خاکستر آرد بیسکویت حداکثر ۰/۶۰ درصد، بااستثنای آرد بیسکویت، digestive. اندازه ذرات آرد بیسکویت نباید از ۴۰۰ میکرون بزرگتر باشد رطوبت حداکثر ۱۵ درصد، و pH بین ۵/۳ تا ۶/۳ باشد.

### ویژگیهای آرد شیرینی

پروتئین حداقل ۷ درصد، خاکستر کمتر از ۰/۵۵ درصد، ۹۵ درصد ابعاد ذرات آرد شیرینی باید کمتر از ۱۸۰ میکرون و pH آرد شیرینی ۵/۳ تا ۶/۳ باشد.

### ویژگیهای آرد سمولینا

پروتئین حداقل ۹/۵ درصد، میزان گلوتن مرطوب حداقل ۲۵ درصد، میزان گلوتن خشک حداقل ۸ درصد، خاکستر حداقل ۰/۵۰ و حداکثر ۱ درصد باشد. ۹۰ درصد ابعاد ذرات آرد ماکارونی باید بین ۱۴۰ تا ۲۰۰ میکرون باشد pH حداقل ۵/۳ و اسیدیته حداکثر ۳/۷ درصد باشد.

## فصل هفتم

### فرآیند و تکنولوژی تولید نان

### تاریخچه و سیر تکامل تولید نان

برای تولید و استفاده از نان نمی‌تواند تاریخ مشخصی تعیین نمود، اما به جرات می‌توان گفت قدمت آن با تاریخچه پیدایش انسان عجین شده است، و با احتمال قریب به یقین بشر قبل از اختراع خط با آن آشنا بوده است. شواهد تاریخی نشان می‌دهند که از دوازده هزار سال قبل، در نواحی مختلف دنیا، نان غذای روزانه مردم را تشکیل می‌داده است. همچنین از زمان بابلیان و آشوریان، مدارکی بدست آمده است که نشان می‌دهد مردم آن زمان با گندم، پخت نان، نان تازه و بیات و حتی نان کپک زده آشنا بوده‌اند. بشر در ابتدا بذور را بدون انجام هیچگونه عملیات بر روی آنها و به صورت خام می‌نمود، ولی پس از کشف آتش، دانه بو داده، که حاصل قرار دادن سنبله غلات بر روی آن بود، مورد استفاده قرار می‌گرفته است، و در دوره‌های بعد نیز احتمالاً از مخلوط کردن دانه‌های سائیده شده غلات با آب، خمیری تهیه و پس از پختن آن بر روی سنگ‌های داغ و یا زیر خاکستر بمصرف می‌رسانده‌اند. از نظر جامعه‌شناسی نیز اقوام، ادیان و مذاهب مختلف، نان را از گذشته‌های بسیار دور سمبلی مقدس بشمار آورده‌اند. یونانیان در معابد خود، نان را به خدای مزرعه که زنی با تاجی از سنبله گندم بر سر و یک داس و یا سبدی پر از میوه در دست بوده، هدیه می‌کرده‌اند. در روم باستان، زنهای رومی با لباسهای سفید تاج‌هائی از سنبله گندم و گل‌دسته‌های تهیه شده از خوشه غلات را در معابد به خدای خود که Ceres نام داشت، هدیه می‌نمودند. ادیان توحیدی و غیر توحیدی نیز توجه خاصی به گندم و نان داشته‌اند. زرتشت معتقد بود "کسی که گندم می‌کارد راستی می‌افشاند". مسیحیان نان را چون حضرت عیسی گرامی داشته و از آن در مراسم خاص استفاده می‌نمایند و در نزد قوم یهود نیز نان از اهمیت بسیاری برخوردار است و در زبان عبری خوردن نان به معنی مصرف یک وعده غذاست. نان در میان مسلمین از نوعی قداست برخوردار است و از آن بعنوان برکت زندگی یاد می‌شود و بوسیدن نان یافته شده در معابر و به کناری نهادن آن هنوز هم

در جوامع اسلامی رایج است. بهر روی تعبیر زیبای "نان زندگی است" بیانگر تاثیر شگرف نان بر فرهنگ و آداب و رسوم مردم می باشد. براساس تحقیقات صورت گرفته، قدیمی ترین نان ها، نان های نازک و مسطح می باشند و قدمت آنها به عصر حجر و برنز می رسد که در واقع حاصل اختلاط آب و آرد بوده است. این مخلوط همانگونه که گفته شد روی سنگ داغ و یا در زیر خاکستر پخته می شد و بنام نان زیر خاکستر معروف بوده است. حتی در اواخر قرن نوزدهم نیز دهقانان لهستانی با استفاده از چاودار نوعی نان بنام prod plomiki که به معنی نان زیر خاکستر است تهیه می کرده اند. بعلت اینکه اینگونه نان ها، فاقد خمیر مایه بوده اند، سریعاً سخت و سفت می شده اند. بشر ابداع تنور و کشف خمیر مایه را مدیون مصریان قدیم است که در ۲۶۰۰ سال قبل از میلاد توانستند نان سبک و نرم را به بشر ارزانی نمایند. با گذشت چند سال، مردم در خاور میانه و مناطق نزدیک به آن، هنوز هم، نان را به همان روش های قدیمی و یا بسیار شبیه به آن پخت می کند.

#### انواع نان در جهان و ایران

نان در دنیا بسته به سلیقه و فرهنگ مردم هر منطقه، با روشهای و اشکال مختلف تهیه می شود. بطور کلی نانهای مورد مصرف کنونی را از نظر نوع می توان به انواع تخمیری و غیر تخمیری و از نظر شکل به صورت مسطح و حجیم تقسیم بندی نمود. گرچه امروزه نان به صورت غیر تخمیری کمتر تولید می شود، اما نان های مسطح و یا حجیم هر دو بشکل گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند. کشورهای تولید کننده نان های مسطح، عمدتاً در خاورمیانه قرار دارند. حداقل مواد مورد نیاز برای تهیه، نان، آرد، مخمر و نمک می باشند. گاهی از مواد دیگری مانند روغن، قند، شیر، مواد اکسید کننده، مواد ضد کپک و... نیز استفاده می شود که هر یک نقش و اثر خاصی را در نان ایفا می نمایند.

#### آرد

آرد گندم مهمترین جزء ساختمانی خمیر و نان است و عامل اساسی در تشکیل خمیر چسبنده با قابلیت کششی که بتواند گاز را در خود نگهداری نماید، همین آرد می باشد. بر کیفیت آرد چند عامل اثر می گذارند

که از جمله آنها مقدار گلوتن یا پروتئین آرد گندم، کیفیت گلوتن، مدت زمان بین آسیاب نمودن گندم و تهیه خمیر از آرد، pH آرد، درجه استخراج و رنگ را می توان نام برد. علاوه بر موارد فوق میزان آسیب دیدگی نشاسته نیز یکی از عوامل مهم در کیفیت آرد است که به شدت آسیاب و سختی دانه بستگی دارد. آسیب دیدن بخشی از گرانول های نشاسته در مراحل استحصال آرد برای اثر آنزیم ها و تولید قندهای ساده و در نهایت قدرت تولید گاز در خمیر زمینه مناسبی را بوجود می آورد. علاوه بر آن میزان جذب آب آرد را نیز افزایش می دهد. در صورتی که آسیب دیدگی نشاسته بیش از حد باشد از چنین آردی خمیری چسبنده بدست می آید که بر کیفیت نان اثر منفی خواهد گذارد. در مورد درصد استخراج آرد از گندم باید توجه نمود که در استخراج با درصد پایین هر چند کیفیت رنگ آرد بهتر خواهد شد و از مقدار اسید فیتیک نیز کاسته می شود. اما از سوی دیگر بخشی از ارزش غذایی آرد کاهش می یابد.

#### آب

در تهیه نان آب تنها یک رقیق کننده بی اثر نیست بلکه اثراتی بمراتب بیشتر از آنچه تصور می شود را داراست، مقدار و نوع مواد آلی و املاح محلول در آب می تواند بر طعم، رنگ و خصوصیات فیزیکی، شدت تورم و تخمیر و... در آرد اثر بگذارد. مهمترین اثر املاح موجود در آب بر خصوصیات مکانیکی خمیر، و بافت آن ظاهر می شود. مطالعات انجام شده نشان می دهند که املاحی مانند اکسید کلسیم، کربنات کلسیم، کلرور منیزیم و بیکربنات سدیم می توانند بر تخمیر اثر بگذارند، بدین ترتیب که املاح قلیائی موجود در آب، اسیدیته حاصل از انجام فرآیند تخمیر را کاهش می دهند. این عمل بنوبه خود بر سرعت فعالیت آنزیمها اثر نهاده و کل فرآیند تخمیر را تحت تاثیر قرار می دهد. وجود حالت قلیائی در خمیر بر مخمرها نیز اثرات جانبی دارد زیرا بعضی از گونه های مخمر تا حدودی تحت تاثیر این حالت قرار می گیرند. استفاده از آب های فاقد املاح کافی به خمیر حاصله، حالت چسبندگی بیش از حد لازم را می دهد. با افزودن املاح مناسب مانند کلسیم منوفسفات در آب می توان بر این حالت غلبه نمود. از سوی دیگر افزودن املاح کلسیم و منیزیم به آب، منجر به سفت تر

شدن خمیر می گردد که آن را ناشی از واکنش گلوتن با کاتیون ها می دانند. در مورد بیکربنات سدیم، مطالعات نشان داده است که اگر مقدار آن تا حد ۱۰۰۰ پی پی ام (PPM) باشد تاثیری بر تخمیر نخواهد داشت. همچنین اکسید منیزیم در صورتی که کمتر از ۵۰۰ پی پی ام باشد سوئی نخواهد داشت اما اگر مقدار آن از این حد فراتر رود، باعث کاهش حجم نان خواهد شد. در مورد کلرورها و سولفات های قلیائی خصوصاً سولفات کلسیم، اعتقاد بر این است که وجود آنها به دلیل آنکه می توانند گلوتن را سفت تر نمایند می تواند تا حدود مفید واقع شود. کلرورها و فلوئورها نیز اثر کمی بر خمیر نان دارند. کلر موجود در آب تا حدی زمان تخمیری را کاهش می دهد و حتی در صورتی که آرد ضعیف باشد می تواند کیفیت آن را بهبود بخشد. در بعضی موارد مقادیر ناچیز املاح آب می تواند بر کیفیت خمیر اثر بگذارد. وجود کمتر از یک پی پی ام وانادیوم، می تواند خصوصیات خمیر را تغییر دهد. کادمیوم نیز از اثر قابل توجهی برخوردار است. ورود مقدار کمی کادمیوم از تیغه های به همزن جهت ایجاد تاخیر در تخمیر، کافی خواهد بود. وجود آهن و منیزیم در آب، باعث بد رنگ شدن محصول نهائی می گردد. هر چند مقدار آنها در آب انقدر زیاد نیست که بتواند نیست که بتواند اثراتی بر بافت خمیر و یا نان داشته باشد.

مواد ور آورنده یا پوک کننده

خمیر را می توان به سه طریق پوک نمودن شیمیایی، مکانیکی و بیولوژیکی ور آورده و یا پوک نمود. در پوک کردن شیمیایی گازهای پوک کننده (دی اکسید کربن) در اثر حرارت یا رطوبت یا اسید از مواد شیمیایی آزاد می شوند. از مهمترین مواد شیمیایی مورد استفاده، بی کربنات سدیم یا جوش شیرین را می توان نام برد. در پوک کردن مکانیکی گاز پوک کننده مثلاً هوا (در مواردی گاز دی اکسید کربن و یا بخار آب) از طریق به همزدن سریع و شدید خمیر وارد آن می شود. در این روش باید به دو نکته توجه نمود. اول آنکه خمیر دچار شکستگی ناشی از سرعت بالای مخلوط کن نشود و ثانیاً خمیر فوراً به نان تبدیل شود، چراکه در غیر این صورت، گازها خارج می شوند. بالاخره در مورد پوک کردن بیولوژیکی تخمیر توسط خمیر ترش (خمیر شب

مانده) و یا توسط مخمرها انجام می شود. در خمیر ترش، باکتریهای مولد اسید و مخمرها بطور همزیست فعالیت می نمایند.

سه عمل عمده میکروارگانیسمهای خمیر ترش عبارتند از:

۱- تشکیل گاز دی اکسید کربن بمنظور پوک کردن خمیر

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

۳- تشکیل مواد معطره که عامل بوی مطبوع نان بشمار می آیند.

تا بحال گونه های بسیاری باکتری از خمیر ترش جدا شده اند که نام تعدادی از آنها در جدول ۴ دیده می شود. صرف نظر از این باکتریها، استرپتوکوک هائی مانند لوکونوستوک مزنتروئید و پدیوکوکوس سروزیا نیز در خمیر ترش دیده شده اند. مخمر یا بصورت خالص و معمولاً از گونه ساکارومیسس سروزیا مورد استفاده قرار می گیرد و یا از آنکه انواعی از مخمرها همراه با باکتریهای موجود در خمیر ترش به عمل آوری خمیر کمک می نمایند. از دیگر مخمرهایی که معمولاً از خمیر عمل آمده جدا شده اند، می توان به ساکارومیسس کاوالیری، ساکارومیسس روزئی، ساکارومیسس الپسوتیدوس، ساکارومیسس تگورومیس، ساکارومیسس پرتورینسس، ساکارومیسس کلوری، ساکارومیسس اگزیکوس و ساکارومیسس اینکونزپیکوس اشاره نمود. مخمرها انرژی لازم برای تولید گاز و مواد معطره را در شرایط هوازی از طریق تنفس و در شرایط بی هوازی بواسطه تخمیر کسب می کنند و بیشتر بصورت خشک و یا فشرده به بازار عرضه می گردند.

#### نمک طعام

نمک طعام یکی از موادی است که در تهیه نان بکار می رود. درصد کمی کلرور سدیم، خمیر را سفت نموده و حالت چسبندگی آنرا کاهش می دهد. بررسی های انجام شده با دستگاه extensigraph نشان می دهد که افزودن نمک نه تنها مقاومت خمیر را افزایش می دهد، بلکه قابلیت کشش آنرا نیز زیاد می کند، در حالیکه مواد اکسید کننده مقاومت را زیاد ولی قابلیت کشش را کم می کنند. مکانیزم اثر نمک بر کیفیت خمیر



را بر مبنای خواص الکترواستاتیکی آن توجیه می کنند. در حالتی که اثر pH خمیر بالاتر یا پایین تر از pH ایزوالکتریک (که در آن pH پروتئین ها رسوب می کنند) باشد، مولکول های پروتئین دارای بارهای الکتریکی همنام می باشند. و دافعه متقابل بارها، از رسوب پروتئین ها و در نتیجه از سفت شدن آن جلوگیری می نمایند. حال اگر از یک الکتروولت مناسب مانند نمک مناسب مانند نمک که بتواند همچون سپر بین بارهای همنام قرار گیرد، استفاده شود، مولکول های پروتئین تا حدی به هم نزدیک شده و در پروتئین سفت می شود. نمک بر طعم نان نیز موثر است و بهمین جهت در حد یک تا دو درصد به فرمول نان اضافه می شود.

#### افزودنیها

افزودنی به ماده ای اطلاق می شود که جزء اصلی تهیه یک فرآورده محسوب نمی شود اما در جهت بهبود کیفی و یا کمی محصول اثر مشخصی از خود بجای می گذارد. در مورد نان نیز استفاده از افزودنیها معمول می باشد.

#### بالا بردن ارزش غذایی

آرد گندم و خمیر تهیه شده از آن، از چند نظر فقیر می باشد و مصرف زیاد و طولانی مدت آن می تواند کمبودهایی را ایجاد نماید. بعنوان مثال نان از نظر بعضی اسیدهای آمینه خصوصاً لیزین و متیونین فقیر است. همچنین مقدار بعضی ویتامین ها مانند B<sub>12</sub> و برخی املاح مانند آهن نیز در آن کم است و بنابراین لازم است که این کمبودها بنحوی جبران شوند. امروزه استفاده از منابع پروتئینی ارزان قیمت و با کیفیت خوب مانند استفاده از حبوبات، دانه های روغنی، و یا املاح (سولفات فرو) و ویتامینها بمنظور بالا بردن ارزش غذایی نان مورد توجه می باشد.

#### بهبود خواص تکنولوژیک

استفاده از مواد افزودنی به منظور بهبود خواص تکنولوژی معمولاً بستگی به کیفیت آرد مصرفی دارد. بعنوان مثال در انواع آرد های ضعیف استفاده از مواد اکسید کننده مانند اسید اسکوریک می تواند نتایج

درخشانی در برداشته باشد. علاوه بر این در آردهائی که فعالیت آنزیمی کمی دارند افزودن مستقیم آنزیم و یا آرد جوانه گندم، اثرات مثبتی را بدنبال خواهد داشت. گاهی خمیر بیش از حد الاستیک است در این گونه مواقع افزودن مواد احیاء کننده مانند سیستین مناسب می باشد.

#### بهبود رنگ عطر و طعم نان

مواد اکسید کننده، نه تنها برخواص تکنولوژیک آرد موثرند بلکه بر رنگ آن نیز تاثیر مثبتی می نهند مثلاً کلر با اکسید نمودن پیگمانهای (رنگیزه های) آرد یعنی کاروتنوئیدها باعث روشن تر شدن رنگ آرد و در نهایت بافت نان می شود. نمک از جمله افزودن هائی است که کاربرد آن بسیار موسوم است و باعث بهبود طعم و مزه نان می گردد. نان بی نمک، مطبوع نبوده بی مزه به نظر می رسد.

#### به تاخیر انداختن بیاتی

افزودن موادی مانند لیسیتین، سورفاکتانت ها، منوگلسیرید، روغن و شکر به خمیر نان می تواند کیفیت آنرا بهتر نموده و قابلیت نگهداری را بیشتر نماید، بطوری که نان را می توان چند روز نگهداری نمود.

