گروه صنایع غذایی

شیمی و فناوری غلات

ویرایش دهم

دکتر مهدی کدیور

مهرماه ۱۳۹۸

بسم الله الرحمن الرحیم

فهرست مطالب

مقدمه	۳
فصل اول-ساختمان غلات	۴
فصل دوم-اصول نگهداری غلات	۲۱
فصل سوم- ذخیره سازی در سیلو	۳۲
فصل چهارم-ترکیب شیمیایی غلات	۴۲
فصل پنجم-فرآوری غلات (برنج، یولاف، جو و ذرت)	۸۰
فصل ششم- فرآوری غلات (تهیه آرد از گندم-اصول آسیاب گندم)	۹۳
فصل هفتم- تهیه نان از آرد گندم	۱۰۷
فصل هشتم-ارزیابی آرد و خمیر	۱۲۴
فصل نهم-روشها و دستگاههای تهیه خمیر	۱۴۷
فصل دهم-گندم نرم و فراورده های آن	۱۵۲
فصل یازدهم-لب چره ها (snack)	۱۵۵
فصل دوازدهم -محصولات pasta	۱۶۵

مقدمه

داستان کشت، داشت و برداشت غلات داستان تواضع، فروتنی و غرور است. از آن هنگام که دانه در پناه دست های 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 می کارد 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 زیبایی ها به تصویر کشیده شده و باید بدان در همین راستا نگاه نمود تا چه در نظر آید وچه مقبول افتد.

مهدی کدیور

گندمی را زیر خاک انداختند — پس زخاکش خوشه ها برساختند

بار دیگر کوفتندش زآسیا — قیمتش افزون و نان شد جانفزا

باز نان را زیر دندان کوفتند — گشت عقل و جان و فهم سودمند

مثنوی معنوی

فصل اول

ساختمان غلات

غلات در میان تمامی انواع مواد غذایی بشـر بعنوان قوت غالب *(Staple food)* مطرح می باشـد. در کشـورهای صـنعتی بالغ بر ۵۰ درصـد کربوهیدرات، ۱/۳ پروتئین و ۵۰ تا ۶۰ درصد ویتامین های گروه B از طریق مصرف نان تامین می شـود. در کشـورهای در حال توسـعه، این نسبت ها بیشتر می باشد و در بعضی موارد ۸۵ - ۷۵ درصدکالری و پروتئین مردم در این کشـورها را نان تامین می نماید. دانه های غلات در سراسر دنیا بوفور مصرف می شوند بطوری که در آسیا و آفریقا حدود ۸۰ ، در آمریکای جنوبی ۷۰-۶۰ ، در اروپا ۵۵-۴۵ و در آمریکای شـمالی ۳۰-۲۰ درصد جیره روزانه غذایی مردم را تشـکیل می دهد. غلات منبع مناسـب املاح و عناصـر کم مقدار نیز به شمار می آیند. غلات در ***رده*** گیاهان گلدار نهان دانه، ***زیر رده*** تک لپه ای ها، ***راسـته*** نازک برگان، ***خانواده*** گرامینه یا پواسه، ۵۰۰ الی ۶۰۰ ***جنس*** و بالاخره حدود ۱۰۰۰۰ ***گونه*** قرار می گیرد. از نظرمنشأ، وجود غلات به علف های وحشی باز می گردد.

جو *(Hordeu vulgre)* از جمله اولین غلاتی است که در ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد در بابل و مصر شناخته شده است. از دوره نئولیتیک *(Neolitic)* 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 جفـت کروموزوم (تتراپلوئید) هسـتند بدسـت آمده اسـت. Einkorn نوعی دانه کوچک و نرم حاوی مقدار قابل توجهی پروتئین و رنگیزه زرد اسـت و برای انواع فراورده های نانوایی بسـیار مناسـب اسـت، هرچندکه مشـکل عمده در ارتباط با این نوع گندم راندمان پایین آن است. دانه دارای مقدار زیادی لوتئین (lutein) که نوعی کاروتنوئید اسـت بوده که به عنوان نوعی ماده زیسـت فعال (bioactive) بر اهمیت دانه می افزاید. صـرف نظر از این دانه، ارقام دیگر گندم مانند اسپلت (Spelt) با نام علمی *T. aestivum spp.spelta*، امِّر (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 به نوعی مورد توجه قرار گرفتـه انـد. هر دو نوع گنـدم Einkorn و Emmer از بین رفتـه و امروزه وجود نـدارند. تنها نوعی از گندمEmmer، یعنی durum در حال حاضـر وجود داشـته و بیش از ۱۰ درصـد تولید جهان را به خود اختصـاص داده اسـت. گندم های

هگزاپلوئید (۲۱ جفت کروموزوم) خواه گندم های نرم و یا گندم های مخصوص تهیه نان همگی از خانواده *T.aestivum* L به شمار می آیند و امروزه به شکل 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 زمان های بسیار دور باز می گردد که در نواحی استوایی معمول بوده است و از زیر خانواده *Eragostoideae panicoideae* 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 به طور خودرو همراه با سایر غلات روئیده و به مرور زمان توانستند در نواحی شمالی، با آب و هوای نامناسب سازگاری پیدا نمایند. متخصصین اصلاح نبات به منظور ترکیب خواص نانوایی گندم و سختی چاودار، نوعی غله به نام **تریتیکاله** را بوجود آوردند که اولین غله ساخت بشر می باشد.