#### افزایش عمر نگهداری

از مواد مختلفی بمنظور طولانی تر کردن عمر نگهداری محصولات نانوائی استفاده می گردد که مهمترین آنها پروپیوناتها سوربات ها و دی استات ها را می توان نام برد. پروپیوناتها برای مصرف در نان و فرآورده های تخمیری شیرین بعنوان نگهدارنده کاملاً مناسب است و اثر آنها بیشتر بر روی قارچ هاست و عملاً هیچگونه تاثیری بر مخمرها ندارند. فعالیت آن وابسته به pH بوده و معمولاً در محصولاتی که pH آنها تا حدود ۵ است کاربرد آنها توصیه می شود. میزان مصرف آن تابع ضوابط و مقررات هر کشور است ولی معمولاً نمک کلسیم آنرا بمقدار ۰/۱ تا ۰/۲ درصد به آرد می افزایند. در کیک ها بیشتر از پروپیونات سدیم استفاده می شود و علت آن جلوگیری از مزاحمت احتمالی نمک کلسیم بر روی پودر نانوائی baking powder مصرف شده در فرمول کیک می باشد. سوربات ها نیز بیشتر بر قارچ و ضمناً مخمر موثرند هر چند که بر باکتری ها نیز بی تاثیر

نمی باشند. از آنها در تهیه انواع کیک استفاده می گردد. با توجه به اثری که سوربات ها روی مخمرها دارند، برای محصولات تخمیری مناسب نمی باشند و نمی توان مانند پروپیونات ها از آنها استفاده نمود. دی استات سدیم نیز مانند پروپیونات ها روی قارچها و باکتری ها موثر بوده ولی فعالیت مخمرها را متوقف نمی نماید. برای تهیه کیک نیز از آن می توان استفاده نمود هر چند بوی تند سرکه ای آن مانع بزرگی خواهد بود.

## فرآیندهای فیزیکی شیمیایی انجام شده در خمیر

### الف- تغییرات قبل از پخت نان

پدیده مخلوط شدن

در هنگام تهیه نان، آرد و اجزاء دیگر را با یکدیگر مخلوط می کنند تا خمیر بدست آید اما در واقع خمیر چیزی فراتر از مخلوط آرد و آب می باشد. در جریان مخلوط کردن این دو تغییرات زیادی مشاهده می شود بدین ترتیب که ابتدا یک مخلوط آبکی بدست می آید که رفته رفته حالت سفت بخود گیرد. (در صورتیکه مقادیر آرد بسیار زیاد باشد). با ادامه بهم زدن تغییرات قابل ملاحظه دیگری اتفاق خواهد افتاد. مجموعه مخلوط آب و آرد شکل اولیه را از دست داده و بنظر می رسد که آب در سیستم بکلی ناپدید شده است و بدین ترتیب یک خمیر چسبنده بدست می آید. در این مرحله خمیر نسبت به کشش مقاومت می نماید و این مقاومت با به هم زدن بیشتر خمیر افزایش می یابد. مکانیزم عمل بدین ترتیب است که به هنگام افزودن آب به آرد، سطح ذرات آرد بوسیله آب به سرعت احاطه می شود، اما از آنجا که در ابتدا مقدار آب بیش از سطح ذرات است، سیستم حالت کاملاً مایع و آبکی داشته و به کشش نیز مقاومت نمی نماید و بسرعت توده تشکیل شده از هم متلاشی می شود. در صورتیکه عمل اختلاط به طور کامل انجام نشود، بروز تغییرات در خمیر خصوصاً اگر دانه گندم از نوع سخت باشد ناچیز خواهد بود. اصولاً نفوذ آب به درون ذرات حاصل از گندم سخت به کندی و صرفاً به روش دیفوزیون صورت می پذیرد. با بهم زدن خمیر سرعت نفوذ آب بدرون ذرات بیشتر شده و آنرا کاملاً هیدراته می نمایند. همچنانکه آب بدرون ذرات نفوذ می نماید مقاومت سیستم به کشش

نیز بتدریج افزایش می یابد. جنبه مهم دیگر در پدیده مخلوط شدن، مشارکت هوا است. بتدریج که حالت بهم چسبندگی خمیر بیشتر می شود هوا در درون بافت بیشتر محبوس شده و در نتیجه وزن مخصوص خمیر را کاهش می دهد.

#### تشکیل شبکه سه بعدی

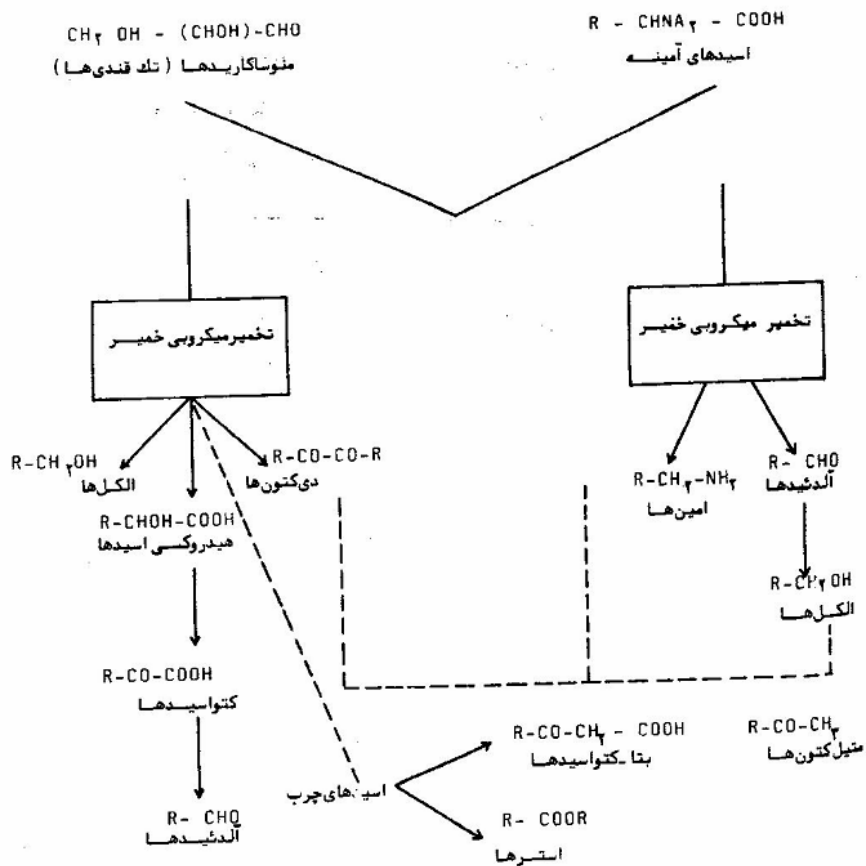
در کنار نشاسته گلو تن موجود در آرد نیز شروع به جذب آب نموده بر حجم خود می افزاید. با جذب آب، گلو تن ابتدا تشکیل یک شبکه دو بعدی را می دهد که قادر به حفظ و نگهداری گاز نمی باشد. با کمی بهم زدن که اصطلاحاً به آن ورز دادن (kneading) گفته می شود، کار تبدیل شبکه دو بعدی به سه بعدی انجام خواهد شد.

#### اثر آنزیم بر نشاسته

آنزیم های آرد که بر نشاسته اثر می گذارند شامل  $\alpha$  و  $\beta$  آمیلاز هستند. این آنزیمها، پلیمر نشاسته را شکسته و آنرا تبدیل به قندهای ساده یعنی دکستروز، دکستروز، مالتوز و در نهایت گلوکز می کند. شیرین شدن تدریجی نان در روی زبان ناشی از اثر همین آنزیمهاست که در بزاق موجود می باشند. قندهای تولیدی به مصرف مخمرها رسیده و آنها تولید گاز می نمایند. علاوه بر این مقداری نیز تحت تاثیر حرارت واقع شده و کاراملیزه می گردند. این واکنش خصوصاً در سطح نان نوعی رنگ مناسب ایجاد می نماید و حالت برداشته به نان می دهد. باید توجه داشت که به هنگام آسیاب گندم، اندوسپرم که قسمت اعظم آن نشاسته است تحت تاثیر عوامل آسیاب قرار نگیرد زیرا در اینصورت آسیب دیدگی در نشاسته که وجود آن تا حدی ضروری است، بیشتر از حد مورد نظر شده و در نهایت به هنگام اثر آنزیم مقادیر زیادی قند تولید خواهد شد که این قندها حالت چسبناک و آبکی در خمیر ایجاد نموده و باعث تشکیل بافت کاملاً فشرده در نان می شود.

## تشکیل مواد معطر در خمیر

عطر و طعم در نان از موضوعات بسیار پیچیده ای است که عمدتاً حاصل فرآیندهای تخمیر و متعاقب آن پخت می باشد. نان تازه دارای بو عطر بسیار مطبوعی است که پس از مدتی به دلیل ماهیت فرار مواد معطر، از دست می رود و ناپدید می شود. معمولاً قسمتی از مواد معطر، در بخش هائی از نشاسته موجود در نان محبوس و در اثر گرم نمودن نان مجدداً آزاد می شوند. نحوه تشکیل مواد معطر در نان بدین ترتیب است که در دوره تخمیر، انواع الکل در خمیر بوجود می آیند. البته در اینکه طعم و مزه نهائی نان متأثر از الکل ها باشد، خود جای بحث دارد، زیرا بخش اعظم آنها در ضمن پخت نان از دست می روند. علاوه بر الکل ها، مقدار زیادی ترکیبات آلی نیز تشکیل می شوند که ذکر نام همه آنها ضروری بنظر نمی رسد ولی از بین آنها، می توان کربوئیل ها را نام برد که معمولاً در دوره پخت بوجود می آیند. محققین متعقدند که این ترکیبات مهمترین اجزاء ایجاد کننده طعم ایجاد کننده طعم نان می باشند، و حتی تا کنون موفق به شناسایی ۱۴ آلدئید و ۶ کتون که بر طعم نان موثرند نیز شده اند. از جمله کربوئیل هائی که بوفور در نان دیده می شوند هیدروکسی متیل فورفورال است. عامل مهم در تشکیل این مواد، انجام واکنش های قهوه ای غیر آنزیمی موسوم واکنش های میآرد است. طی این واکنش انواع ترکیبات کربوئیل دار خصوصاً، فورفورال، هیدروکسی متیل فورفورال و سایر آلدئید ها بوجود می آیند. نحوه عمل بدین شکل است که اسیدهای آمینه با از دست دادن یک اتم کربن تبدیل به آلدئید می شوند. و بسته به نوع اسید آمینه، کربونیل (آلدئید) خاصی را تشکیل می دهند (شکل ۵۲). در جدول ۶ نیز تعدادی از این اسیدهای آمینه و آلدئیدهای حاصل از تبدیل آنها مشاهده میشود. گذشته از آنچه گفته شد، عوامل دیگری نیز برنوع و مقدار مواد معطر نان تاثیر می گذارند. بعنوان مثال هر چه زمان تخمیر کوتاه تر باشد، مقدار آنها نیز کمتر خواهد بود. از دیگر عوامل موثر در ایجاد و پایداری مواد معطر می توان به وجود درجه



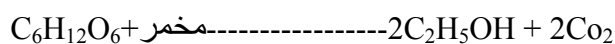
شکل ۵۲- نحوه تشکیل مواد معطره در خمیر نان

حرارت‌های شدید و ناگهانی که می‌توانند منجر به از دست رفتن زیادی مواد معطر شود، نوع گندم زیرا عموماً گندم‌های سخت و نیمه سخت عطر و طعم بهتری را در مقایسه با گندم‌های نرم دارا هستند و وجود ناخالصی‌ها در آرد مانند تخم علف‌های هرز و یا تخم بعضی دانه‌ها، که بر طعم اثر سوء می‌گذارد و از این رو دقت در عملیات بوجاری و حائز اهمیت بسیار می‌باشد، باید اشاره نمود.

تولید گاز در خمیر

فرآیند بی‌هوازی تخمیر قندها توسط مخمر و تولید محصولات مانند گاز کربنیک و الکل را می‌توان

باختصار و بشکل زیر نشان داد:



جدول ۶- اسیدهای آمینه و آلدئیدهای حاصل از تبدیل آنها و موثر بر طعم نان

اسیدهای آمینه	آلدئیدهای تولید شده
آلانین	استالدئیک
گلابسین	فرمالدئید
ایزولوسین	۲-متیل بوتانال
لوسین	ایزووالرال آلدئید
متیونین	متیونال
فنیل آلانین	فنیل استالدئید
ترونین	۲-هیدروکسی پروپانال
سرین	گلابوکسال

مطالعات نشان داده است که بازا هر یک گرم ماده خشک منحصر، ۰/۷۷ تا ۳ گرم قند در ساعت مصرف می شود و بنابراین در یک دوره ۳ ساعته تخمیر و متعاقب آن یک پروف (تخمیر ثانویه) ۵۵ دقیقه ای و با استفاده از مخمر فشرده (دارای ۲۹ درصد ماده خشک) که به میزان ۲ درصد وزن آرد به خمیر اضافه شده است، مقدار ۱/۷۵ تا ۶/۸۲ گرم قند در هر ۱۰۰ گرم مورد نیاز است. و این به معنی فعالیت مناسب آنزیمی در آرد می باشد، معمولاً بطور متوسط در هر یکصد گرم آرد حدود ۳/۵ درصد قند مورد نیاز خواهد بود البته باید توجه نمود که برحسب روش خمیر کردن، میزان قند مصرفی نیز متفاوت است. در صورتیکه از روش مستقیم استفاده شود، بدلیل آنکه مخمر تا حدودی تحت تاثیر فشار و استرس قرار می گیرد، نمی تواند تمامی قند را به مصرف برساند. بهر حال در صورتیکه فرض شود تمامی قند تبدیل به گاز گردد  $CO_2$  حاصله وزنی برابر با ۱/۹۵ گرم یا  $10 \times$  ۴/۴۴ مول خواهد داشت که این مقدار گاز در درجه حرارت  $28^{\circ}C$ ، فضائی معادل با ۱۰۹۷ سانتی متر مکعب را اشغال می نماید. گاز کربنیک تولید شده در خمیر در ۲ فاز جای می گیرد:

الف) در درون سلولهای موجود در بافت خمیر

ب) بصورت محلول در فاز آبی خمیر

مقدار گاز محلول در فاز آبی خمیر، به درجه حرارت آن بستگی دارد. با افزایش درجه حرارت، این حلالیت کاهش می‌یابد. فرض بر آن است که یکصد گرم خمیر دارای ۷۱ سانتیمتر مکعب آب است که می‌تواند بعنوان حلال برای  $\text{CO}_2$  عمل نماید. در pH خمیر، قسمت اعظم گاز کربنیک بصورت  $\text{CO}_2$  و کمتر بصورت  $\text{H}_2\text{CO}_3$  وجود دارد. بخشی از گاز، در سلولهای، لایه‌ها و غشاء محبوس می‌شود. این سلولها و لایه‌ها که مسئول ایجاد خواص رئولوژیکی و نگهداری گاز می‌باشند. به هنگام مخلوط نمودن آب و آرد و بدلیل خاصیت منحصر بفرد پروتئین آرد گندم یعنی گلوتن در تشکیل سه بعدی بوجود می‌آیند. این گاز برای ایجاد تخلخل، پوکی، حجم و کیفیت نهائی نان اثر مهمی دارد. باید توجه نمود که بخشی از گاز طی مراحل مختلف مانند ورز دادن ثانویه، چانه کردن و پهن نمودن خارج میشود که مقدار آن ممکن است به حدود ۶۰ درصد برسد. عدم دقت در انجام صحیح هر یک از مراحل فوق، منجر به از دست دادن شدید گاز و در نتیجه کاهش حجم خمیر و نان میشود.

*اثر تخمیر بر فیتیک اسید*

اخیراً تهیه نان آرد کامل مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. زیرا آرد کامل حاوی مقادیر زیادی فیبر است که بدلیل خاصیت رانش خود می‌تواند زمان توقف مواد در دستگاه گوارش را کاهش داده و نیز جذب گلوکز را کم نماید که این امر برای بیماران دیابتی می‌تواند بسیار مفید باشد. در عین حال فیبر موجود در غلات حاوی قابل توجهی ترکیبات فسفردار مانند فیتیک اسید است که مصرف زیاد آن می‌تواند باعث کاهش بعضی کاتیون‌ها و دفع آنها از بدن گردد. تحقیقات نشان می‌دهد که فیتیک اسید موجود در جیره‌های حاوی فیبر فراوان، عامل عدم جذب روی، آهن و کلسیم از مواد غذایی می‌باشد. فیتیک اسید با املاح و اسیدهای آمینه بازی و اسیدی از طریق جذب الکترواستاتیکی پیوند برقرار کرده و قابلیت دسترسی به آنها را کم می‌کند. فیتیک اسید همچنین ترکیبی نسبتاً مقاوم به حرارت بوده و در درجه حرارت پخت نان از بین نمی‌رود و حتی ثابت شده است که تست کردن نان می‌تواند قابلیت برقراری اتصال آن را با عناصر بیشتر نماید. امروزه به چند روش، می‌توان اسید فیتیک را از جیره غذایی حذف نمود. و یا حداقل مقدار آنرا کاهش داد. از جمله این



روشها انجام تخمیر مناسب با استفاده از مخمر می باشد که در صورت بکارگیری مخمر فشرده کاهش فعالیت اسید شدیدتر می گردد. آزمایشات نشان می دهد که انجام تخمیر بمدت ۲ ساعت بر روی خمیر تهیه شده از آرد کامل مقدار فیتات را در حد قابل قبولی کاهش می دهد. فیتاز که عامل هیدرولیز فیتیک اسید شناخته شده و در حین تخمیر عمل می کند، در مخمر و سبوس گندم وجود دارد. این آنزیم فیتات را به ارتوفسففات و اینوزیتول تجزیه می نماید و بدین ترتیب زمینه مساعد برقراری پیوندهای مضر را از بین می برد. pH مناسب برای این فرآیند ۵/۱۵ تا ۵/۲ گزارش شده است. افزودن مالت گندم (آرد گندم جوانه زده) به خمیر، هیدراتاسیون سرد و گرم دیگر راههای کاهش اسید فیتیک می باشند. مطالعات نشان می دهد که ۴۸ ساعت پس از جوانه زدن گندم، فعالیت آنزیم فیتاز افزایش قابل توجهی می یابد. استفاده از آرد جوانه زده نه تنها فعالیت فیتاز را ازدیاد می بخشد، بلکه مقدار لیزین قابل استفاده بدن را هم افزایش می دهد و از سوی دیگر با افزایش فعالیت دیاستازی زمان مورد نیاز برای انجام تخمیر را کاهش می دهد. این امر خصوصاً در آرد گندم های ایرانی که دارای فعالیت دیاستازی کمی بوده و زمان تخمیر آنها نیز کوتاه است، قابل توجه می باشد.

## ب- تغییرات ضمن پخت نان

### ژلاتینه شدن نشاسته

مهمترین ترکیب کربوهیدراتی آرد، نشاسته است که هر چند در آب سرد نامحلول است اما در محیط آبی بخشی از آن مرور آب جذب نموده و شروع به ازدیاد حجم و متورم شدن می نماید این عمل با افزایش درجه حرارت بیشتر شده تا در نهایت نشاسته ژلاتینه می شود. ژلاتینه شدن نشاسته امکان افزایش حالت ارتجاعی و حجم نان را میسر می سازد و با ایجاد شبکه ای مقاوم، ساختمان داخلی نان را پس از سرد شدن، محافظت می نماید. میزان آب جذب شده توسط نشاسته بستگی به میزان آسیب دیدگی نشاسته دارد. در هنگام آسیاب کردن گندم، تعدادی از گرانول های کروی شکل نشاسته، تحت تاثیر غلطکها، بطور فیزیکی دچار آسیب می شوند که میزان این آسیب دیدگی متغیر است. نشاسته آسیب دیده در حین پخت و یا به هنگام ژلاتینه شدن نقش مهمی در

میزان جذب آب بعده دارد. ثابت شده است که گرانول های آسیب دیده پس از ۰/۵ ثانیه قرار گرفتن در مجاورت آب، شروع به جذب آب می نمایند. همچنین با تاثیر آنزیمهای آمیلاز بر گرانول های آسیب دیده، و آزاد شدن مقداری آب، قوام خمیر کاهش می یابد و بنابراین ضروری است که در صورت آسیب دیدگی شدید نشاسته، از آب کمتری استفاده شود زیرا وجود مقادیر زیاد نشاسته آسیب دیده، سبب کاهش حجم، و خرابی وضعیت مغز و بافت و نهایتاً تنزل کیفیت نان خواهد شد. تئوری مطرح شده در این زمینه آن است که نشاسته شدیداً آسیب دیده، بیش از حد ژلاتینه شده و سطح آن بشدت افزایش می یابد و بدین ترتیب گلوتن موجود، جهت پوشش نشاسته و انجام واکنش متقابل با آن کفایت نخواهد کرد. نشاسته که در حین مخلوط کردن هوا را در خود نگه می دارد، پس از ژلاتینه شدن و بهنگام پخت سفت می شود (setting) و با پیدا کردن حالت ثابت بخشی از هوا و گاز CO<sub>2</sub> را در خود محبوس می نماید و بدین ترتیب به سبک تر شدن نان کمک می کند. همچنین نشاسته ژلاتینه با حفظ بخشی از رطوبت، باعث نرمی و تازگی نان خواهد شد که البته بمرور زمان، این وضعیت دچار تغییر می شود.

*انبساط گاز و بخار آب همگام با افزایش دما و افزایش حجم خمیر و تشکیل بافت و پوسته*

خمیر نسبتاً سرد، سریعاً وارد یک فر یا تنور گرم و داغ می گردد. سطح خمیر که بدین ترتیب در معرض گرما قرار می گیرد، تا حدودی خود را جمع کرده و تشکیل پوسته را می دهد. پوسته از آن رو تشکیل می شود که سطح خمیر سریعاً شروع به از دست دادن رطوبت و خشک شدن می نماید. با تبخیر سریع رطوبت، سطح خمیر شروع به سرد شدن می کند و بنابراین نشاسته موجود در پوسته محصول نهائی بصورت شفاف باقی می ماند. در صورتی که هدف ایجاد پوسته ضخیم تر باشد، ترزریق مقدار بخار آب به درون فر لازم می باشد. این بخار سرعت تبخیر رطوبت از سطح نان را کاهش داده و باعث افزایش ضخامت پوسته میگردد. یکی از اتفاقاتی که در درون خمیر و در حین پخت دیده می شود پدیده oven- spring یا افزایش حجم خمیر می باشد. عوامل چندی در بروز پدیده موثرند که عبارتند از:

۱- گرم شدن گازها و افزایش حجم آنها همراه با تبخیر شدن بخار آب و الکل و دیگر مواد فرار

۲- کمتر شدن حلالیت دی اکسید کربن همگام با افزایش حرارت

۳- فعال تر شدن مخمر همراه با افزایش درجه حرارت (البته تا زمانی که درجه حرارت زیاد افزایش نیافته است).

معمولاً پدیده اخیر خیلی سریع پایان می یابد و زمان پخت باقیمانده برای اطمینان از آن است که درجه حرارت مرکز نان به حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد برسد. توزیع حفرات در درون بافت نان، تابع نظم خاصی است. بدین ترتیب که در صورتی که به خمیر استرس وارد نشده باشد، حفرات بصورت کاملاً گرد و با سطح کم دیده می شوند. در برخی شرایط ممکن است سلولها و حفرات بصورت بیضوی باشند که بیانگر اعمال نیرو بر آنهاست. بهر حال آخرین مرحله پخت هنگامی است که واکنش های قهوه ای شدن بطور کامل انجام گیرند. ظهور رنگ قهوه ای در سطح بدلیل واکنش قهوه ای غیر آنزیمی یا واکنش میارد است. البته باید توجه نمود که هر چند سارکارز یک قند یک غیر احیاء است اما تحت تاثیر انورتاز مخمر قرار گرفته و تبدیل به گلوکز و فروکتوز که هر دو احیا کننده هستند می شود ولی در صورتی که از مواد شیمیایی مانند جوش شیرین برای عمل آوری خمیر استفاده شده باشد، ساکارز به هیچ وجه تبدیل به قندهای احیا نشده واکنش های قهوه ای شدن هم چندان دیده نخواهد شد، مگر آنکه قند ها تا حدودی کاراملیزه شوند. از این رو بدیهی است که نقش کاراملیزه شدن در پیدایش رنگ قهوه ای در نان هائی که برای عمل آوری آنها از مخمر استفاده شده، جزئی باشد.

### ج- تغییرات بعد از پخت نان

تنزل کیفیت و بیات نان

نان هر چند هنگام خروج از تنور و فر « دارای کیفیت بسیار خوبی است، اما بتدریج و بمرور زمان، مطلوبیت خود را از دست می دهد. این نوع تغییرات را در مجموع بیاتی نان می نامند و شامل سفت شدن و چرمینه شدن پوسته، خشک و سخت شدن مغز نان، از دست رفتن عطر و طعم، افزایش کدورت مغز نان و کاهش مقدار نشاسته محلول، می گردد. تغییراتی که در پوسته بوجود خواهند آمد، با تغییرات مغز نان، متفاوت

هستند. سفتی پوسته عمدتاً در ارتباط با حرکت رطوبت از مغز نان به طرف پوسته است. اصولاً بعد از پخت نان، پوسته خشک بوده و دارای ۲ تا ۵ درصد رطوبت است ولی بمرور، رطوبت از مغز نان وارد آن می شود و به پوسته حالت سفتی و چرم مانند می دهد. تغییرات در مغز نان بسیار پیچیده تر است. اکنون آشکار شده است که سفتی مغز نان ناشی از خشک شدن این قسمت نمی باشد. سفتی مغز نان در واقع بدلیل تبلور مجدد نشاسته می باشد که اصطلاحاً به آن تنزل کیفیت یا retrogradation می گویند. بنظر می رسد که در این زمینه عمدتاً آمیلوز و در مرحله بعد آمیلوپکتین هستند (خصوصاً در نشاسته های مومی) که مجدداً متبلور می شوند ضمن آنکه افزایش کدورت مغز نان احتمالاً ناشی از رشد همین کریستالها است. سفتی مغز نان تحت تاثیر حرارت قرار گرفته و از مقدار آن کاسته می شود بدین ترتیب که بلورهای آمیلوز و آمیلوپکتین در حدود ۶۰ درجه سانتی گراد ذوب می شوند هر چند که نرم شدن تا حدود درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتیگراد تداوم می یابد ولی بعد از آن با شدت بیشتری باز خواهد گشت.

بمنظور به تاخیر انداختن بیاتی نان از عوامل و مواد مختلفی می توان استفاده نمود. سورفاکتانتها از موادی هستند که بدلیل تشکیل کمپلکس با آمیلوز، باعث نرم شدن نان می شوند. مکانیزم عمل احتمالاً بدین شکل است که نشاسته در حضور این مواد کمتر متورم می شود. افزودن روغن به فرمول نان، نیز سرعت بیاتی را کم می کند. از دیگر عوامل موثر در این زمینه استفاده از آمیلاز نسبتاً مقاوم به حرارت است. درجه حرارت نگهداری نان هم از فاکتورهای مهم در زمینه بیاتی نان میباشد. درجه حرارتهای بالا، بیاتی را بتاخیر انداخته ولی درجه حرارت پایین (بالا تر از صفر)، سرعت سفت شدن را بیشتر می نماید. بهر حال بیاتی نان و حتی برخی دیگر محصولات نشاسته ای هنوز هم بعنوان یک مشکل پیچیده و لاینحل باقی مانده است.

### اثر سن زدگی بر پروتئین گندم

آفت سن، دانه گندم را در حال تشکیل و زمانی که حالت شیری دارد مورد حمله قرار می دهد و آنرا به آنزیم پروتئاز موجود در بزاق خود آلوده می نماید، به گونه ای که خمیر حاصل از آرد گندم سن زده، دارای

فعالیت پروتئولیتیک شدیدی می شود. گلو تن چنین آردی چون تحت تاثیر پروتئاز است، خواص تکنولوژیک خود را تا حد زیادی از دست می دهد. مهم ترین کاری که در این زمینه می توان انجام داد، مبارزه با آفت و یا استفاده از واریته های زود رس می باشد، ولی اگر با انجام اقدامات پیشگیرانه فوق باز هم محصول تحت تاثیر سن قرار گرفت، برای بهبود خمیر و نان باید روشهای دیگری بکار برد که از جمله آنها استفاده از اسیدهای آلی بمیزان ۰/۱ تا ۰/۳ درصد و نمک به میزان ۱/۵ تا ۲ درصد در موقع خمیر کردن آرد است زیرا اسیدهای یاد شده  $pH$  خمیر را تا حدود ۴/۹-۵/۲ کاهش می دهند و فعالیت آنزیم پروتئاز در چنین محیطی از  $pH$  مطلوب خود دور می شود. باید توجه نمود که اگر گندم در مرحله خوشه دهی، تحت تاثیر شدید بزاق حشره قرار گرفته باشد عملیات فوق چندان موثر نخواهد بود. از تمهیدات دیگری که در این زمینه، قابل اجراست، کوتاه کردن زمان تخمیر است تا عمل پروتئولیز در کمترین حد انجام گیرد. در حالت اخیر برای عمل آوری سریع خمیر باید از مواد شیمیایی مانند اسید اسکوربیک و سیستین استفاده نمود.

## فصل هشتم

### ارزیابی آرد و خمیر

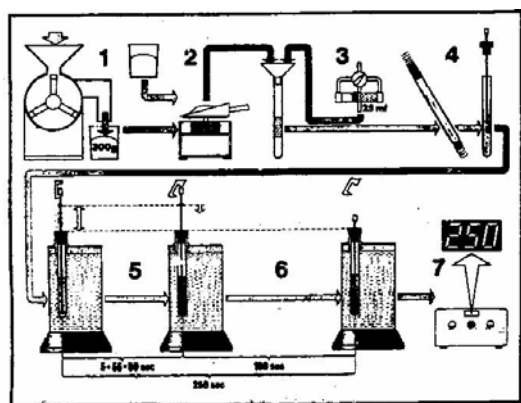
بمنظور ارزیابی آرد و خمیر نان و شناخت خصوصیات آنها از روشها و وسائل مختلفی که هر یک بگونه ای وضعیت آرد و خمیر را مشخص می نمایند، استفاده می گردد که از جمله می توان به روش سدیماتاسیون یا تعیین عدد رسوبی (عدد زلنی)، میزان فعالیت آلفا آمیلاز و خصوصیات رئولوژیک اشاره نمود. با توجه به اهمیت این روشها، نکاتی درباره آنها ذکر می شود.

#### عدد رسوبی

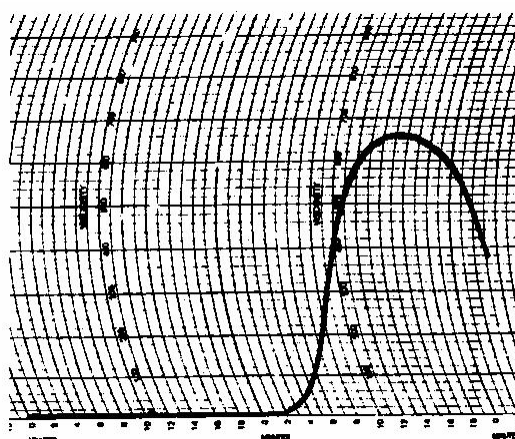
روشی است که بوسیله آن کیفیت گلوتن آرد گندم آشکار خواهد شد و مبتنی بر میزان رسوب ذرات آرد در محلول موسوم به محلولی زلنی (مخلوط ایزوپروپانل و اسید لاکتیک) است. بدیهی است که هر چه درجه هیدراته شدن ذرات در محلول فوق بیشتر باشد و به ارتفاع بالاتری دست یابند، گلوتن از کیفیت بهتری برخوردار می باشد.

#### فعالیت آنزیم

مشخص گردید که فعالیت آنزیم تا چه اندازه می تواند بر کیفیت محصول نهائی اثر بگذارد. برای تعیین این فعالیت از دو وسیله بنام های آمیلوگراف و فالینگ نامبر استفاده می گردد که اساس کار در هر دو مورد شبیه به هم است و آن عبارت است از افزایش ویسکوزیته مخلوط آب و آرد ناشی از ژلاتینه شدن نشاسته آرد در حضور حرارت و سپس بررسی نحوه کاهش ویسکوزیته تحت تاثیر فعالیت آنزیم. در شکل شماره ۵۳ آمیلو گرام به دست آمده از دستگاه آمیلوگراف دیده می شود. هر چه زمان کاهش ویسکوزیته طولانی تر باشد، نشان از فعالیت کمتر آنزیم خواهد داشت. در شکل شماره ۵۴ نحوه کار فالینگ نامبر و عدد حاصله که در واقع مدت زمان نرم شدن مخلوط آب و آرد بر حسب ثانیه است، دیده می شود. با استفاده از اعداد حاصله از فالینگ نامبر آرد های مختلف می توان عمل اختلاط تا نیل به فعالیت آنزیمی مناسب را محاسبه نمود (ضمیمه دوم).



شکل ۵۴ مراحل مختلف کار با دستگاه فالینگ نامبر



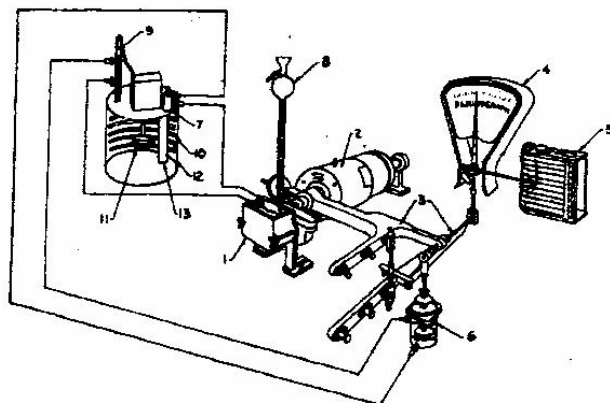
شکل ۵۳ منحنی آمیلوگرام

خصوصیات رئولوژیکی

در این زمینه از دستگاههای مختلفی مانند ماچوروگراف Maturograph میکسوگراف Mixograph فارینوگراف Farinograph و اکستنسیگراف Extensigraph که هر یک بنوعی این نوع خصوصیات را ارزیابی می نمایند استفاده می شود که به دو مورد اخیر اشاره می شود.

الف-فارینوگراف

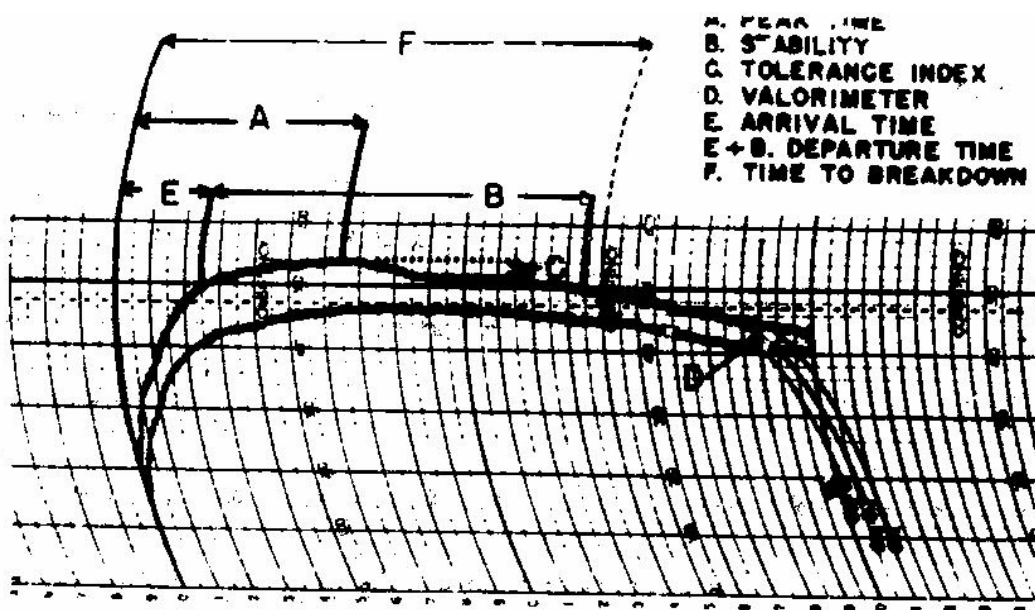
فارینوگراف وسیله ای جهت سنجش خصوصیات فیزیکی - دینامیکی آرد بوده و اساساً نوعی مخلوط کن بشمار می آید که وظیفه آن اندازه گیری و ثبت نحوه حرکت خمیر تحت تاثیر بهم زن می باشد. بدین ترتیب که خمیر در یک درجه حرارت ثابت با آرامی و بصورت ممتد بهم زده شده و مقاومت آن در مقابل حرکت تیغه ها به بخشی از دستگاه بنام دینامومتر که خود به بازو و سیستم سنجش و یک ثبات که قادر به رسم منحنی است، منتقل می گردد. دستگاه همانگونه که در شکل شماره ۵۵ ملاحظه می شود از ۸ قسمت اساسی شامل: کاسه مخلوط کن، دینامومتر، بازوها، سیستم اندازه گیری ثبات dashopt، ترموستات و بورت تشکیل شده است. کاسه مخلوط کن دارای دو تیغه است. از dashpot بمنظور به حداقل رساندن حرکت بازوها استفاده می شود و درجه حرارت کاسه مخلوط کن، از طریق جریان آب و ترموستات کنترل می شود. بورت نیز درست بر بالای کاسه مخلوط کن قرار دارد و توسط آن درصد جذب آب خمیر مشخص می گردد.