از نظر ساختمانی، اعضای خانواده گرامنیه 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 بدان ها kernel وgrain نیز گفته می شود.کاریوپسیس شامل پوشش میوه (fruit coat) یا پری کارپ 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 به وسیله ی اپیدرمیس و پوشش دانه احاطه شده است. کاریوپسیس تمامی غلات در درون بخش هایی که در واقع فرم تغییر شکل یافته برگ های گیاه می باشند، قرار دارد. همین بخش ها هستند که اصطلاحا ًبه آن ها کال یا پوشال گفته می شود. در محصولاتی مانند برنج و اکثر ارقام جو و جو دو سر، لفاف و پوشش گل آن چنان محکم کاریوپسیس را در بر گرفته اند که بعد از خرمن کوبی نیز بر روی آن باقی می مانند و تشکیل پوسته (hull) را می دهند. در مورد گندم، چاو دار، ذرت ، سورگوم دانه ایی و ارزن، پوسته و دانه به راحتی و در ضمن خرمن کوبی از یکدیگر جدا می شوند.

الف :گندم (Wheat)

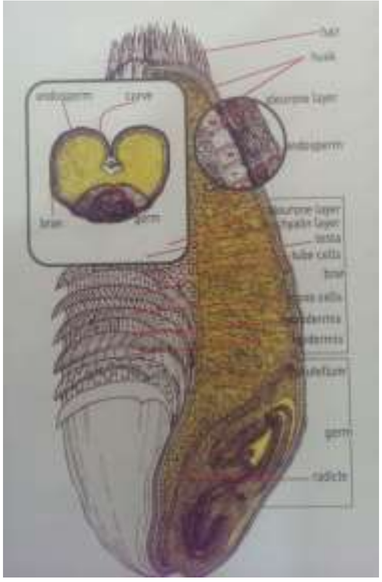
طی سال های ۱۹۲۳ الی ۱۹۳۳ زیست شناس مشهور روسی، واویلوف نظریه خود در مورد طبقه بندی ژنتیکی انواع گندم را ارائه نمود. بر اساس این نظریه وی گندم را به سه نوع تقسیم نمود که شامل گندم های دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید می باشند. از تلاقی دو گندم وحشی دیپلوئید با ژنوم های AA *(Triticum boeticum)* و BB احتمالا*(Aegilops speltoids)* یک هیبرید عقیم AB بوجود آمده که بعدها طی یک پدیده نادرآمفی پلوئیدی تبدیل به هیبرید بارور با ژنوم AABB شده است که یک تتراپلوئید می باشد. از تلاقی گندم های تتراپلوئید AABB با یک گندم دی پلوئید DD *(T. tauschii)* یک هیبرید عقیم ABD بوجود آمده که بعدها در حین یک پدیده نادر، آمفی پلوئیدی دیگر، هیبرید بارور با ژنوم AABBDD یعنی یک هگزاپلوئید را ایجاد نموده است. در حال حاضر تنها گندم زراعی دیپلوئید *T.monoccum* است که به Einkorn یا گندم تک دانه معروف می باشد. احتمال می رود نسل اول آن گندم وحشی *T. boeticum* بوده که محل رویش آن را فلات مرکزی ایران می دانند. Emmer نوعی گندم تتراپلوئید می باشد و بالاخره از جمله هگزاپلوئیدها می توان به Dinkel اشاره نمود. طبقه بندی دیگر در مورد گندم بر اساس نیاز دمایی آن است کا در این حالت به سه دسته بهاره، پائیزه و بهاره-پائیزه تقسیم می گردد. در تقسیم بندی دیگری گندم را بر اساس نحوه مصرف و مناسب بودن آن برای انواع فرآوردها به سه دسته مناسب برای تولید علوفه، نان *(T. aestivum)* و پاستا *(T. durum)* تقسیم شده است. از مورد آخر بصورت *T. turgidum var. durum* نیز نام برده می شود. نوع دیگری بنام *T. compactum* نیز وجود دارد که دارای کیفیت بالایی نیست.

کاریوپسیس گندم به صورت شماتیک و با مقاطع عرضی و طولی در شکل۱ ملاحظه می شود. دانه گندم به طور متوسط در حدود ۸ میلی متر طول و ۳۵ میلی گرم وزن دارد. اندازه دانه بر حسب رقم و موقعیت آن ها برروی سنبله متغیر است. دانه گندم در قسمت پشتی به صورت مدور (ماهی پشت) بوده و در سوی دیگر دارای یک شیار طولی (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 لُب 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 برای پنهان شدن میکرو ارگانیزم ها 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 تشکیل پیوندها در اندوسپرم می باشد و بعداً در مورد آن صحبت خواهد شد. رنگ ، معمولاً سفید یا قرمز وگاهی نیز ارغوانی و یا آبی است و در ارتباط با رنگیزه های موجود در تستا و یا لایه آلورون می باشد. نوع رنگیزه ها و وجود یا عدم وجود آن ها تحت تاثیر عوامل ژنتیکی بوده و بنابراین می توان با استفاده از روش های اصلاح نباتات، آن ها را تغییر داد تا رنگ مطلوب بدست آید. پری کارپ دانه گندم شامل پری کارپ خارجی و داخلی است و پری کارپ خارجی همان قسمتی است که اصطلاحاً به آن بال زنبوری یا (bees wing) می گویند. لایه آلورون (aleurone layer) که عموماً به ضخامت یک سلول می باشد، (شکل ۲) به صورت کامل ، دانه را احاطه نموده است و هر دو بخش جوانه و اندوسپرم را در بر می گیرد. از نقطه نظر گیاه شناسی آلورون، خارجی ترین لایه اندوسپرم است. هر چند که در حین آسیاب گندم، این لایه همراه با لایه اپیدرمیس، پوشش دانه و پری کارپ، تشکیل چیزی را می دهند که اصطلاحاً به آن سبوس (bran) گفته می شود. سلول های آلورون دارای دیواره ضخیم بوده و به شکل مکعب می باشند، عاری از نشاسته بوده و ضخامت سلول های آن ها در حدود ۵۰ میکرون می باشد. لایه آلورون دارای مقادیر نسبتاً زیادی خاکستر، پروتئین، فسفر، فیتات، چربی، نیاسین، تیامین و ریبوفلاوین است و فعالیت آنزیمی زیادی دارد. جنین یا جوانه ۲/۵ تا ۳/۵ درصد وزن دانه را تشکیل می دهد. جنین عمدتاً از سه قسمت تشکیل شده است. سلول های اولیه، تشکیل محور جنینی (embryonic axis) و پوشش های فلس مانند یا scutellum که همچون یک منبع ذخیره عمل می نمایند، را می دهند. اپی بلاست جوانه از نظر پروتئین نسبتاً غنی است(۲۵درصد) و دارای قند (۸۸ درصد)، چربی (۱۶ درصد در سلول های اولیه و ۲۲ درصد در اسکوتلوم) و خاکستر (۵ درصد) است. اسکوتلوم یا برچه رابط جنین و اندوسپرم می باشد و کار انتقال مواد غذایی از جنین به اندوسپرم را بر عهده دارد. کرک (hair) یا (brush) باقیمانده کلاله و خامه (بخش های زایشی گل) بوده که در انتهای دانه دیده می شوند.