شکل ۵۵- بخش های مختلف دستگاه فارینوگراف

منحنی حاصل از دستگاه فارینوگراف ، فارینوگرام نامیده می شود (شکل ۵۶). برای تفسیر فارینوگرام،

شاخص های چندی مورد بررسی قرار می گیرند که بشرح تعدادی از آنها پرداخته می شود.



شکل ۵۶-منحنی فارینوگرام

۱- زمان دستیابی (Arrival time)

عبارت است از مدت زمانی که طی آن منحنی به خط مورد نظر (معمولاً ۵۰۰ برابر می رسد و نشان

دهنده سرعت نفوذ آب در ذرات آرد است. یعنی هر چه این زمان کوتاهتر باشد ذرات سریع تر آب جذب

نموده اند. معمولاً در یک رقم خاص از گندم، رابطه مستقیمی بین زمان دستیابی و مقدار پروتئین وجود دارد.



## ۲- زمان عزیمت یا ترک (Departure time)

مدت زمان بر حسب دقیقه، از لحظه افزودن آب تا هنگامی که منحنی، خط مورد نظر (مثلاً ۵۰۰ برابندر) را ترک می نماید و می توان آنرا جمع زمانهای دستیابی و مقاومت خمیر دانست و هر چه این زمان طولانی تر باشد، آرد قویتر است.

## ۳- زمان گسترش خمیر (Dough Development time)

مدت زمانی است که طی آن خمیر به حداکثر قوام خود و یا بعبارت دیگر کمترین تحرک، می رسد و می توان آنرا بصورت نقطه ای که بلافاصله بعد از آن اولین علائم ضعف در خمیر مشاهده خواهد شد نیز تعریف نمود. به زمان گسترش خمیر، زمان مخلوط کردن mixing time و زمان اوج peak time نیز گفته می شود. مطالعات نشان می دهند که زمان گسترش خمیر و پروتئین آرد گندم با یکدیگر همبستگی داشته و ضریب آن حدود ۰/۸۸ می باشد. همچنین ما بین جذب آب خمیر و زمان گسترش یک رابطه خطی برقرار می باشد، بطوری که با افزایش درصد جذب آب، زمان گسترش نیز افزایش می یابد.

## ۴- مقاومت (Stability)

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

## ۵- درجه نرم شدن خمیر (Drop-off) (Degree of softening)

فاصله مرکز منحنی از خط مورد نظر از ده یا بیست دقیقه را گویند و برحسب واحد برابندر بیان می شود. گاهی نیز آنرا بدین صورت تعریف می نماید: فاصله مرکز منحنی در نقطه اوج با مرکز منحنی در دقیقه بیستم. بدیهی است که هر چه عدد حاصله بزرگتر باشد، آرد ضعیف تر خواهد بود.

### ۶- شاخص تحمل به مخلوط شدن (MTI) (Mixing Tolerance Index)

تفاوت مابین قسمت بالایی منحنی در نقطه اوج با قسمت بالایی منحنی درست ۵ دقیقه بعد از نقطه اوج را MTI می گویند. مطالعات نشان می دهد که هرگاه عرض منحنی از ۲۰ به ۲۵ واحد برابندر تغییر نماید. MTI نیز از ۵۰ به ۱۰۰ واحد برابندر تغییر خواهد داشت. بهر حال آردهائی که دارای تحمل خوبی به مخلوط شدن هستند، MTI پایینی داشته و بالعکس MTI بالا نشان دهنده ضعف آرد خواهد بود.

### ۷- زمان شکست (Time to Breakdown)

از جمله جدیدترین شاخص هائی است که از منحنی است فارینوگرام بدست می آید و آن عبارت است از زمانی که طی آن مرکز منحنی باندازه ۳۰ واحد برابندر از خط مورد نظر فاصله می گیرد. برای تعیین آن یک خط افقی ۳۰ واحد برابندر از خط مورد نظر فاصله می گیرد. برای تعیین آن یک خط افقی ۳۰ واحد برابندر پایین تر از خط مورد نظر رسم می شود. این خط در نقطه ای مرکز منحنی را قطع خواهد نمود. فاصله این نقطه با شروع مخلوط نمودن آب و آرد را زمان شکست می نامند.

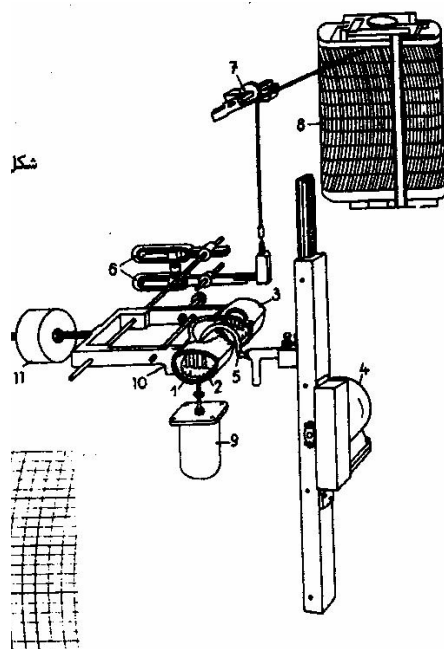
. در منحنی فارینوگرام که در شکل شماره ۵۶ دیده می شود مقادیر هر شاخص عبارتند از:

زمان دستیابی ۲/۵ دقیقه، زمان اوج ۶/۵۰ دقیقه، مقاومت ۱۱ دقیقه، درجه نرم شدن خمیر ۸۰ واحد برابندر، زمان ترک ۱۳/۵ دقیقه، زمان شکست ۱۴ دقیقه، MTI ۳۰ برابندر.

### ب- اکستنسوگراف

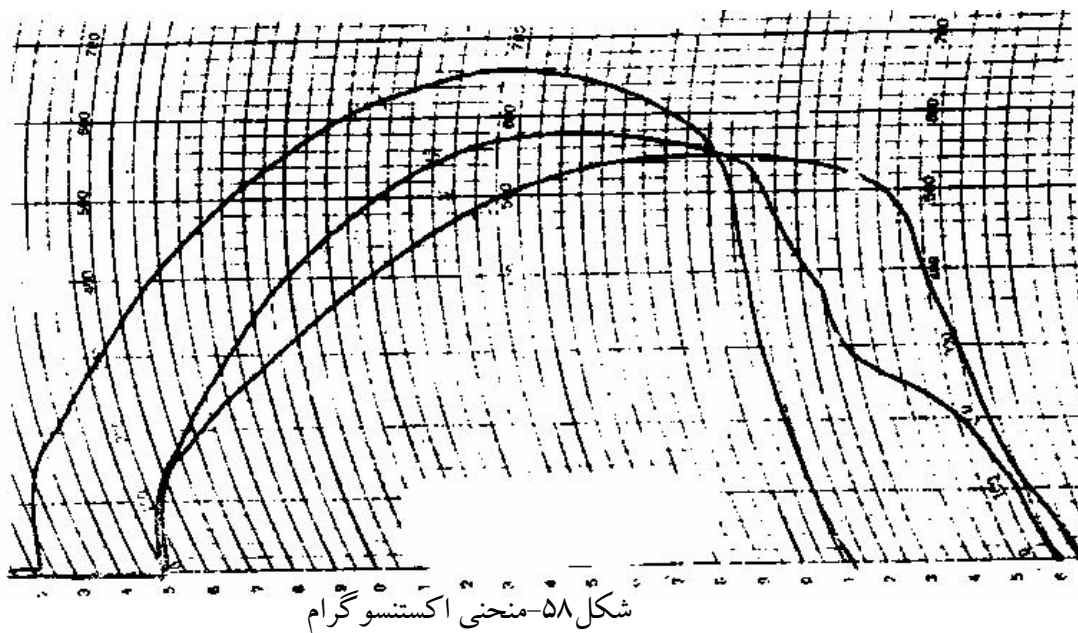
وسیله ای است که با کشیدن خمیر تا هنگام پاره شدن، خصوصیتی مانند مقاومت به کشش را اندازه گیری می نماید. همانگونه که در شکل شماره ۵۷ دیده می شود دستگاه از چندین قسمت تشکیل شده است. خمیر که ابتدا بصورت لوله در آمده در یک محفظه قرار گرفته و دو سر آن توسط گیره هائی ثابت می شود. این خمیر توسط چنگک به پایین کشیده شده و همزمان تغییرات به بازوها، سیستم اندازه گیری و بالاخره ثبات منتقل می گردند و در نهایت منحنی بدست می آید. در اینجا نیز وظیفه dashpot به حداقل رساندن حرکت بازوها می

باشد. به منحنی حاصل از دستگاه، اکستنسوگرام می گویند. دستگاه علاوه بر آنچه در تصویر دیده می شود دارای اتاقک های تخمیر، چانه کن و لوله کن نیز می باشد (در شکل نشان داده نشده است).



شکل ۵۷-بخش های مختلف دستگاه اکستسوگراف

در زمینه تفسیر اکستنسوگرام (شکل ۵۸) نیز چند شاخص وجود دارد که به آنها اشاره می گردد.



شکل ۵۸-منحنی اکستنسوگرام

## ۱- مساحت یا انرژی (Area)

سطح زیر منحنی را می گویند و بوسیله پلانیمتر planimeter اندازه گیری شده، بر حسب سانتی متر

مربع بیان می گردد و نشان دهنده کل انرژی مصرفی برای کشیدن خمیر است و با A نمایش داده می شود.

## ۲- مقاومت خمیر به کشش (Resistance)

ارتفاع منحنی بعد از ۵ دقیقه و یا حداکثر ارتفاع منحنی که بر حسب واحد برابندر بیان می شود. مقاومت

در ۵ دقیقه را با  $R_5$  و در نقطه حداکثر با  $R_{max}$  نشان می دهند.

## ۳- قابلیت کشش خمیر (Extensibility)

تمامی طول منحنی بر حسب میلی متر یا سانتی متر را قابلیت کشش خمیر می گویند و با E نشان می

دهند. با استفاده از دو فاکتور اخیر و تقسیم مقاومت به قابلیت کشش، ضریبی بدست می آید که معمولاً با

استفاده از آن آردهای مختلف، با یکدیگر مقایسه می شوند. این ضریب را با حرف D نشان می دهند. در شکل

شماره ۵۸ اکستنسوگرام یک آرد در سه زمان ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ دقیقه تخمیر، دیده می شوند. در این منحنی مقادیر

هر شاخص عبارتند از:

۴۵ دقیقه	۹۰ دقیقه	۱۳۵ دقیقه
$R_{max}=540 BU$	$R_{max}=580 BU$	$R_{max}=660 BU$
$E=209 mm$	$E=197 mm$	$E=187 mm$
$A=153 Cm^2$	$A=151 Cm^2$	$A=164 Cm^2$
$D=2/58$	$D=2/94$	$D=3/52 Cm^2$

## فصل هفتم

### روش ها، دستگاهها و مواد مورد نیاز جهت تهیه و پخت نان

#### روشهای تهیه خمیر

خمیر را می توان با استفاده از مخمر و یا ماده ای شیمیایی دیگری که تولید گاز بنماید (مانند بیکرنات سدیم یا جوش شیرین) تهیه نمود. در روش تهیه خمیر با مخمر، مواد فرموله شده شامل آب، آرد، نمک و مخمر و مواد دیگری مانند روغن، شیر خشک و... که در بعضی موارد استفاده قرار می گیرند، توسط یک همزن با یکدیگر مخلوط می شوند. چند عامل بر روش تهیه خمیر موثر می باشند که عبارتند از درجه حرارت، قوام خمیر، مقدار مخمر، مدت زمان تخمیر. تهیه خمیر با استفاده از مخمر می تواند به دو روش مستقیم (straight) dough و روش غیر مستقیم (spong and dough) صورت پذیرد. در روش مستقیم تمامی مواد یکباره در درون تگاز همزن ریخته شده و یا هم مخلوط می شوند. در تهیه خمیر به این روش باید به نکات ذیل توجه نمود:

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

ب) درجه حرارت آب مورد استفاده نسبتاً بالا باشد.

ج- حتی الامکان از بکار گیری آرد با کیفیت و کمیت پروتئینی ضعیف شود.

این روش دارای مزایا و معایبی است از جمله مزایای فوق، جلوگیری از عمل آنزیمهای پروتئولیتیک، صرفه جویی در نیروی انسانی و زمان و کاهش تاثیر عوامل خارجی بر روی خمیر بعلاوه کوتاه بودن زمان تخمیر است. از جمله معایب آن تشکیل کمتر اسیدها و ترکیبات آلی در خمیر است و در نتیجه نان عطر و بوی کاملاً خوبی نخواهد داشت و حتی ممکن است طعم و بوی تخمیر در آن به مشام برسد. همچنین حجم نان تولیدی در این روش بمراتب کمتر از حجم نان تهیه شده به روش غیر مستقیم خواهد بود. در روش غیر مستقیم دو نوع خمیر تحت عنوان خمیرهای اولیه و اصلی تولید می شود. بدین ترتیب که ابتدا مقداری از آب، آرد و تمام مخمر و احتمالاً غذای مخمر و یا قند را با هم مخلوط می کنند و پس از مدت زمانی که بستگی به فعالیت مخمر و درجه

حرارت دارد مخمرها رشد تکثیر کافی نموده و خمیر اولیه تهیه می شود. سپس آنرا به خمیر اصلی می افزایند. این روش نیز دارای مزایا و معایبی می باشد. مزایای آن شامل صرفه جوئی در مصرف مخمر، کوتاه شدن مدت زمان تخمیر نهائی، به تاخیر افتادن بیاتی نان به علت متورم شدن بهتر نشاسته و گلوتن و ایجاد طعم و بوی مناسب در نان است. معایب آن شامل افزوده شدن حجم کار و نیاز بیشتر به نیروی انسانی و وسائل و فضای فیزیکی است. روشهای دیگری نیز برای تهیه خمیر وجود دارد که از جمله آنها روش مداوم تهیه خمیر است که در آن با مصرف اسید اسکوربیک (۱۵ میلی گرم)، سیستین (۱۲ میلی گرم) و کلرور آمونیم خمیر تهیه می شود. این روش موسوم به روش کارلی وود (*Chorleywood*) بوده و در مدت کوتاهی، خمیر مهیا می گردد ضمن آنکه در فرمول آنها مواد چون شکر (۷/۵ گرم) چربی (۲-۳ گرم) نیز بکار گرفته شده است.

صرف نظر از روش بکار رفته پس از آنکه خمیر بخوبی مخلوط شد، توسط دستگاهی شبیه به گیوتین بشکل توده هائی با اندازه های نسبتاً مساوی و حجم های تقریباً برابر، در می آید. در مرحله بعد یا خمیر مستقیماً وارد قالب می شود آنچنانکه در مورد نانهای حجیم مرسوم است و یا آنکه بلافاصله توسط چانه گیر بشکل گلوله در می آید. هدف از گلوله نمودن خمیر در درجه اول جلوگیری از خروج گاز از خمیر بریده شده و سپس تسهیل شرایط (پهن کردن خمیر) در مراحل بعدی است. پس از قالب گیری و یا چانه کردن، مرحله تخمیر ثانویه (proofing) آغاز می شود. یعنی مدتی به خمیر اجازه داده می شود که ساختمان خود را باز سازی کرده، گاز از دست رفته را جبران نماید. در ارتباط با نان های حجیم، بعد از تخمیر ثانویه، خمیر آماده پخت می شود. در نانهای مسطح، یک مرحله پهن نمودن نیز وجود دارد.

بهبود دهنده ها

$\alpha$  - آمیلاز نه تنها در خمیر با تاثیر بر گرانول های آسیب دیده نشاسته، باعث تولید تولید قندهای ساده و افزایش میزان گاز دی اکسید کربن توسط مخمرها خواهد شد، بلکه در ابتدای دوره پخت یعنی زمانی که گازها در حال خروج و انبساط هستند نیز اثر خود را بر جای می گذارد، بدین ترتیب که با افزایش تدریجی درجه حرارت،

ویسکوزیته نشاسته بدلیل جذب آب، متورم شدن و تا حدودی ژلاتینه شدن بیشتر می گردد. که این امر می تواند از خروج گاز و در نتیجه انبساط خمیر جلوگیری نماید.  $\alpha$  - آمیلاز می تواند با شکستن بخشی از این نشاسته، ویسکوزیته را کم کرده به خروج گاز و افزایش حجم کمک نماید.  $\alpha$  - آمیلاز بر رنگ پوسته هم موثر است زیرا قندهای ساده و دکسترین بدلیل کاراملیزه شدن، رنگ قهوه ای را در پوسته بوجود می آورند و در نهایت آنزیم می تواند از سرعت و شدت بیاتی شدن کاسته، آن را به تاخیر بیندازد و عمر نگهداری محصول را افزایش دهد. زایلاناز، آنزیم دیگری است که می تواند همی سلولزهای نامحلول در آب را تجزیه کرده، آنها را به مواد صمغ مانند محلول در آب تبدیل می نماید و به این ترتیب قدرت خمیر را افزایش داده دیگر خواص آن را بهبود بخشد. پروتازها هم با تجزیه ناقص پروتئین ها، خواص مربوط به خمیرهای دارای پروتئین قوی و الاستیسیته کم را بهتر می کنند. لیپواکسیژناز (مثلاً بصورت آرد سویا حرارت ندیده) جهت روشن تر کردن رنگ آرد بکار میرود. امولسیفایرها و تثبیت کننده نیز می تواند خواص خمیر را بهتر نمایند.  $\alpha$  - سلولز در خمیرهایی که حالت چسبنده و لعاب مانند دارد مفید خواهد بود. مونو و دی گلیسریدها اسید ستریك و دی استیل تار تاريك اسید، سدیم استئاروئیل ۲ لاکتیلات، کلسیم استئاراگیل ۲-لاکتیلات و استئاریل تارتاراز جمله امولسیفایرهای هستند که در حد  $5000 \text{ mg/kg}$  بکار می روند. امولسیفایرها با پوشاندن سلولها و حباب هاب هوا (گاز) از خروج گاز جلوگیری کرده، مانعی برای بیاتی شدن هستند. صمغ ها ظرفیت جذب آب خمیر را بهتر می کنند.