جنین فاقد نشاسته بوده، اما از نظر ویتامین های گروه B و نیز برخی آنزیم ها 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 باشند. اندوسپرم شامل لایه آلورون، خود از سه نوع سلول ساخته شده است. الف: سلول های محیطی ب: سلول های منشوری شکل و ج: سلول های مرکزی. سلول ها از نظر اندازه و موقعیت با یکدیگر متفاوت می باشند. دیواره سلول های

اندوسپرم، حاوی پنتوزان ها و سایر همی سلولزها بوده، اما فاقد سلولز است. ضخامت دیواره سلول ها بر حسب موقعیت قرار گرفتن آن ها در درون دانه متفاوت است، بدین ترتیب که سلول های نزدیک به لایه آلورون ضخیم تر از بقیه می باشند. ضخامت دیواره سلول ها، برحسب رقم گندم و انواع سخت یا نرم آن نیز متفاوت هستند. تفاوت مابین دانه های سخت و نرم دانه گندم، منجر به انتخاب هر یک از آن ها 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 زیرا همی سلولز موجود در آن ها، مقادیر زیادی آب جذب می نماید. 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 آن هاست. در گندم های سخت، بیشتر دیواره های سلول و کمتر محتویات آن ها شکسته می شوند، در حالی که در گندم های نرم، شکستگی بیشتر در محتویات سلول، اتفاق می افتد. حالات فوق، خود شاهدی هستند بر این که محتویات سلول در گندم های سخت، محکم به هم پیوند خورده و در نتیجه دیواره سلولی ضعیف تر از محتویات سلول می باشد.



شکل۱- برش طولی و عرضی دانه گندم همراه با نمایش لایه آلورون گندم

محتویات سلول و نیز دیواره های سلول های اندوسپرم، آرد را تشکیل می دهند. سلول های اندوسپرم با گرانول های 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 به شمار می آید و در گندم در حال رسیدن و در

درون محل هایی به نام ذخایر پروتئینی (protein bodies) ســاخته می شــود. با رســیدن دانه گندم ذخایر پروتئینی به صــورت کاملاً فشــرده، 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 قطر۲ تا ۸ میکرون) دیده می شوند، هر چند که می توان انواع گرانول، با اندازه هایی مابین این دو نیز مشاهده نمود. اما غالب آن ها 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 به خوبی پوشش می دهد، بلکه بین آن ها پیوندهای قوی نیز برقرار می باشد. در گندم های نرم، وضعیت به گونه ای دیگر است. بدین ترتیب که پروتئین سطح نشاسته را در بر نگرفته است و از آن جا که پیوند بین آن ها به راحتی شکسته می شود، می توان دریافت که پیوند بین آن ها قوی نمی باشد. قدرت اتصال زیاد موجود بین 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 آن که مطالعات نشان می دهند که گندم های نرم دارای پروتئین های خاصی هستند که گندم های سخت فاقد آن ها می باشند. اندوسپرم صرف نظر از موضوع سختی، از نظر ظاهر نیز دارای موقعیت مهم و قابل توجهی می باشد. گندم های سخت دارای ظاهر شیشه ای (شاخی یا شفاف) می باشند. در حالی که گندم های نرم ، ظاهر مات و آردی دارند. به طور سنتی، دانه های با اندوسپرم 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. به هر 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 شفاف یا مات بودن دانه ها نظر بر آن است 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 به نظر رسد. در دانه هایی که این فضا وجود ندارد، نور در حد فاصل دانه و هوا شکسته شده و سپس از درون دانه بدون شکسته شدن عبور می کند و بنابراین دانه ظاهر شیشه ای می یابد. وجود هوا باعث می شود که دانه های مات، کم تر متراکم باشند. این فضاهای خالی حاوی هوا ظاهراً در دوره خشک کردن (شدن) ایجاد می شوند. با از دست

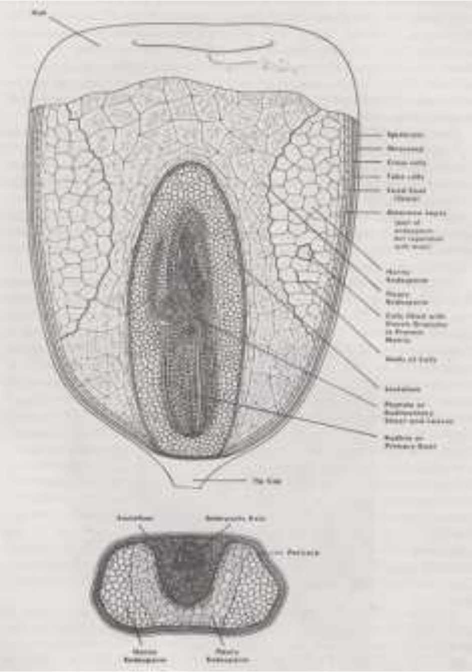
دادن آب، پروتئین جمع می شود و سپس شکسته می شود (ترک بر می دارد) و فضا ایجاد می شود. در دانه های شیشه ای، پروتئین هر چند جمع می شود ولی دست نخورده باقی می ماند. اگر دانه نارس برداشت شود و به روش تصعیدی خشک شود، کاملاً مات به نظر می آید. بنظر میرسد ظاهر شیشه ای در دوره نهایی خشک کردن ایجاد می گردد.

در تجارت،گندم بر اساس خواص و نه از نظر خصوصیات گیاه شناسی، طبقه بندی می شود. خصوصیاتی مانند سختی یا نرمی، رنگ، میزان پروتئین، بهاره یا زمستانه بودن از جمله این خواص می باشند و براین اساس آزمون هایی مانند وزن هزار دانه، هکتولیتر وآزمون های شیمیایی انجام می گیرند. در ارتباط با بهاره و زمستانه بودن گندم ، باید گفت که گندم زمستانه گندمی است که در اوایل پاییز کشت می شود و در فصل زمستان ضمن استفاده از رطوبت، سرما را سپری نموده و سپس در فصل بهار با وفور آب و آفتاب به رشد خود ادامه داده و سرانجام در اواخر بهار یا اوایل تابستان برداشت می شود.گندم بهاره در فصل بهار و اواخر زمستان در مناطقی که دارای زمستان های بسیار سرد و یخبندان می باشند کشت می شود و موقع برداشت آن اواخر تابستان می باشد. رنگ گندم همان گونه که قبلاً ذکر شد سفید یا قرمز می باشد. درگندم های آبی ٠یا ارغوانی رنگ (blue or purple wheat) بر خلاف انواع قرمز و یا سفید که درآن ها 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 غالب از نوع آنتوسیانین می باشد.معمولاً گندم های قرمز دارای سختی بیش تری نسبت به گندم های سفید می باشند. سختی یا نرمی دانه، نوع مصرف آن را مشخص می نماید. گندم های نرم جهت تهیه شیرینی و مانند آن و گندم های سخت به منظور تهیه نان مورد استفاده قرار می گیرند.

ب:ذرت (Corn)

انواع ذرت در سراسر جهان کشت میشود. اما در این جا به نوعی از آن به نام ذرت دندان اسبی (dent corn) اشاره می شود. نوع دیگری از ذرت به نامpop corn در فصل مربوط به غذاهای ته بندی (snack foods) توضیح داده خواهد شد. ذرت نوع دندان اسبی، بزرگ و دارای سطح صاف است و بزرگترین دانه ی غلات به شمار می آید. رنگ دانه ذرت از گندم کاملاً متمایز می باشد و ممکن است به رنگ های سفید یا قهوه ای تیره و یا ارغوانی دیده شود(شکل ۲). هر چند که غالباً دانه ها به رنگ های سفید و زرد می باشند. وزن دانه در حدود ۳۵۰ میلی گرم بوده دارای چهار

قسمت مهم می باشد (شکل ۳). پوسته یا سبوس شامل پری کارپ و پوشش دانه، جوانه، اندوسپرم و بالاخرهtip cap. در مورد ذرت بکار بردن لفظ hull یک نام بی مسمی است زیرا شبیه به پوسته جو و یا جو دو سر نبوده باشد و بیشتر شبیه به سبوس گندم است.آنچه باعث شده تا پوشش ذرت به نام پوسته خوانده شود مقاومتی است که در هنگام آسیاب مرطوب (wet milling) از خود نشان می دهد. tip cap ، نقطه اتصال دانه به چوب ذرت (cob) می باشد و ممکن است به هنگام پوست کنی همراه پوست جدا شود. از نظر بوتانیکی، کاریوپسیس ذرت دارای بخش هایی شبیه به گندم می باشد.



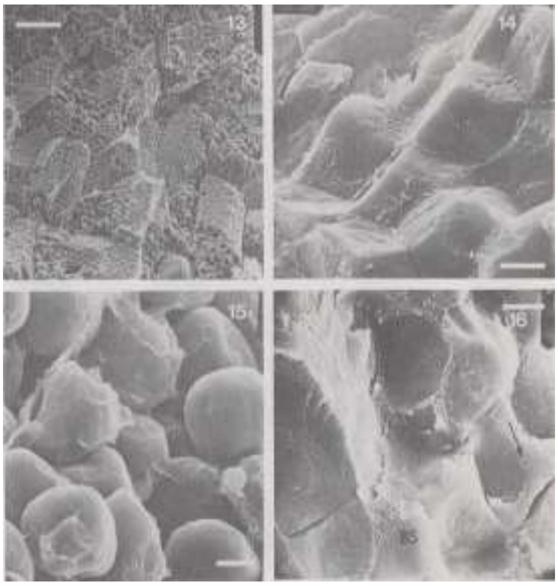
شکل۳- مقاطع طولی و عرضی دانه ذرت

شکل ۲-تنوع رنگ در دانه ذرت

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 به خود 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 (شکل۴). در این تصویر که با عبور نور از شیشه مات و تاباندن آن از زیر به دانه، تهیه شده است. قسمت های شفاف دانه را می توان به خوبی مشاهده نمود. در اندوسپرم شفاف، سلول ها کاملاً فشرده بوده و هیچ گونه فضای خالی برای جایگزینی هوا بین آن ها وجود ندارد. گرانول های نشاسته از نظر شکل چند وجهی بوده و به وسیله ماتریکس پروتئینی به یکدیگر متصل هستند (شکل۵.)

پروتئین ذرت Zein نام دارد و درzein bodies یا ذخایر زئین جای گرفته است. به واسطه همین ذخایر است که نشاسته تا حدودی دندانه دار به نظر می رسد. در اندوسپرم مات، گرانول های نشاسته کروی بوده و با ماتریکس پروتئین پوشانده شده اند و محلی به نام protein bodies وجود ندارد. دلیل مات بودن آن است که فضاهایی در بین سلول ها توسط هوا اشغال شده اند.