اکسید کننده های مصرفی بعنوان بهبود دهنده مواد مختلفی را شامل می شوند ولی در اکثر موارد از گاز

کلر بمقدار حداکثر  $2500 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}$  (برای آرد کیک  $1800-1000 \text{ mg/kg}$ )، استفاده می گردد که ضمن رنگ

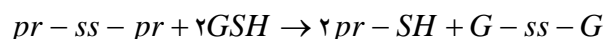
بری، توانایی تعدیل خواص نشاسته را هم دارد. دی اکسید کلر  $\text{ClO}_2$ ، هم رنگ بر و هم بهبود دهنده است که

با نام تجاری Dyox به بازار عرضه شده، حاوی حداکثر ۴ درصد دی اکسید کلر است و در آرد نان در

محدوده  $12-24 \text{ mg/kg}$  استفاده می شود و آن را از طریق عبور گاز کلر از محلول آبی کلرید سدیم تهیه می

نمایند. بنزوئیل پراکسید  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO})_2\text{O}_2$  یا  $\text{BzO}_2$  نوعی ماده رنگبر جامد است که معمولاً بصورت مخلوط

با مواد پرکننده بی اثر مانند کلسیم هیدروژن فسفات فسفات کلسیم و سدیم آلومینیوم سولفات و یا گچ تهیه می گردد و به نام تجاری Novadelox مشهور است. این مخلوط حاوی ۳۲ درصد بنزوئیل پراکسید است هر چند نوع ۱۶ درصدی بیشتر معمول می باشد. از آن در حد ۵۰-۴۵ میلی گرم برای هر کیلو گرم آرد استفاده می کنید و اثر آن در عرض ۴۸ ساعت ظاهر می شود و اثری در بهبود خواص آرد نداشته و تنها عمل رنگبری انجام می دهد. در گذشته برومات پتاسیم تا حد ۴۵ mg/kg و بعنوان اکسید کننده به آرد اضافه می شد اما اکنون استفاده از آن در سراسر جهان منع شده است و افزودن اسید اسکوربیک (ویتامین C) اکنون رایج است و هر چند اثرات مشابه با برومات را ندارد، اما خطری را متوجه انسان نمی کند. اسید اسکوربیک خود احیا کننده است و فرم اکسید آن یعنی دی هیدرواسکوربیک اسید (DHA) است که اثر اکسید کنندگی بر پروتئین را داراست. اثر آن در واقع بصورت واکنش بسیار سریع با گلوکاتیون موجود در آرد خواهد بود و می تواند گروه تیول آن را در حین ورز دادن خمیر به پیوند دی سولفید تبدیل نماید. اصولاً در حضور گلوکاتیون GSH، بدلیل خاصیت احیا کنندگی این ترکیب پیوندهای S-S باز شده، خمیر نرم تر می شود. (شکل ۲) با اضافه کردن اسید اسکوربیک بخشی از گلوکاتیون حذف شده، گلوتن و بدنبال آن خمیر قوی تر می شوند (شکل ۳)



باید توجه نمود که افزودن اسید اسکوربیک باعث افزایش سرعت عمل آوری نخواهد شد و صرفاً میتواند با قویتر نمودن گلوتن، به حفظ گاز کمک کرده، حجم خمیر و نان را بیشتر نماید. حداکثر مقدار مورد استفاده ۳۰۰ mg / kg است، ولی معمولاً در حد ۲۰۰-۱۰۰ mg/kg توصیه می شود. ترکیب شیمیایی دیگر در این زمینه آزو دی کربن آمید ADA (۱ و ۱ آزو بی فورامید) با فرمول شیمیایی  $NH_2CONNCONH_2$  است که نام های تجاری مختلفی مانند Maturox, Genitron و یا ADA 20% دارد و معمولاً حاوی ۱۰ تا ۲۰ درصد ADA است. البته Genitron دارای ۲۰ تا ۵۰ درصد آزو دی کربن آمید می باشد. این محصول بصورت مخلوط با سولفات کلسیم و کربنات منیزم عرصه می گردد و توانایی اکسید کردن گروههای تیول SH-را دارد



و بسیار سریع (حدود ۱۵ ثانیه) این عمل را انجام می دهد و باقیمانده آن در آرد بصورت بیوره خواهد بود. حداکثر مقدار مجاز آن ۴۵ mg/kg است ولی در شرایط معمولی ۲۵-۵ میلی گرم از آن برای هر کیلوگرم آرد بکار برده می شود. سیستین یک ماده احیا کننده است که بصورت طبیعی و بصورت یک اسید آمینه وجود دارد. از آن بصورت سیستین هیدروکلراید و یا سیستین هیدروکلراید منوهیدرات و به مقدار حداکثر ۷۵mg/kg در آرد نان و ۳۰۰ mg/kg در آرد بیسکویت استفاده می گردد و با نرم کردن خمیر، زمان لازم برای عمل آوری کامل خمیر را کاهش می دهد. جدول ذیل (شماره ۷) یک نمونه از ترکیب مجموعه ای از بهبود دهنده ها را نشان می دهد....

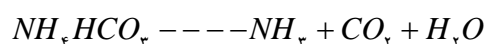
جدول ۷- بهبود دهنده های رایج به منظور بهبود خواص آرد

بهبود دهنده	مقدار (درصد) بر حسب وزن آرد
هیدروکلوئید	۱
لسیتین	۰/۱-۰/۳
مونوگلسیرید	۰/۲
اسید اسکوربیک	۱۰۰-۲۰۰ (پی پی ام)
سیستین	۵۰-۷۵ (پی پی ام)
اسیدهای آلی	۱
شکر	۱
SSL	۰/۲
گلوتن	۲
آرد سویا حرارت ندیده	۰/۵

## فصل نهم

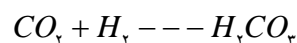
## فرآورده های تهیه شده از آرد گندمهای نرم

بر خلاف آرد گندم سخت که عمدتاً به مصرف تولید نان می رسند، از آرد گندمهای نرم محصولات مختلفی را میتوان تهیه نمود. از جمله این محصولات کراکرها، انواع کیک، انواع کلوچه و شیرینی، بیسکویت و... را می توان نام برد. از دیگر نکاتی که در رابطه با این نوع از آردها باید بدان اشاره نمود آن است که در تهیه محصولات آنها عموماً از مواد شیمیایی جهت عمل آوری (عمل آوری شیمیایی) استفاده می گردد. در عمل آوری محصولات حاصل از آرد گندمهای نرم معمولاً چهار نوع گاز دخالت دارند که عبارتند از: هوا، دی اکسید کربن، بخار آب یا الکل، آمونیاک. هوا عملاً مخلوطی از چهار گاز است و در همه حال و در تمامی محصولات وجود خواهد داشت. آب نیز در تمام فرآورده های وجود دارد، اما اثر عمل آوری آن کاملاً محدود می باشد زیرا که نقطه جوش آن نسبتاً بالاست و بنابراین بخار آب تنها در مواردی که محصول سریعاً حرارت داده می شود، مانند تهیه کراکر، نقش عمل آوری و پوک کنندگی دارد. مخمر مهمترین عمل آورنده نان بشمار می آید که تولید دی اکسید کربن و اتانول می کند ولی در شیرینیا کمتر از آن استفاده می گردد، چرا که اثرات شدیدی بر رئولوژی خمیر دارد، اثراتی که در محصولات آرد گندم نرم، مطلوب نمی باشد. دی اکسید کربن را می توان از طریق واکنش هائی شیمیایی نیز تهیه نمود بعنوان مثال از واکنش بیکربنات و یا کربنات با اسیدها، گاز دی اکسید کربن تولید می شود. همین واکنش است که عمدتاً از آن برای عمل آوری محصولات از آرد گندم نرم، استفاده می نماید. از منابع بسیار معمول بسیار برای تولید گاز دی اکسید کربن، بیکربنات های سدیم و آلومینیوم می باشند. بیکربنات آمونیوم تحت تاثیر حرارت تولید سه نوع گاز را می نماید:



از بیکربنات آمونیوم تنها در محصولاتی که به صورت نسبتاً خشک تهیه می شوند می توان استفاده نمود. در صورتی که درصد کمی رطوبت در محصول باقی بماند آمونیاک بوی نافذ آن نیز به مشام خواهد رسید بطوری

که وجود مقادیر ناچیز آمونیاک منجر به غیر قابل مصرف شدن فرآورده خواهد شد و به همین دلیل است که از آن بیشتر برای تهیه شیرینی های خشک و برخی انواع کراکر استفاده می نمایند. مزیت مهم استفاده از آن عدم تولید هر گونه نمک می باشد که در صورت وجود، در طعم و رئولوژی خمیر اثر سوئی را می نهد. از بیکربنات پتاسیم نیز هر چند می توان برای تولید دی اکسید کربن استفاده کرد، ولی بدلیل خاصیت هیگروسکوپی آن و نیز ایجاد طعم تلخ کمتر بهره گرفته می شود. بهترین ماده شیمیایی در این زمینه، بیکربنات سدیم (جوش شیرین) است. عوامل چندی از جمله ارزان قیمت بودن، سهولت دسترسی و استفاده و خلوص بالا حتی در نوع تجارتي باعث شده است تا از آن در موارد متعدد استفاده شود. بمنظور درک بهتر از نحوه اثر دی اکسید کربنی، کمی به شیمی دی اکسید کربن باید پرداخت. این گاز با آب واکنش داده، تولید اسید کربنیک می نماید.



بنابراین گاز می تواند بصورت دی اکسید کربن آزاد و یا یون های  $HCO_3^-$  و یا  $HCO_3^-$  هم دیده شود. مقدار هر یک از سه، توسط  $pH$  تنظیم می شود. در  $pH$  فراتر از ۸، گاز دی اکسید کربن دیگر وجود نخواهد داشت. برای حصول راندمان بهتر در تولید گاز و کنترل نمودن مقدار دی اکسید، مقداری اسید به خمیر اضافه می شود. بیکربنات سدیم در آب کاملاً محلول بوده و بهنگام مخلوط نمودن خمیر سریعاً در آب حل می شود. بدین ترتیب  $pH$  خمیر تا نقطه ای که گاز دی اکسید آزاد شود، افزایش می یابد. برای آنکه مقادیر زیادی گاز تولید شود باید خمیر حاوی اسید باشد. برخی از مواد موجود در محصول خود دارای اسید هستند در غیر اینصورت باید از موادی که حاوی جوش شیرین و یک اسید هستند (بعنوان مثال *baking powder*) استفاده نمود. این پودر، مخلوطی از جوش شیرین، یک یا چند اسید و یک رقیق کننده و یا پر کننده است. طبق مقررات نباید راندمان چنین مخلوطی کمتر از ۱۲ درصد گاز دی اکسید کربن باشد. تنظیم این امر عمدتاً با کنترل مقدار جوش شیرین انجام می شود. ماده پر کننده معمولاً نشاسته است. پودر های فوق به دو صورت *single* یا *double* تهیه می شوند. در نوع *double* پودر حاوی دو اسید است که یکی در درجه حرارت اتاق و دیگری در درجه حرارت

پخت واکنش می دهند. مقدار اسید لازم در فرمول baking powder بستگی به مقدار جوش شیرین و عدد خنثی اسید دارد. عدد خنثی را بدین ترتیب می توان محاسبه نمود:

$$100 \times 100 \text{ گرم اسید/گرم جوش شیرین} = \text{عدد خنثی}$$

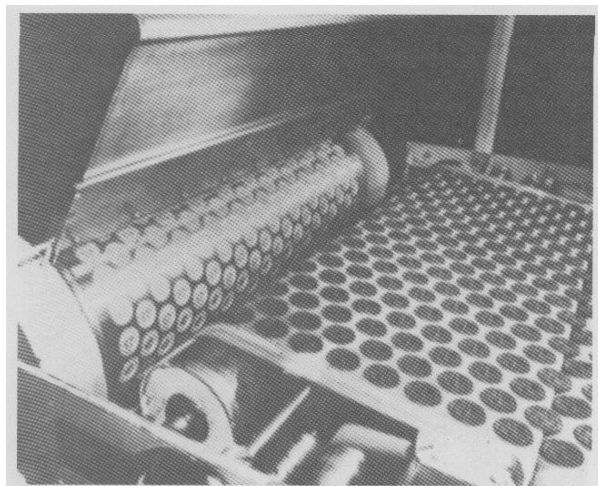
*pH* محصول نباید تحت تاثیر واکنش های فوق قرار گیرد. در صورت عدم استفاده از مقدار مناسب اسید، جوش شیرین اضافه نوعی طعم صابونی را در محصول بوجود می آورد. رنگ محصول نیز بستگی زیادی به *pH* دارد. اسیدهای مصرفی در تهیه پودرهای مصرفی در تهیه پودرهای نانوائی، در درجه حرارت های مختلف، سرعت واکنش متفاوتی را دارند. از جمله این اسیدها کرم تارتار یا نمک منو پتاسیم اسید تارتاریک است. اما بدلیل گران قیمت بودن بیشتر از منو کلسیم فسفات استفاده می گردد. ترکیبی که در درجه حرارت اتاق با جوش شیرین واکنش می دهد و بعنوان یکی از دو اسید پودرهای *double* بکار می رود. از انواع سدیم اسید پیروفسفات هم می توان استفاده نمود. مشکل عمده در رابطه با این نوع اسید بروز پدیده *after taste* است که بر روی دندانها و در دهان باقی می گذارد. این طعم که اصطلاحاً به آن طعم *pyro* گفته می شود ظاهراً بدلیل جایگزینی کلسیم سطح دندان با سدیم موجود در اسید می باشد. اسید دیگر سدیم آلومینیوم فسفات است که جدیدترین اسید مصرفی جهت تولید گاز می باشد و اسیدی است که در درجه حرارت پخت عمل می کند. سدیم آلومینیوم سولفات هم از اسیدهای است که در درجه حرارت پخت عمل می کند. سدیم آلومینیوم سولفات هم از اسیدهای است که در درجه حرارت پخت اثر می کند اما در ضمن باعث ضعیف شدن بافت شده و کمی طعم تند و تیز ایجاد می نماید.

محصولات مختلف تهیه شده از آرد گندم های نرم

### *Cookies*

این نوع فرآورده ها را از گندم نرم همراه با شکر بمقدار نسبتاً زیاد، روغن و کمی آب تهیه می کنند. خمیر این محصول نسبتاً خشک بوده خشک بوده و کمتر از ۲۰ درصد آب داشته فاقد الاستیسیته است و ترد و

سفت می باشد. گلو تن خمیر نباید در دوره مخلوط کردن تشکیل شبکه سه بعدی بدهد و قوام در آن بیشتر مربوط به حالت پلاستیکی روغن است. از جمله روشهای تهیه این نوع فرآورده های روش rotary-mold می باشد. در این روش عملیات نقش زنی و قالب زنی به صورت چرخشی و تواماً انجام می گیرد (شکل ۵۹).



شکل ۵۹- غلطک نقش و قالب زنی

تغییرات متعددی در ضمن تهیه این شیرینی پدید می آید. نخستین مرحله تولید مخلوط یکنواختی است که در آن هوا نیز وارد شده است. برای تهیه محصولی با کیفیت خوب لازم است ابتدا شکر و روغن با یکدیگر مخلوط شوند تا حالت خامه ای بوجود آید. در هر حال نیاز به تشکیل سه بعدی توسط گلو تن نمی باشد زیرا در غیر این صورت محصول سفت شده و شیرینی بخوبی پهن نخواهد شد. همچنین بدلیل استفاده زیاد از شکر و pH نسبتاً بالا، گلو تن نمی تواند آب زیادی جذب نموده و بنابراین تشکیل شبکه نخواهد داد. با قرار گرفتن خمیر در درون فر، اتفاقاتی چند بروز می کند. نخست روغن موجود در خمیر ذوب می شود و بدین ترتیب بخشی از خصوصیت پلاستیکی را در خمیر ایجاد می نماید، اثر دوم حل شدن باقیمانده شکر در روغن است. با حل شکر در روغن حجم محلول در سیستم افزایش می یابد.

### Cakes

کیک نیز مانند شیرینی دارای مقادیر زیادی شکر است با این تفاوت که در کیک آب زیادی نیز وجود دارد و به همین دلیل بعد از پخت محصول سبکتری را تولید می کند. در تولید کیک از مواد مختلفی مانند تخم

مرغ، شیر و روغن نیز استفاده می کنند. هدف از افزودن تخم مرغ، ایجاد حالت هوادهی و کمک به حفظ گاز و هوا در بافت است. شیر ضمن بالا بردن ارزش غذایی، تا حدودی باعث بهبود رنگ می شود و روغن علاوه بر اثر تردکنندگی، به نگهداری هوا در بافت کمک می نماید. نرم شدن بافت کیک در اثر حرارت، ناشی از ژلاتینه شدن نشاسته است. خمیر کیک سیالیت زیادی داشته و به آن اصطلاحاً batter می گویند. همانگونه که ذکر شد، در فرمول کیک مقدار زیادی شکر بکار رفته است که علاوه بر نقش شیرین کننده، با ایجاد تاخیر در ژلاتینه شدن نشاسته، باعث ایجاد تردی در بافت می گردد. عامل تولید سلولهای گاز در بافت کیک baking powder می باشد. در جدول ۷ فرمول چند نوع کیک دیده می شود.