شکل۴-اندوسپرم مات و شفاف دانه ذرت



شکل۵- ماتریکس پروتئین-نشاسته در دانه مات وشفاف

تجزیه شیمیایی اندوسپرم های شفاف و مات نشان می دهد که هر دو نوع اندوسپرم دارای مقادیر مساوی پروتئین می باشند ولی نوع پروتئین آن ها با یکدیگر متفاوت است. به طور کلی دانه ذرت از استحکام بالایی برخوردار است و بسیار سخت می باشد و پیوند بین پروتئین و نشاسته در آن 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 بر این مدعا می باشد. در زمینه علت تشکیل دو نوع اندوسپرم مات و شفاف آخرین نظریه براین اساس استوار است که در زمانی که دانه به طور طبیعی در حال خشک شدن می باشد پروتئین ذرت آب خود را از دست داده و مقداری جمع می شود. از آن جا که اتصال بین نشاسته و پروتئین به قدر کافی قوی است،گرانول های نشاسته را به طرف خود کشیده و با توجه به این که گرانول های نشاسته در این مرحله

از انعطاف پذیری خاصی برخوردار هستند. بنابراین گرانول ها کاملاً در کنار هم قرار گرفته و به صورت سلول های چند وجهی در می آیند. وجود حالت دندانه دار بر روی گرانول های نشاسته که به دلیل 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، می گردند 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 خواهند بود .

پ: برنج (Rice)

برنج دانه ایی دیپلوئید است ولی نوع تتراپلوئید آن را هم بشر تهیه نموده که دارای دانه طویل تر و خوشه بلندتری است. در ایران برنج را بر اساس اندازه دانه، راندمان تولید و میزان مقاومت به عوامل محیطی به سه گروه *"صدری"* (دانه بلند، تولید کم و غیر مقاوم)، *"چمپا"* دانه متوسط، تولید زیاد و مقاوم و بالاخره *"گرده"* (دانه ریز، تولید خیلی زیاد و مقاوم) تقسیم می نمایند.عطر و بوی برنج نیز عامل مهمی است که ناشی از وجود اسانس اُریزین است. کاریوپسیس برنج همراه با پوسته (hull یا husk) برداشت می شود و اصطلاحا به آن شلتوک (paddy) یا برنج خام ،گفته می شود. پوسته در حدود ۲۰ درصد وزن برنج خام را تشکیل می دهد و در واقع فرم تغییر یافته دو پوشش گل یعنیlemma و palea می باشد. Lemma عبارت است از برگچه هایی که گل را می پوشانند و palea پوشش سبز فلس مانند روی گل ها می باشد. پوسته برنج دارای مقادیر زیادی سلولز ۲۵٪، لیگنین ۳۰٪، پنتوزان ۱۵٪ و خاکستر۲۱٪ 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. کاریوپسیس 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 شامل۲٪ 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 هم چون سایر غلات خارجی ترین لایه اندوسپرم است ولی همراه با پری کارپ 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 گندم هایyellow belly می باشند. مات بودن در دانه برنج نیز به واسطه وجود فضاهای حاوی هوا در درون اندوسپرم می باشد. سلول های اندوسپرم از طریق دیواره های نازک خود کاملاً در کنار هم قرار داشته و شکل چند وجهی دارند. ذخایر پروتئینی در برنج بیشمار بوده و در مجاورت لایه آلورون بیش تر 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 آن ها می باشد. برنج و جو دو سر تنها غلاتی هستند که دارای گرانول های نشاسته مرکب (به طوری که هر گرانول بزرگ خود از تعدادی گرانول کوچکتر تشکیل شده است) می باشند. اندازه هر یک از گرانول های کوچک برنج بین ۲ تا ۴ میکرون است.

برنج وحشی (*Zizania latifolia* Griseb) نوع دیگری از برنج است که از زمان های 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 به عنوان یک غذای موثر در درمان بیماری های مربوط به معده و روده و نیز درمان بیماری های 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 بیش تر است. میزان پروتئین آن بین ۱۲ تا ۱۵ درصد بوده، مقدار اسیدهای آمینه آن به شکل معنی داری از نوع معمولی بیش تر 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 درآن نیز نزدیک به دو برابر مورد مشابه در برنج سفید است. 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.

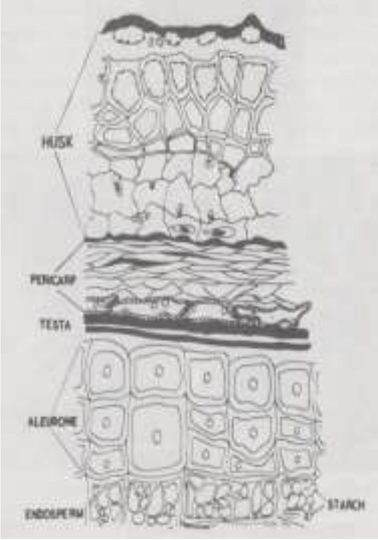
شکل۶- دانه های برنج وحشی

ت: جو (Barley)

جوهای زراعی همگی دیپلوئید هستند. طبقه بندی جو بر اساس شکل سنبله یا تعداد دانه در سنبله است که به نام های جو شش ردیفه (*Hordeum vulgare*) و دو ردیفه (*H. distichum*) مشهور هستند. عملکرد نوع دو ردیفه کمتر بوده ولی دارای نشاسته بیشتری است و از این رو برای تهیه فرآورده های تخمیری مناسب تر است. جو شش ردیفه پروتئین بیشتری داشته و برای تغذیه انسان و دام مناسب است. دانه جو به طور متوسط دارای ۳۵ میلی گرم وزن می باشد و همانند برنج و یولاف به هنگام برداشت دارایhull یا husk متصل به دانه می باشد. پوسته در جو نیز مشتمل بر lemma و palea است. کاریوپسیس جو شامل پری کارپ پوشش دانه، جوانه و اندوسپرم است و سلول های لایه آلورون در آن به صورت ۲ تا۳ لایه می باشند. (شکل۷). لایه آلورون در برخی ارقام، آبی و در بعضی سفید است. سلول های اندوسپرم حاوی نشاسته بوده و با پروتئین احاطه شده و تشکیل ماتریکس را می دهند. نشاسته جو نیز دارای گرانول های بیضوی شکل بزرگ و کروی شکل کوچک می باشد.

ث: چاودار یا سیاه گندم (Rye)

دانه چاودار یا سیاه گندم کاریوپسیسی به طول 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 کاریوپسیس مشتمل بر پری کارپ، پوشش دانه، اپیدرمیس، جوانه و اندوسپرم است.



شکل۷- بخش های مختلف دانه جو

اندوسپرم آن به وسیله یک لایه از سلول های آلورون احاطه شده است. نشاسته موجود در سلول های اندوسپرم توسط ماتریکس پروتئینی احاطه شده است. نشاسته چاودار هم دارای گرانول های بزرگ بیضوی و کوچک کروی است.

ج: جودوسر (Oat)

جو دوسر یا یولاف نیز مانند برنج و جو همراه با پوشش های خود برداشت می شود. کاریوپسیس جو دوسر اصطلاحاً groat نامیده می شود. groat جو دوسر از نظر ظاهر شبیه به دانه گندم و یا چاودار است به جز آن که جو دو سر توسط تعداد بی شماری کرک شبیه مو (trichoms) پوشیده شده است. جوانه در حدود $\frac{1}{3}$ طول دانه را به خود اختصاص داده است و بزرگ تر و باریک تر از جوانه گندم می باشد. groat در جودوسر شامل پری کارپ، پوشش دانه، لایه هیالین (hyaline layer) ، جوانه و آندوسپرم است. اندوسپرم جودوسر در مقایسه با سایر غلات از مقدار بیشتری پروتئین و روغن برخوردار بوده منبع خوبی از انواع آنزیم ها است که لیپاز از همه فعال تر بوده و مشکلاتی را فراهم می آورد. نشاسته یولاف دارای گرانول های بزرگ و مرکب است که هر یک حاوی تعداد زیادی گرانول کوچک می باشند. گرانول های کوچک از نظر شکل چند وجهی بوده و اندازه آنها بین۳ تا ۱۰ میکرون می باشد.

چ:سورگوم دانه ای (Sorghum)

دانه سورگوم نیز بعد از خرمن کوبی عاری از پوسته و کاه و پوشال خواهد بود. این دانه تقریبا کروی شکل و وزن آن بین۲۰ تا ۳۰ میلی گرم است و ممکن است به رنگ های سفید، قرمز، زرد و یا قهوه ای دیده شود. سورگوم دارای ۷/۹

درصد پری کارپ (احتمالاً همراه با پوشش دانه) ۹/۸ درصد جوانه و ۸۲/۳ درصد اندوسپرم است. استفاده از میکروسکوپ الکترونیکی نشان داده که لایه خارجی آن پری کارپ ضخیمی است که خود از سه لایه اپی کارپ، مزوکارپ و اندوکارپ 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 به طور مشخص در مزوکارپ (لایه میانی پری کارپ) واقع شده اند. کاریوپسیس 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 حالی که 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 پرندگان تانن تلخ مزه را دوست ندارند. هم چون سایر غلات، لایه آلورون در سورگوم خارجی ترین لایه اندوسپرم به شمار می آید. سلول های اندوسپرم حاوی مقادیر زیادی پروتئین می باشند و مقدار جزیی نشاسته درست در زیر لایه آلورون وجود دارد. پروتئین موجود بیشتر در ذخایر پروتئینی به قطر ۲ تا۳ میکرون دیده می شوند. دانه سورگوم مانند دانه ذرت دارای اندوسپرم شفاف و مات به صورت توأم می باشد. اندوسپرم مات آن دارای فضاهای بین گرانولی است که در آن ها هوا جای گرفته است. واژه های سخت و نرم را در ارتباط با شیشه ای یا مات بودن دانه بکار برده می شوند. همان گونه 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 جزوه دانه های نرم طبقه بندی شوند.

ح: ارزن (Pearl millet)

ارزن دانه کوچک قطره مانند است که پس از خرمن کوبی به راحتی از پوسته خود جدا می شوند. رنگ آن متغیر بوده ولی اکثرا به رنگ خاکستری تیره دیده می شود هر چند که ارزن با رنگ های زرد، سفید و قهوه ای نیز دیده شده است. کاریوپسیس آن شبیه به سایر غلات است. پری کارپ آن بر خلاف سورگوم حاوی نشاسته نبوده و دارای پوشش داخلی رنگ دانه دار نیز نمی باشد. جوانه در ارزن در مقایسه با سایر قسمت های دانه بزرگ بوده و ۱۷٪ آن را تشکیل می

دهد. اندوسپرم آن نیز دارای هر دو بخش مات و شفاف بوده، نوع 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 ای بین ۰/۳ تا ۴ میکرون بوده و از ساختمان داخلی کاملاً یکسان برخوردار هستند.