جدول ۷- فرمول تهیه سه نوع کیک

Rich white layer cake	آنجل کیک	پاوند کیک	اجزاء
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	آرد
۱۴۰	۵۰۰	۱۰۰	شکر
۵۵	-	۵۰	روغن
			تخم مرغ
۷۶	۵۰۰	-	سفیده
۹۵	-	۵۰	کامل
۹۵	-	۵۰	شیر
۱/۳	-	-	پودر نانوائی

### Crackers

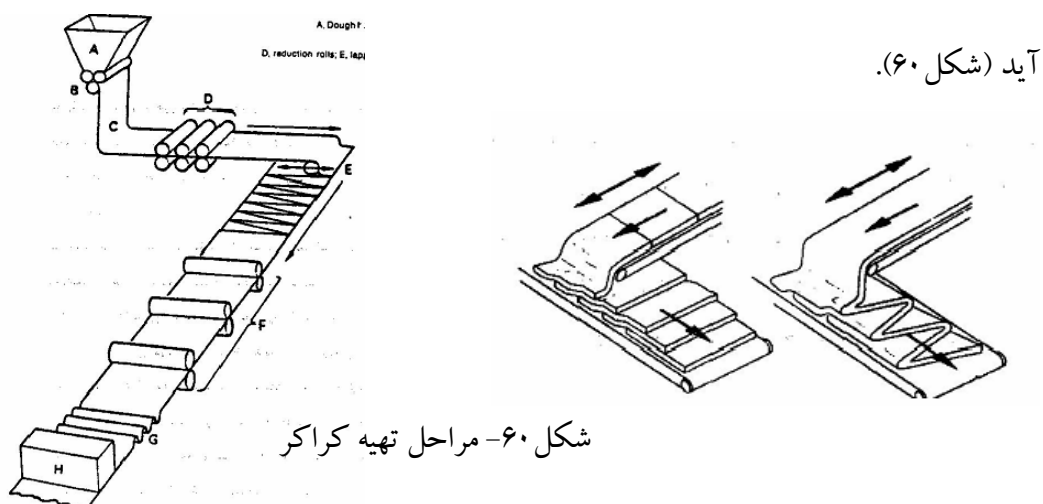
بطور کلی کراکر محصولی است که یا حاوی شکر نبوده و یا مقدار شکر در آن کم می باشد. مقدار چربی آن ۱۰ تا ۲۰ درصد بوده و دارای ۲۰ تا ۳۰ درصد آب می باشد. ماده عمل آورنده آن مواد چربی مواد شیمیایی و یا بخار آب است. کراکر نمکی محصولی است که در آن تخمیر بمدت طولانی انجام گرفته و دارای بافت سبک و لایه لایه می باشد. آن را به روش *Sponge and dough* تهیه می نمایند. در مرحله اول که مرحله *sponge* است تخمیر در حدود ۱۶ ساعت بطول می انجامد. ضمن این دوره،  $pH$  از حدود ۶ به حدود ۴ تنزل می یابد. برای رسیدن به این  $pH$  که در صنعت به آن اصطلاحاً *buffer* گفته شده ولی در واقع خمیر شب مانده است، استفاده

می کنند. در حین انجام تخمیر خمیر خاصیت الاستیک خود را تا حدودی از دست می دهند. آنزیمهای پروتولیتیک که در  $pH$  حدود ۴/۱ فعال هستند. هر چند در تعدیل خصوصیات موثر هستند. اما در این زمینه خاص کمتر دارای اثر می باشند زیرا تغییر در خصوصیات الاستیک خمیر در ۵ ساعت اول تخمیر بروز می نماید و در این مدت  $pH$  هنوز بالا می باشد.

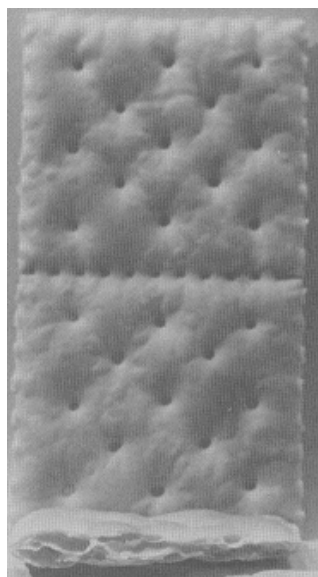
جدول ۸- فرمول تهیه کراکر نمکی

اجزاء	Sponge%	Dough
آرد	۶۵	۳۵
آب	۲۵	-
مخمر	۰/۴	-
چربی	-	۱۱
نمک	-	۱/۸
جوش شیرین	-	۰/۴۵

بعد از انجام تغییر تخمیر، مابقی اجزاء به خمیر اولیه می شود. در این مرحله، خمیر حاوی مقادیر کافی بیکربنات سدیم است تا  $pH$  خمیر را به حدود ۷ برساند. برای آنکه محصولی از نظر طعم و بافت دارای وضعیت مناسبی باشد،  $pH$  آن باید به حدود ۷/۲ برسد. تخمیر dough نیز حدود ۶ ساعت بطول می انجامد. با توجه به  $pH$  بالا باکتری ها امکان رشد را نیافته و می توان انتظار داشت که تخمیر غالباً توسط مخمرها انجام گیرد. بعد از حدود ۲۴ ساعت، خمیر آماده فرآیند است که طی آن خمیر بصورت لایه لایه (laminated) (مرحله E) در می



معمولاً ۸ لایه که ضخامت هر یک ۰/۳ سانتی متر است روی هم قرار می گیرند. بعد از این مرحله خمیر از میان چند غلطک عبور می کند (مرحله F) تا ضخامت آن از حدود ۲/۵ سانتی متر به ۰/۳ میلی متر برسد. مرحله بعد مرحله چین انداختن (مرحله G) است تا بدین ترتیب از بهم چسبیدن کامل لایه ها جلوگیری شود. آخرین مرحله docking یا دوختن (مرحله H) است (شکل ۶۱).



شکل ۶۰- کراکر پخته و دوخته شده همراه با مقطع عرضی  
نشان دهنده بافت داخلی

انجام این مرحله باعث می شود که لایه ها ضمن حفظ ساختار خود، براحتی از یکدیگر جدا نشوند. بعد از این قسمت، نمک به میزان ۲/۵ درصد وزن خمیر اضافه شده و سپس مرحله پخت انجام می شود. معمولاً فرهای پخت کراکر، ۱۰۰ متر طول و ۱ متر پهنا دارند. کف نقاله ها در فر به صورت مشبک است تا رطوبت از قسمت زیرین کراکر خارج شود، در غیر اینصورت، کراکر جمع شده شکل فنجان بخود می گیرد. زمان پخت حدود ۲/۵ دقیقه و درجه حرارت پخت ۲۳۰ درجه است. اعمال سریع حرارت، آب درون خمیر را رسریعاً تبخیر نموده باعث پف کردن آن می گردد. بعد از پخت باید کراکر را بمنظور اجتناب از ترک برداشتن، باآهستگی خنک نمود.

### *Biscuits*

محصولی است که آن را از آرد و شکر و روغن تهیه می کنند. در آن عمل تبخیر انجام نمی گیرد و تخلخل محصول بواسطه وجود مواد شیمیایی است. عطر و طعم آن بیشتر تحت تاثیر جوش شیرین و اسیدهای آن مورد مصرف در بیکنینگ پا در است. فرآیند بسیار ساده ای داشته و بعد از مخلوط نمودن اجزاء، خمیر را در



حد مورد نظر پهن نموده، برش داده و وارد قسمت پخت می کنند. بعد از پخت، سرد کردن بیسکویت باید بآرامی انجام گیرد زیرا سرد کردن سریع باعث ترک برداشتن بیسکویت می شود. ترکهای ریزی که در مرحله حمل و نقل باعث خرد شدن محصول و افزایش ضایعات و کاهش بازارپسندی می شوند. اصولاً بعد از خروج بیسکویت از فر، رطوبت در تمامی قسمتهای آن یکسان نمی باشد. در وسط رطوبت زیاد و در کناره ها کمتر است، در اثر تبادل سریع رطوبت بین مرکز و لبه ها، بیسکویت تحت فشار قرار خواهد گرفت و در صورتیکه الاستیسیته مناسب نباشد ترک های ریزی در آن ایجاد خواهد شد. برای جلوگیری از آن باید:

۱- عملیات پخت طوری انجام شود که اختلاف رطوبت مرکز و لبه ها زیاد نباشد.

۲- تبادل رطوبت مرکز و لبه بکندی صورت گیرد.

۳- بیسکویت دارای انعطاف پذیری خوبی باشد.

تا زمانی که بیسکویت داخل فر است انعطاف کافی دارد و دچار ترک خوردگی نمی شود ولی پس از خروج از فر اگر خوب پخته نشده و یا سریع پخته شده باشد امکان ترک خوردگی زیاد است. همچنین اگر رطوبت نسبی هوای اطراف محصول پس از خروج از فر نسبتاً بالا باشد تبادل رطوبت مرکز و لبه ها کندتر انجام شده از انقباض بیسکویت تا حد زیادی جلوگیری می شود. از دیگر عوامل نحوه خمیر کردن است. اگر مخلوط کردن خصوصاً در محصولاتی که روغن کمی دارند بخوبی انجام نگیرد. محصول ترک بر خواهد داشت. نقش مواد اولیه هم مهم است بدین ترتیب که:

۱- آرد اگر دارای الاستیسیته کافی باشد محصول ترک نمی خورد.

۲- قند انورت بواسطه خاصیت هیگروسکوپی خود از تبادل سریع رطوبت جلوگیری می کند.

۳- روغن در حد ۲۰-۵ درصد باعث کاهش ترک خوردگی می شود.

همچنین به نحوه علامت زدن و نوع حروف که باعث نازکی محصول میشوند باید دقت نمود، خصوصاً اگر نوشته ها عمود بر جهت حرکت نوار باشند. افزودن خرده خمیر هم باعث شکستن آن می شود. در صورت

استفاده از خرده خمیر، باید آن را بمدت ۱۰ تا ۲۰ دقیقه بحال خود گذارد. نحوه و میزان پهن شدن خمیر بیسکویت نیز مهم می باشد. در صورتی که در حین پهن کردن خمیر به آن استرس وارد شود، اثرات نامطلوبی را به جای می گذارد و به این دلیل گاهی بجای یک غلطک از چند غلطک استفاده می نمایند. pH خمیر هم در پهن شدن آن موثر است. هر چه pH بیشتر باشد، خمیر بهتر پهن می شود. در رابطه با میزان مواد اولیه باید گفت که هر چه از شکر و روغن بیشتری استفاده شود، خمیر بیشتر پهن می شود.

### Wafer

هر چند این محصول بعنوان یکی از انواع *cookies* بشمار می آید، اما دارای تفاوت‌های اساسی با آنها می باشد زیرا فاقد شکر بوده و مقدار روغن در آن کم است و از آب بمیزان بسیار زیاد در تهیه آن استفاده شده است (جدول شماره ۹). آرد مصرفی دارای درصد استخراج پایینی بوده (آرد کاملاً سفید) و عموماً از گندم های سفید تهیه می گردد. وجود ذرات سبوس گندم های قرمز در محصول نهائی باعث تنزل کیفیت آن می شود.

جدول ۹- فرمول تهیه نان ویفر یا نان بستنی

اجزاء	مقدار (براساس مقدار آرد مصرفی)
آرد	۱۰۰
آب	۱۳۵
بیکربنات سدیم	۰/۳۷۵
نمک	۰/۵
لیستین	۱/۵
روغن (نارگیل)	۱

قدرت آرد از دیگر عواملی است که بر کیفیت محصول اثر می نهد. در صورتیکه آرد بسیار ضعیف باشد. محصول بشدت فشرده خواهد شد و اگر آرد بسیار قوی باشد، نان ویفر حاصله کاملاً سخت و سفت می گردد. خمیر نان ویفر که به آن هم *batter* گفته می شود باید عاری از تکه های درشت و کلوخه مانند باشد و از این رو در نحوه مخلوط نمودن باید دقت کافی صورت پذیرد ضمن آنکه باید توجه نمود که بهم زدن بیش از حد خمیر و یا نگهداری آن بمدت طولانی باعث جدا شدن رشته های گلوتن از فاز آبی خواهد شد و بنابراین باید خمیر را

بمقدار کم تهیه نموده و در مدت زمان کوتاهی بمصرف رسانید. وجود بیکربنات سدیم در محصول صرفاً بدلیل تنظیم  $pH$  است و در اینجا بعنوان عامل تولید گاز مطرح نمی باشد. بلکه بخار آبی که در ضمن پخت از محصول متصاعد می شود بعنوان ماده پوک کننده عمل می نماید. عملیات پخت در یک سیستم کاملاً بسته که اجزائی شبیه به اطو بخار دارد. انجام می گیرد. صفحات زوجی لولادار بدنبال دار یکدیگر و بر روی یک زنجیره بی پایان و در درون محفظه حرارتی، حرکت می نمایند. این صفحات بطور خودکار بار شده و خمیر نان و یفر بر روی سطح شیاردار صفحه پایینی ریخته می شود و پس از بسته شدن، وارد محفظه می شوند. بعد از پخت، نان حاصله ضمن آنکه بصورت ورقه هائی بر روی هم چیده می شود و کرم پر کننده بین لایه های آن قرار می گیرد. ماده پر کننده عموماً شامل روغن، شکر پودر شده (*pulverized sugar*)، مواد معطره و پودر خرده های نان و یفر می باشد. لایه های پس از عبور از یک تونل سرد یا یخچال با استفاده از چند ردیف سیم نازک به قطعات مناسب بریده شده، بسته بندی می گردند. در این محصول شکنندگی خصوصاً در نان بستنی قیفی کاملاً مشهود و مشخص می باشد.

**فراورده های ته بندی (لب چره ها) Break fast and snack cereal***Corn Flake*

از دسته محصولات *ready to eat* می باشد و برای تهیه آن از ذرت استفاده می شود. ذرت بصورت خشک آسیاب شده و طی این آن معمولاً اندوسپرم به دو قسمت شکسته میشود. قطعات درشت، مواد اولیه برای تهیه محصولی بنام *corn flake* بشمار می آیند و تمامی مشخصه های خود را در طول فرآیند حفظ نموده و هر یک تشکیل یک پرک را می دهند. قطعات درشت ذرت یا *grits* در ظروف تحت فشار و در محلول حاوی شکر، مالت و نمک پخته میشوند. شرایط پخت شامل فشار بخار  $18 \text{ PSI}$  بمدت ۱۲۰ دقیقه است. ایجاد حالت نیم شفاف و یکنواخت پس از پخت نمایانگر وضعیت مناسب پخت است و نشان می دهد که آب بخوبی تا مرکز قطعات نفوذ کرده است. پس از پخت توده های بهم چسبیده را از هم جدا و قطعات پخته شده را تا حدودی و معمولاً در خشک کن های برجی که با جریان غیر همسو کار می کنند خشک می کنند (از بالا قطعات ذرت و از پایین هوای حدود ۶۵ درجه سانتیگراد) و ارتفاع برج گاهی تا چندین متر می رسد. این فرآیند قسمت خارجی قطعات را خشک کرده بطوری که به یکدیگر نچسبند. بعد از پخت قطعات دارای حدود ۵۰ درصد رطوبت هستند که در خشک کن به ۲۰ درصد می رسد. از آنجا که توزیع رطوبت یکسان نیست یک مرحله *tempering* (در حدود ۲۴ ساعت) لازم است تا رطوبت متعادل شود. پس از این مرحله قطعات آماده پرک شدن هستند و به این منظور از غلطک های صاف و بزرگی که وزن هر یک بیشتر از تن است، استفاده می نمایند. در محل تماس گریس با غلطک، فشار معادل ۴۰ تن است. پس از بیرون آمدن از غلطک ها، پرک ها را بمدت ۵۰ ثانیه و در ۳۰۰ سانتی گراد تست می نمایند. این عمل نه تنها محصول را تا حد ۳ درصد خشک می کند بلکه حالت تاول زده نیز بدان می بخشد. بعد از سرد شدن می توان محلول ویتامین و املاح را روی آن اسپری نمود.

*Puffed cereal*

از دیگر محصولات در این دسته فرآورده های پف کرده می باشند. برای تهیه آنها به روش های خاصی دانسیته کاهش می یابد. روشهای عمده تولید این محصولات عبارتند از:

#### ۱- استفاده ناگهانی از حرارت در فشار اتمسفری

در این روش بخار قبل از آنکه فرصت پخش در سطح ذرات را داشته باشد تبخیر می شود. تبخیر درونی منجر به افزایش حجم و پف کردن می شود.

۲- انتقال ناگهانی قطعه گرم و حاوی رطوبت به فضائی با فشار پایین که در نتیجه آب این امکان را می یابد که بطور ناگهانی تبخیر شود.

۳- بکار گیری اکسترودر که در آن از تغییرات فشار و درجه حرارت بصورت همزمان استفاده می شود. در این روش ذرات نسبتاً درشت ذرت با بخار آب و اسید سیتریک مرطوب شده و به درون اکسترو در فرستاده می شود. حرارت درون دستگاه توسط بخار آب تامین می شود. در درجه حرارت و فشار بالا محصول تبدیل به یک توده انعطاف پذیر شده است. درجه حرارت اکسترو در ۱۷۷ درجه سانتی گراد بوده و فشار در سراسر اکسترودر به ۵۰۰ پاوند بر اینچ مربع می رسد. بمحض خروج توده، بدلیل آزاد شدن فشار، رطوبت سریعاً خارج شده ضمن افزایش حجم باعث سرد شدن محصول می گردد.

#### Pretzel

#### چوب شور

این دسته از غذاهایی لب چره، محصولاتی منحصر بفرد از نظر شکل و سطح پخت می باشند. فرمول آنرا می توان در جدول ۱۰ مشاهده نمود که مخمر و بی کربنات آمونیوم در ترکیب آن بکار رفته است و مقدار آب از آنچه برای تهیه نان بکار می رود کمتر است و از این رو خمیر تهیه شده سفت و خشک است. خمیر پس از تهیه بشکل یک طناب در می آید آنگاه بصورت مارپیچ بافته شده و سپس از پرس عبور داده می شود تا گره ها کاملاً تشکیل شوند زمان تخمیر آن کوتاه و حدود ۳۰ دقیقه است. بعد از شکل گیری به مدت ده دقیقه تخمیر ثانویه (proof) انجام می گیرد و پس از آن بدرون حمام یک درصدی هیدروکسید سدیم وارد می گردد و

مقدار (برحسب وزن آرد)	جزء تشکیل دهنده محصول
۱۰۰	آرد
۱/۲۵	روغن قنادی
۱/۲۵	شریت مالت
۰/۲۵	مخمیر
۰/۰۴	بی کربنات آمونیوم
۴۲	آب

بمدت ۲۵ ثانیه در آن می ماند. درجه حرارت حمام  $93^{\circ}\text{C}$  است. حمام نشاسته موجود بر روی سطح محصول را ژلاتینه می کند. بلافاصله پس از خروج از حمام به آن نمک دانه درشت می زنند (در حدود ۲ درصد) و در مرحله بعد در درون فر پخته می گردد. درجه حرارت فر ابتدا بالا بوده تا نشاسته ژلاتینه شده در سطح کاراملیزه گردد و رنگ قهوه ای در محصول ایجاد گردد، ضمن آنکه از شدت حرارت رفته رفته کاسته می شود زیرا در غیر اینصورت محصول خصوصاً در نواحی گره ها شکننده شده، در حین حمل و نقل ضایعات را افزایش می دهد. اخیراً بجای تهیه محصول به اشکال ماریچی و بافته شده، آن را بصورت یک چوب (چوب شور) در می آورند که در مرحله پخت می توان از درجه بالا و زمان کوتاه استفاده نمود. این سؤال پیش می آید که چه اتفاقی برای هیدروکسید سدیم می افتد. هیدروکسید سدیم با دی اکسید کربن واکنش داده تولید جوش شیرین می نماید. می توان بجای هیدروکسید سدیم از کربنات سدیم استفاده نمود. در تهیه Bagel که آن هم از همین دسته است، خمیر پس از شکل گیری بمدت کوتاهی در آب جوش قرار گرفته و سپس و بعد از خروج از آب جوش، پخته می شود. برای تهیه pretzel و محصولات مشابه معمولاً از آرد نرم حاوی ۹/۵ درصد پروتئین استفاده می گردد.

## فصل یازدهم

### گندم دروم و تهیه محصولات Pasta از آن

تا این اواخر منشاء گندم دروم را کشورهای ایتالیایی و مصر فعلی می دانستند که به مرور از آنجا به کشورهای حوزه مدیترانه منتقل شده است. اما اکنون مطالعات دقیق نشان می دهد که خانواده گرامینه، اعم از گندم های معمولی و دروم از مناطقی واقع در کوههای زاگرس، حد فاصل مرزهای فعلی ایران و عراق نشأت گرفته و سپس در سه منطقه مصر، مدیترانه و سواحل شمالی دریای سیاه، گسترش یافته است.

فرآیند و آسیاب گندم دروم.

همانند گندم های معمولی، آسیاب گندم دروم با تمیز کردن آن آغاز می شود که در این زمینه از وسائل مختلفی جهت جدا سازی انواع ناخالصی شامل قطعات آهن، ذرات شن و ماسه، سنگ، کاسه دانه های غیره نظیر جو و ذرت، تخم علف های هرز، دانه های شکسته استفاده می شود. پس از تمیز کردن همچون گندم های معمولی، نوبت به مرحله مرطوب نمودن گندم می رسد که طی آن گندم برحسب میزان سختی و رطوبت برای مدت معینی در معرض مقداری آب قرار می گیرد و سپس جهت تعدیل رطوبت به مخازن tempering انتقال می یابد. گندم های سخت و خشک دروم در مقایسه با انواع نرم تر آن بمدت زمان بیشتری جهت مشروط شدن نیاز دارند. امروزه عمل مشروط کردن برای گندم دروم سخت بمدت ۱۶ تا ۲۴ ساعت و در حد ۱۷ تا ۱۷/۵ درصد رطوبت و برای گندم دروم سفید بمدت ۱۲ تا ۱۶ ساعت و در حد ۱۶/۵-۱۶ درصد رطوبت انجام می گیرد. بدین ترتیب با پایان این مرحله گندم جهت خرد شدن مهیا می شود. مرحله آسیاب خود شامل چند بخش خرد کردن، جدا سازی و کاهش اندازه است. در بخش اول، دانه خرد شده و تبدیل به سبوس، سمولینا و آرد می گردد. در بخش دوم یا جدا سازی، هدف خالص سازی سمولینا و قسمتهای خرد شده دانه و جدا سازی سبوس متصل به آنها می باشد که این عمل نیز توسط تعدادی غلطک انجام می گیرد. محصول حاصله به غربال ها رفته و از آنجا به purifier منتقل می شود. در purifier سمولینا خالص و انواع آرد با گرانول های مختلف بدست

خواهد آمد. مرحله بعد عبور سمولینا خالص از غلطک های کاهنده است تا سمولینای درشت به محصولی با اندازه ذرات یکنواخت و البته تا حدودی ریز تبدیل شود. در جدول ۱، توزیع ذرات با اندازه های مختلف بر روی غربال هائی با مش های متفاوت دیده می شود.

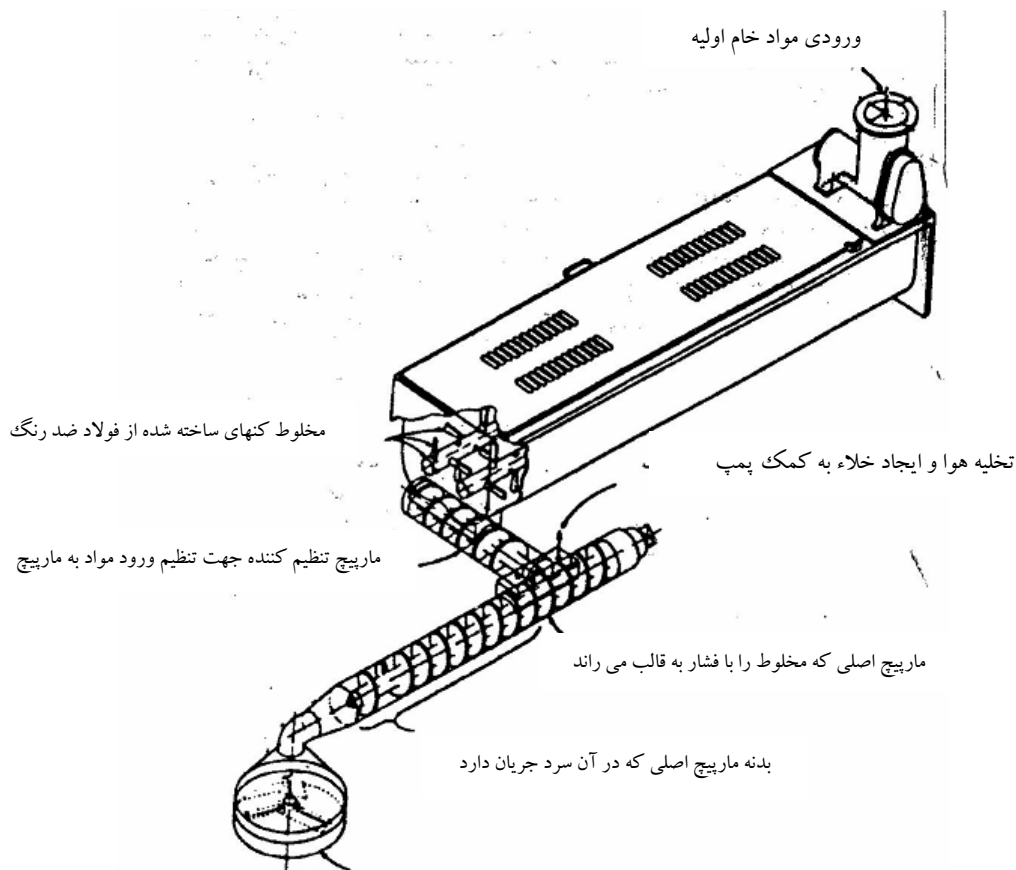
جدول ۱۰- اندازه ذرات سمولینا مناسب جهت تهیه انواع محصولات pasta

شماره غربال (مش)	قطر چشمه (میکرون)	درصد
روی ۲۰	۳۶۰	۰
روی ۴۰	۳۸۰	۲۲/۸
روی ۶۰	۲۳۰	۵۱/۶
روی ۸۰	۱۸۰	۱۴/۶
روی ۱۰۰	۱۸۰	۹/۳
زیر ۱۰۰	-	۱/۷

بدین ترتیب چیزی در حدود ۷۵ درصد ذرات، اندازه ایی بزرگتر از ۳۸۰ میکرون دارند که مناسب جهت انواع pasta می باشد. اکنون با توجه به جدول می توان سمولینا را چنین تعریف نمود: سمولینا عبارت است از آردی که باید تمامی ذرات آن از غربال شماره ۲۰ عبور نموده ولی نباید بیش از ۳ درصد ذرات آن از غربال شماره ۱۰۰ عبور نماید. معمولاً از آردی که ذرات آن کمتر از ۱۴۰ میکرون است نوعی pasta بنام noodle توصیه می شود. از دلایل انتخاب گندم دروم بمنظور تهیه انواع pasta می توان به سختی دانه، فعالیت کم آنزیم، رنگ وجود رنگ زرد کهربائی و مقدار پروتئین مناسب جهت فرآیندهای تهیه pasta اشاره نمود. در رابطه با سختی دانه» انجام test weight (TW) می تواند مفید واقع شود. در صورتیکه T.W گندم دروم  $\frac{kg}{lit}$  ۷۸ باشد این گندم بهترین حالت را خواهد داشت چرا که اصولاً دانه های با T.W بالا، حالت شیشه ائی و در نتیجه سختی بیشتری دارند. رنگ زرد کهربائی در گندم دروم بدلیل وجود پیگمانهای کارتنوئیدی است. برخلاف گندم معمولی وجود این رنگیزه ها مثبت تلقی شده و سعی در حفظ آنها می باشد. افزودن اسید اسکوربیک به مقدار ۳۰۰ PPM می تواند از بیرنگ شدن و یا ایجاد رنگ قهوه ایی جلوگیری نماید. حذف هوا در مراحل مختلف فرایند از



دیگر مواردی است که توصیه می شود. همچنین باید توجه داشت که هر چه اندازه ذرات کوچکتر باشد، تخریب رنگیزه ها و انجام واکنش های اکسیداسیون بیشتر خواهد شد و بنابراین در هنگام آسیاب باید توجه خاصی مبذول شود. *Pasta* به محصولاتی که از گندم دروم و توسط دستگاهی بنام اکسترودر تهیه شده اند، اطلاق می گردند. باید توجه داشت که حتی با این تعریف، انواع مختلفی از این محصولات، حتی تا ۷۰ نوع امروزه تولید می شوند. فرآیند تولید بسیار ساده است. آب تا حدی که رطوبت خمیر به ۳۱ درصد برسد به سمولینا افزوده می گردد. این مخلوط تا رسیدن به یک خمیر یکنواخت ورز داده شده و سپس وارد اکسترودر می گردد. پس از شکل گیری، خشک شده و بسته بندی می شود. اکسترودر بگونه ای ساخته می شود که امکان نفوذ هوا در آن وجود نداشته و یا آنکه خلاء در آن ایجاد می شود. هوا به دو دلیل می تواند اثر سوء بر محصول داشته باشد. اول آنکه در فاز آبی خمیر وارد شده، هنگام خروج خمیر از اکسترودر که فشار شدیداً کاهش می یابد بصورت حباب هائی در درون بافت ظاهر می گردد. این حباب ها علاوه بر آنکه به محصول ظاهر مات می دهند، امکان بروز شکستگی در محصول خشک شده را نیز افزایش خواهند داد. مشکل دومی که در ارتباط با وجود هوا مطرح است، مربوط به فعالیت آنزیم لیپواکسترناز است. گندم دروم در مقایسه با سایر انواع گندم، آنزیم کمتری دارد اما بهر حال همین مقدار کم در حضور اکسیژن و اسیدهای چرب غیر اشباع می تواند باعث رنگبری سمولینا شود. در ضمن حرکت خمیر در طول اکسترودر مقداری گرما تحت تاثیر فشار بالا تولید می گردد. برای گرفتن این گرما بدنه اکسترودر بصورت دو جداره ساخته می شود که در آن آب سرد جریان دارد و بدین ترتیب درجه حرارت خمیر در حد کمتر از ۴۵ درجه سانتی گراد نگهداشته می شود. فشار اکسترودر در حدود ۳۲۰۰-۲۸۰۰ PSI و میزان خلاء ۴۵۰ میلی متر جیوه است. (شکل ۶۱) در قسمت انتهائی اکسترودر، قالب قرار دارد که وظیفه شکل دهی به خمیر را دارد. سطح داخلی قالبها بر ظاهر محصول و سرعت اکسترودر موثر بوده و جنس آنها اغلب از برنز است که بمرور زمان فرسوده شده و باعث تغییر شکل محصول می شود بنابراین بازدید از آنها ضروری است.



شکل ۶۱- دیاگرام نشان دهنده بخش های مختلف اکسترودر تک ماریچ

امروزه قالبها یا از جنس استیل ضد رنگ ساخته شده و یا آنکه سطح داخلی آنها با تفلون پوشانده می شود. محصول خارج شده از قالب هنوز دارای ۳۰ درصد رطوبت است که باید به حدود ۱۲ درصد برسد. در صورتیکه خشک کردن بسیار سریع انجام گیرد، محصول ممکن است دچار ترک خوردگی شود (*checking*) این ترک ها بصورت خطوط موئین در محصول ایجاد شده، باعث کاهش استحکام آن می شوند. اگر خشک کردن بصورت کند انجام گیرد، ضمن آنکه محصول تحت تاثیر وزن خود قرار گرفته و تغییر شکل می دهد، امکان رشد میکروب ها و کپک ها نیز زیاد می شود. از این رو، روشی ترکیبی برای خشک نمودن محصولات *pasta* توصیه می شود. بدین ترتیب که در عرض ۳۰ دقیقه با دمیدن هوای گرم، حدود ۴۰ درصد رطوبت را خارج می نمایند. بدین ترتیب امکان رشد میکروبها کم شده، از بهم چسبیدن رشته ها جلوگیری بعمل آمده، محصول دچار ترک خوردگی نخواهد شد. از این مرحله بعنوان *case hardening* یاد می شود و طی آن سطح خارجی رشته

های خشک شده ولی درون آنها مرطوب باقی می ماند. مرحله بعد عرق کردن است که در آن، محصول در محیطی با رطوبت نسبی بالا قرار داده می شود و به این ترتیب به رطوبت اجازه داده می شود که بصورت یکنواخت توزیع گردد. زمان انجام این مرحله ۲-۴ ساعت در رطوبت نسبی ۹۰ درصد می باشد. بعد از این مرحله، نوبت به مرحله نهائی خشک محصول می رسد که بین ۱۰ تا ۱۶ ساعت بطول می انجامد و بدین ترتیب رطوبت به حدود ۱۲ درصد خواهد رسید.

از جمله محصولات تولید شده با این فرایند می توان به ماکارونی، اسپاگتی، ورمیشل، لازانیا (*Lasagna*)، فتوچینی، (*Fettuccine*)، ریگاتونی (*Rigatoni*) که نوعی ماکارونی با قطر زیاد است، صدفی (*Shells*)، پیچ دار (*Rotini*)، برنجی شکل (*Orzo*)، پاپیونی (*Farfalle*) و انگشتی (*Manicotti*) اشاره نمود. ماکارونی محصولی است لوله ای شکل، توخالی، که قطر آن باید از ۲/۸ میلی متر بیشتر از و از ۶/۸ میلی متر کمتر باشد. اسپاگتی، نخنی شکل و توپر بوده و قطر آن بیشتر از ۱/۵ میلی متر و کمتر از ۲/۸ میلی متر است. قطر ورمیشل کمتر از ۱/۵ میلی متر است. لازانیا و فتوچینی نواری شکل و با ضخامت نسبتاً کم بوده و تفاوت آنها در عرض نوار می باشد. محصولات *pasta* را علاوه بر اشکال بلند و کوتاه، می توان بصورت کلاف (*skeins*) و یا لانه گنجشکی (*nest*) نیز تهیه نمود. از دیگر محصولات *pasta* می توان به انواع *noodle* اشاره نمود. نودل محصولی است که آن را از آرد (خواه سمولینا و یا فارینا)، آب و نمک تهیه می کنند و گاهی در فرمول آن تخم مرغ نیز بکار رفته است بطوری که محصول نهائی باید حداقل حاوی ۵/۵ درصد تخم مرغ باشد، اما در کشورهای چین و ژاپن که به مقدار زیاد از این محصول تهیه و مصرف می نمایند، تخم مرغ به محصول اضافه نمی شود. از طریق تعیین مقدار مواد آلی آزاد شده در آب پس از پخت محصول (در یک مدت معین) نیز، کیفیت آن را می توان بررسی نمود. در صورتی که مقدار مواد آلی ۱/۴ گرم بازای هر یکصد گرم محصول خام باشد نشان دهنده کیفیت خوب و. بین ۱/۴ تا ۱/۲، متوسط و بالاتر از ۲/۱، ضعیف می باشد.