خ: تریتیکاله یا چاودم (Triticale)

تریتیکاله غله ای جدید می باشد که از طریق انجام تلاقی بین گندم(**triti**cum) و چاودار (se**cale**) بدست آمده است. از نظر مرفولوژی این غله کاملاً شبیه به اجداد خود می باشد.کاریوپسیس آن پس از خرمن کوبی عاری از پوشال خواهد شد. دانه تریتیکاله از دانه گندم بزرگتر بوده (۱۲-۱۰میلی متر طول و ۳ میلی متر عرض) و وزن آن به حدود ۴۰ میلی 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 سلول های آن از نظر اندازه با یکدیگر تفاوت داشته و ضخامت آن ها نیز با یکدیگر فرق دارد. روی آلورون پوشش دانه، پری کارپ 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 پری کارپ خارجی است که ظاهرا به دلیل چین خوردگی دانه حاصل شده است. چین خوردگی دانه تریتیکاله یک مشکل مهم در ارتباط با امکان استفاده از آن می باشد. تریتیکاله دارای هکتولیتر پایین، ظاهر نامناسب و عملیات آسیاب نامطلوب می باشد. در دانه های چروکیده سلول های لایه آلورون از حالت طبیعی خود خارج شده اند و آسیب را در تمامی قسمت های لایه آلورون می توان مشاهده نمود، به طوری 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 غله نبوده، اما مانند غلات می توان از آنها فراورده هایی مشابه با آن چه از غلات به دست می آید، تهیه نمود و از جمله می توان به گندم سیاه (buckwheat)

(Fagopyrum esculentum Minc)، کینوا یا غازپای (quinoa) *(Chenopodium quinoa* Wild) و تاج خروسی (amaranth) *(Amaranthus caudatus)* اشاره نمود.

گندم سیاه نوعی دانه مثلثی شکل، زرد متمایل به قهوه ایی است که کشت آن از گذشته دور به ویژه در برخی نواحی چین مرسوم بوده است. دانه ها ازنوع دولپه ای بوده و پس از برداشت دارای پوسته می باشند. از نظر ساختمانی و ترکیب 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×۶/۲۵) است و از ارزش غذایی خوبی برخوردار می باشد. پروتئین موجود در آن دارای ۸ نوع اسید آمینه ضروری و سرشار از لیزین و غنی از ویتامین های گروه B ، فسفر، منیزیم ، آهن، روی ، مس و منگنز است. شاخص گلایسمی آن پایین است و در نتیجه از بالا رفتن سریع قند خون که باعث افزایش وزن می شود، پیشگیری می کند. نسبت به ذرت، برنج، گندم و ارزن دارای پروتئین بیشتری است و سرشار از اسید آمینه «لیزین» و «آرژنین» است که هر دو برای حفظ سلامت قلب و سیستم دفاعی بدن لازم است. دانه حاوی ۷۵ درصد نشاسته که عمدتاً در اندوسپرم متمرکز است بوده و هم چون اکثر غلات در حدود ۲/۵ درصد چربی دارد.

کینوا دانه ایی بومی آمریکای جنوبی خصوصاً کشورهای پرو و بولیوی است که در سال های اخیر به دلیل خواص بسیار مفید پروتئین آن در ایران یز 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 (نوعی ترکیب ضد تغذیه ای) نیز می باشد. مقدار پروتئین آن تا حدود ۱۶ درصد (۶/۲۵× N) گزارش شده و در ضمن حاوی ۵۸ درصد نشاسته و ۴/۵ درصد چربی است. این دانه نیز مانند گندم سیاه دولپه ای بوده و وزن هزاردانه و هکتولیتر آن به ترتیب ۲۸ گرم و ۷۵ کیلوگرم گزارش شده است. پوسته موجود برروی آن که قبل از مصرف دانه باید جداگردد، در حدود ۸ درصد وزن دانه را تشکیل می دهد.

دانه تاج خروس در اصل بومی قاره آمریکا بوده و کاملاًکوچک با قطر حدود ۱ میلی متر می باشد. میزان پروتئین آن بین ۱۲ تا حدود ۱۸ درصد و مقدار چربی آن بین ۵ تا ۸ درصد گزارش شده است. 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 به صورت گرانول

های بسیار کوچک دیده می شوند. مقدار آمیلوز آن از نشاسته گندم کم تر ولی حلالیت آن در آب و قدرت جذب آب آن بیشتر بوده، درجه حرارت ژلاتینه شدن آن بالاتر است و طبیعی است که به دلیل 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 مشکی براق 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 زرد (به ترتیب از راست به چپ)

فصل دوم

انبار داری و نگه داری غلات :

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

انواع روش های نگه داری :

غلات عموماً یک بار و در بعضی مناطق دو بار در سال برداشت می شوند. اما از آن جا که مصرف آن ها در تمام طول سال صورت می گیرد نگه داری و انبار نمودن آن ها اجتناب ناپذیر است. نگه داری محصول ممکن است از ساده ترین روش ها هم چون ریختن آن بر سطح زمین تا ذخیره سازی در سیلوهای عظیم بتونی و مجهز به مبادی ورود کامیون و واگن که بار خود را به راحتی تخلیه می نمایند متغیر باشد. معمولاً تنها در فصل برداشت است که به دلیل کمبود وسایل حمل و نقل غلات بر روی زمین ریخته می شوند. در مدت کوتاهی که گندم در این حالت به سر 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 نگه داری 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 آن ها بسیار ساده بوده و به دلیل آن که میزان اکسیژن در آن ها کم و در عوض مقدار گاز کربنیک زیاد است،کپک ها و حشرات

امکان رشـد نخواهند داشـت. از دیگر روش های نگه داری در گذشـته که در قرآن مجید و در طی داسـتان مربوط به حضرت یوسف(ع) بدان اشاره شده است، باقی گذاردن دانه ها در خوشه یا سنبله می باشد. در قرآن می خوانیم که:

قالَ تَزرعونَ سَبعَ سِنینَ داباً، فما حَصدتُم فَذَروُهُ فی سُنبُلِه اِلاّ قَلیلاً مِماّ تأکلُون .