## ضمیمه اول

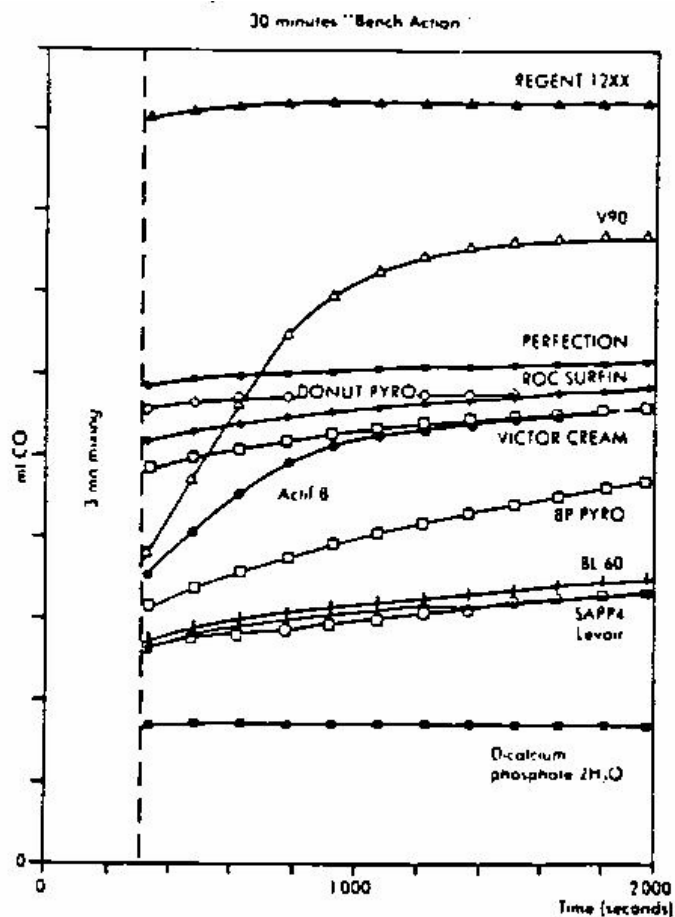
### اصول عمل آوری و تولید گاز در خمیر توسط Baking Powder

عمل آوری خمیر به فرآیند ویر آمدن و تولید گاز در خمیر کیک batter و یا مخلوط های مشابه گفته می شود و طی آن محصول نهائی ساختاری متخلخل پیدا نموده و بافت و طعم و مزه آن در مقایسه با محصولات فطیر (ورنیامده) بهبود چشمگیری می یابد. مواد شیمیایی عمل آورنده که امروزه در ترکیب B.P مورد استفاده قرار می گیرند، براساس واکنش بیکربنات سدیم قلیایی و نمک یک اسید و تولید گاز  $CO_2$ ، تهیه می شوند. واکنش در حضور رطوبت به هنگام تهیه خمیر آغاز شده و توسط حرارت و در هنگام پخت محصول تکمیل می گردد. این واکنش ممکن است در حد فاصل مابین مخلوط کردن خمیر و پخت نیز انجام شود که به آن اصطلاحاً bench action یا فعالیت در دوره استراحت گفته می شود. هر چند هر اسیدی می تواند در واکنش با بیکربنات سدیم، تولید گاز بنماید، اما انتخاب نهائی اسید به عواملی مانند سرعت آزاد شدن گاز، تناسب آن با محصول و بالاخره مدت زمان مخلوط کردن، ویر آمدن و پخت محصول دارد. به همین دلیل در بعضی موارد مانند pancake اسیدی انتخاب می شود که واکنش آن با بیکربنات صرفاً تحت تاثیر حرارت و در زمان نسبتاً کوتاه صورت گیرد و واکنش کمتر تحت تاثیر رطوبت باشد تا به این ترتیب خمیر در دوره استراحت، سیالیت خود را حفظ نماید. بالعکس در مورد خمیر کیک batter که پخت آن نیم ساعت و یا بیشتر بطول می انجامد اثر اسید در هنگام پخت باید به کندی صورت گیرد تا بدین ترتیب بافت کیک فرصت شکل گیری و تثبیت (set) را پیدا نماید.

#### انتخاب اسید و عوامل موثر بر این انتخاب

تولید گاز، سرعت تولید گاز، عدد خنثی (neutralizing value) و pH محصول نهائی از عواملی هستند که در این رابطه قابل بحث و بررسی می باشند. قبلاً ذکر شد که هر نوع اسیدی به هنگام واکنش با بیکربنات سدیم (جوش شیرین) قادر به تولید گاز می باشد و از این رو انواع اسیدها مانند اسید استیک (سرکه) تا

هیدروکلریک اسید، بدین منظور مورد استفاده واقع شده و می شود. سرعت تولید گاز خود به چند پارامتر مانند خصوصیات اسید (خلوص، غلظت و...)، طبیعت اجزاء تشکیل دهنده خمیر، مقدار رطوبت،  $pH$  و غیره بستگی دارد. سرعت تولید گاز در خمیر را معمولاً بصورت درصد گاز  $CO_2$  آزاد شده پس از مخلوط نمودن خمیر بمدت ۲ دقیقه بیان می نمایند و به آن *dough rate reaction (DRR)* گفته می شود. باید توجه نمود که انتخاب اسید، بستگی به نوع محصول، ترکیب آن، روش تهیه و از همه مهمتر، توانایی اسید در تولید گاز در زمان مناسب دارد. بررسی نحوه تولید گاز به هنگام مخلوط نمودن *mixing* و یا استراحت *beanch action* می تواند به شناخت چگونگی اثر اسیدهای مختلف، کمک بسیاری بنماید (شکل ۶۲).



شکل ۶۲- نحوه آزاد شدن گاز دی اکسید کربن در خمیر

همانگونه که در شکل ۶۲ مشاهده می شود، ترکیبی با نام تجاری V90 (منوکلسیم فسفات) در دوره استراحت مقدار زیادی گاز تولید می کند، حال آنکه  $SAPP_4$  (سدیم اسید پیروفسفات) در همین دوره گاز چندانی تولید

نخواهد نمود. عبارت دیگر ترکیب اخیر، بیشتر در حین پخت و تحت تاثیر حرارت، گاز تولید می نماید. نکته ای که در این میان جالب است، این می باشد که *DRR* هر دو تقریباً یکسان است (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- تعدادی از مواد عمل آورنده و خصوصیات هر یک

Leavening agent Type of brand First use	Chemical description	% Leavening Gas Release Rate* 2 Minutes after mixing	Applications
Yeasts (from early historic times)	None; these are living organisms	Virtually none	All bread or dough mixtures
Sour milk	CH <sub>3</sub> CHOHCOOH (lactic acid)	Almost all	All bread or dough mixtures
Buttermilk	CH <sub>3</sub> CHOHCOOH (lactic acid)	Almost all	
Eggs (whites or whole fresh)	None	None	Cake doughs
Wines, brandies and other liquors	Varying alcohols	None	Cake doughs
Cream of tartar 2 parts acid to one part soda (1835)	KHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> (Potassium bitartrate) (Potassium acid tartrate)	About 70%	All mixtures
Tartaric acid with cream of tartar (1845-1850)	[CH(OH)COOH] <sub>2</sub>	70-80%	General
Crude monocalcium phosphate, monohydrate, used in baking powders	Made of acidulated bone ash (contained free H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	60-70%	General
Sodium aluminium sulfate (1885)	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> •Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> •24H <sub>2</sub> O	None	General
Vinegar (usually with molasses) (early 1900's)	CH <sub>3</sub> COOH (acetic acid)	100%	General
Sodium acid pyrophosphate (SAPP) (early 1900's)	Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> •6H <sub>2</sub> O	Variable	General
Dried buttermilk or powdered cultured skimmed milk (1916)	CH <sub>3</sub> CHOHCOOH (lactic acid)	100%	All mixtures in which a buttermilk flavor is desired
PERFECTION*	Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (Sodium acid) pyrophosphate - high purity	40%	Chiefly to speed reaction of slower acting SAPP's
DONUT PYRO*	Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (Sodium acid pyrophosphate)	36%	Prepared doughnut mixes for automatic machines
VICTOR CREAM*	Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (Sodium acid pyrophosphate)	32%	Varied; used in many prepared mixes
B.P. PYRO*	Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (Sodium acid pyrophosphate)	28%	Refrigerated canned biscuit doughs, baker's high-strength baking powder and baking cream
SAPP4	Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (Sodium acid pyrophosphate)	22%	Canned biscuits; especially effective when used in combination with LEVAIR
REGENT* 12XX (1937)	CaH <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> •H <sub>2</sub> O (Monocalcium phosphate, monohydrate)	60%	Pancake mixes (often with V-90), cookie mixes, bread improvers, double-acting baking powders
V-90* (1939)	CaH <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (Anhydrous, coated monocalcium phosphate), anhydrous	24%	Prepared cake mixes, self-rising flour and corn meal, pancake and waffle mixes, baking powder, "rope" preventive in yeast breads
Dicalcium phosphate dihydrate, N.F.	CaHPO <sub>4</sub> •2H <sub>2</sub> O	0%	Usually formulated with MCP or LEVAIR to adjust pH
LEVAIR* (1951)	NaH <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> •4H <sub>2</sub> O (Sodium aluminium phosphate) acidic	22%	All types of prepared mixes, especially pancakes, biscuits, baking powders and in canned biscuits with SAPP4
BL-60*	Sodium aluminium phosphate, acidic with aluminium sulfate, anhydrous	22%	Cake mixes using highly emulsified shortenings
acHf-8*	Combination of Sodium aluminium phosphate, acidic and V-90 (above)	23%	Self-rising flour

The following list gives a brief systematic outline of typical leavening agents, including the many types developed

by Stauffer during the past half century. The list is not intended to be exhaustive but to cover the most significant steps in the history

of leavening. Following the list are more detailed accounts of individual leavening agents in common use today

فاکتور بعدی که باید بدان اشاره نمود، عدد خنثی است و آن عبارت است از عددی که بیانگر نسبت بیکربنات سدیم بر حسب گرم یا کیلوگرم مورد نیاز جهت واکنش با ۱۰۰ گرم یا کیلوگرم اسید و تبدیل آن به گاز CO<sub>2</sub> می باشد. بنابراین در صورتی که ۱۰۰ کیلوگرم اسید جهت خنثی نمودن ۵۰ کیلوگرم بیکربنات سدیم مورد نیاز باشد، عدد خنثی بدین ترتیب محاسبه خواهد شد.

$$N.V. = \frac{a}{b} \times 100$$

که در آن:

*a*: کیلو گرم بیکربنات سدیم خنثی شده

*b*: کیلو گرم اسید مصرفی

ارزش عملی این فرمول در آن است که می توان بوسیله آن مقدار اسید لازم (با عدد خنثی مشخص

در جدول ۱۲) جهت بی اثر نمودن مقدار معینی جوش شیرین را تعیین نمود.

جدول ۱۲- عدد خنثی در برخی انواع اسیدهای مورد استفاده در پودر نانوائی

فسفاتها (نام تجاری)	نام شیمیایی	عدد خنثی	مقدار اسید مورد نیاز (کیلوگرم)	pH محصول نهایی
Regent® 12XX	منوکلسیم مونوفسفات هیدراته	۸۰	۱۲۵/۰	۷/۳ تا ۷/۶
VqO®	منوکلسیم مونوفسفات بدون آب	۸۳	۱۲۰/۵	۷/۳ تا ۷/۶
PERFECTION®	سدیم اسید پیروفسفات	۷۲	۱۳۸	۷/۷ تا ۸/۳
DONUT PYRO®	سدیم اسید پیروفسفات	۷۲	۱۳۸	۷/۷ تا ۸/۳
VICTOR CREAM	سدیم اسید پیروفسفات	۷۲	۱۳۸	۷/۷ تا ۸/۳
B.Q.PYRO®	سدیم اسید پیروفسفات	۷۲	۱۳۸	۷/۷ تا ۸/۳
SAAPP#4	سدیم اسید پیروفسفات	۷۲	۱۳۸	۷/۷ تا ۸/۳
LEVAIR®	سدیم آلومینیم فسفات اسید	۱۰۰	۱۰۰	۷/۷ تا ۸/۳
BL-60®	سدیم آلومینیم فسفات اسید با آلومینیم سولفات بدون آب	۱۰۰	۱۰۰	۷/۲ تا ۷/۴
Actif-B®	سدیم آلومینیم فسفات اسید با منوکلسیم مونوفسفات بدون آب	۸۰	۱۲۵	۷/۰-۷/۲

بعنوان مثال در صورتی که هدف فرموله نمودن نوعی B.P باشد که طی آن از ۱۲ کیلوگرم جوش شیرین استفاده

گردد چه مقدار اسید با عدد خنثی برابر با ۸۰ جهت تبدیل کامل مخلوط به گاز CO<sub>2</sub> مورد نیاز می باشد؟

با توجه به فرمول می توان نوشت:

$$(NV) (b) = (a) (100)$$

$$80b = 1200 \longrightarrow b = 15$$

یعنی ۱۵ کیلوگرم اسید با NV=۸۰، قادر است ۱۲ کیلوگرم جوش شیرین را خنثی و تبدیل به گاز CO<sub>2</sub> نماید.

در صورتی که هدف ایجاد طعم و مزه تند و تیز در محصول نهائی باشد، این عمل را می توان با افزودن مقدار

بیشتری اسید و کاهش pH انجام داد که بدین ترتیب مقداری اسید در محصول باقی خواهد ماند. از آنجا که

رنگ، طعم و مزه pH بافت و... در ارتباط با مقدار اسید مصرفی خواهد بود، بنابراین کنترل pH کاملاً ضرورت

دارد. استفاده بیش از حد از اسید، باعث ترش شدن (tartness) محصول نهائی خواهد شد و کم بودن مقدار آن

سهم بیکربنات سدیم را در مخلوط افزایش داده، ایجاد حالت قلیایی نموده، محصول طعم و مزه صابونی پیدا

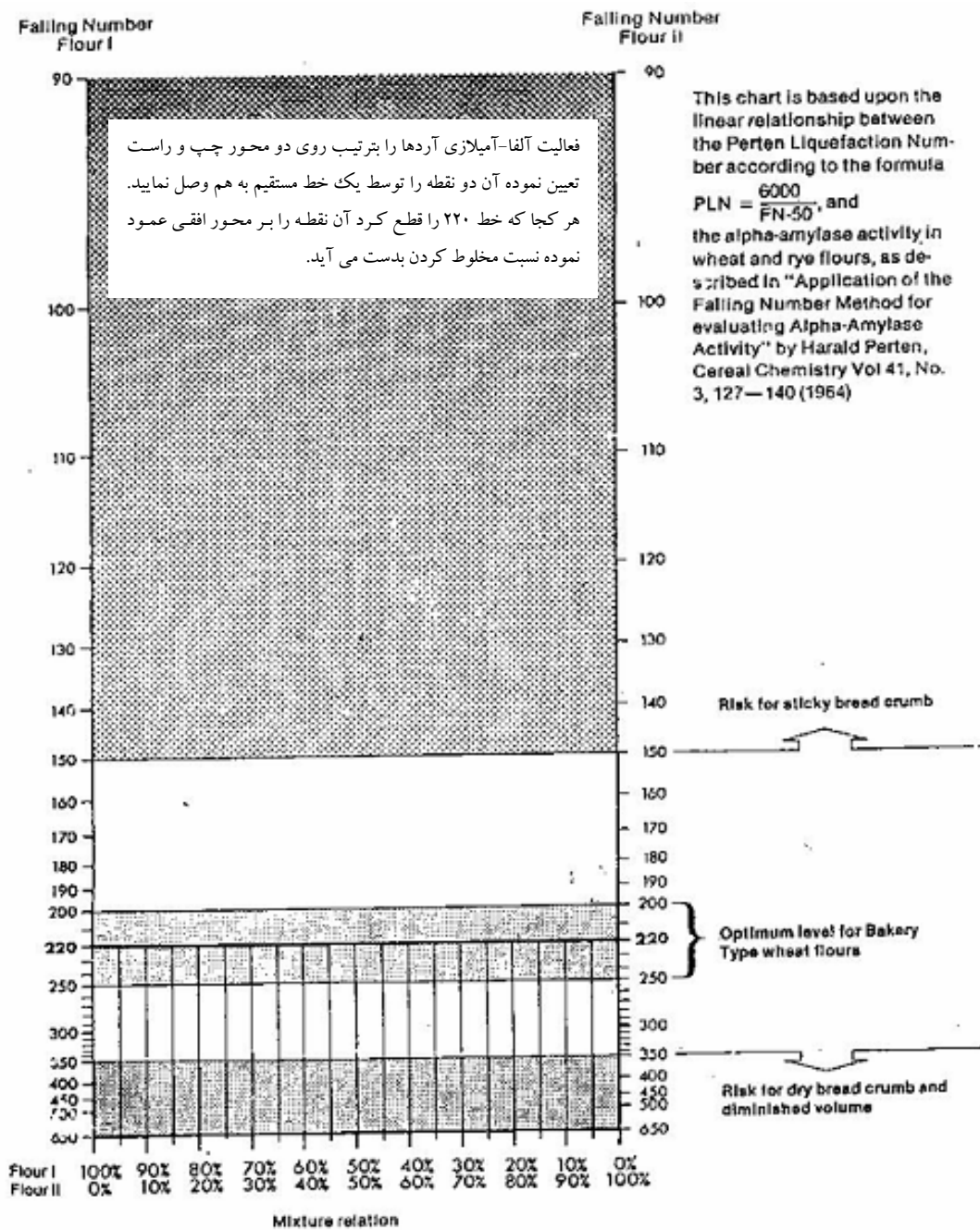
خواهد کرد. در جدول ۱۳ ترکیب و فرمول چند نوع پودر نانوائی دیده می شود.

جدول ۱۳- ترکیب و فرمول چند نوع پودر نانوائی

Constituents	Straight Phosphate	Phosphate-Sodium aluminum sulfate (double-acting types)					
		Household Types			Commercial Types		
		1	2	3	1	2	3
Sodium bicarbonate, granular	28.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Monocalcium phosphate, monohydrate (REGENT® 12XX brand)		8.7	12.0	5.0	5.0		5.0
Monocalcium phosphate, anhydrous (V-90 brand)	34.0						
Corn starch, redried	38.0	26.6	37.0	19.0	24.5	26.0	27.0
Sodium aluminum sulfate		21.0	21.0	26.0			
Sodium acid pyrophosphate					38.0	44.0	38.0
Calcium sulfate		13.7					
Calcium carbonate				20.0			
Calcium lactate					2.5		

### ضمیمه دوم





شکل ۶۳- چارت تعیین نسبت مخلوط کردن آردهای مختلف تا نیل به فعالیت آمیلازی مناسب