(یوسف) گفت: هفت سال زراعت نمائید پس از برداشت به جز آن مقداری که هر بار مصرف می کنید، مابقی را در خوشه به حال خود بگذارید (و به همان صورت انبار نمائید). (سوره یوسف، آیه۴۷)

روش دیگر انبار داری غلات استفاده از کیسه و سپس قرار دادن آن ها در محل های نسبتاً محفوظ است. این روش به دلیل هزینه های زیاد خود مقرون به صـرفه نمی باشـد، مگر در مواردی که کارگر ارزان قیمت در دسترس باشد. روش های جدید مبتنی بر نگه داری و ذخیره سـازی انبوه غله در مخازن با ظرفیت های مختلف اسـت. در صـورتی که در کنار مزارع از این مخازن اسـتفاده نمایند، آن ها را از جنس چوب و یا فلز و فولاد می سازند و مخازن بزرگ موجود در شهرها عموماً از بتون مسـلح ساخته می شوند. 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 باشـد. به زاویه ریپوز زاویه تجمع یا انبوه شـدن نیز می گویند. غلات مرطوب و یا بسـیار کوچک و پوک، توده پهن تری را بوجود آورده، زاویه کوچک تری 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. (شکل۹) که در این حالت H ارتفاع توده و R شعاع قاعده غله مخروطی شکل می باشد.

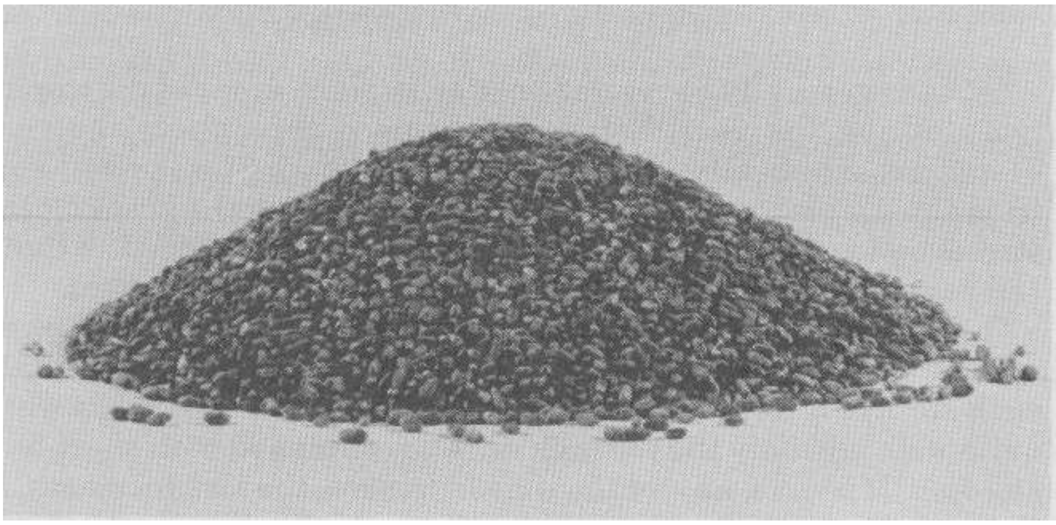
$$(tg\ \alpha = H/R)$$

که بدین ترتیب α را نیز می توان از این رابطه بدست آورد:

$$(\alpha = tg^{-1}\ H/R)$$

از دیگر نکاتی که به هنگام نگه داری غلات در مخازن باید مورد توجه قرار گیرد، فشـاری اسـت که دانه های غلات به دلیل شـکل خود بر کف مخازن وارد می آورند که متناسـب با ارتفاع غله نمی باشـد. اصـولا بیشتر وزن دانه توسط دیواره مخزن تحمل می شـود. به این ترتیب که هر دانه غله به دانه های اطراف و زیر خود تکیه می نماید و از این رو بخشـی از وزن آن در اطراف پخش می شود تا در نهایت که به دیواره مخزن برسد. به این ترتیب فشار جانبی دانه ها بر دیواره مخزن بین ۳۰ تا ۶۰ درصـد فشـار عمودی است ولی بعد از آن که عمق یا ارتفاع مخزن به حدود سه برابر قطر آن رسید، افزایش

چندانی پیدا نمی کند. در مدت ذخیره سازی دانه ها فشرده می شوند به طوری که دانه های سبک مانند جو دو سر تا ۲۸ درصد حجم اولیه خود فشرده می شوند.



شکل ۹- توده غله نشان دهنده مخروطی شکل که با سطح افق زاویه ریپوز تشکیل داده است

بهنگام تخلیه غله در سیلو و یا انبار، دانه های سنگین سریع تر و مستقیم تر فرو می افتند در حالی که ذرات سبک تر مانند کاه در کناره های مخزن جمع می شوند. درعین 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 تجمع می یابند.به این ترتیب فضای مابین دانه های توده غله که در حدود ۳۰٪ از فضای آن را تشکیل می دهد توسط ذرات ریز پر شده که به این حالت اصطلاحاً spoutline گفته می شود.

به هنگام تخلیه مخزن، غله ابتدا به صورت یک ستون شروع به خارج شدن می نماید. این ستون هم چنان که از دهانه فاصله می گیرد، پهنای بیش تری پیدا کرده و به صورت یک قیف وارونه در می آید. دانه ها در قسمت مرکزی حرکت سریع تری 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 نگه داری 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. به عنوان مثال اگر یک بوشل (۳۶ لیتر) گندم در اختیار باشد که فرضاً فاقد هر گونه رطوبتی است آن گاه وزن آن معادل ۲۷ کیلوگرم است. گندم دارای ۱۵ درصد رطوبت، وزنی برابر با ۳۱ کیلوگرم و یا حجمی معادل ۱/۱۵ بوشل (۴۱ لیتر)

خواهد داشت. در حال حاضر (۲۰۱۵ میلادی) هر بوشل گندم (۳۱ کیلوگرم) در بازار بین المللی۱۰/۲۵ دلار قیمت گذاری شده است و بنابراین آب موجود در آن ۱/۳۲ دلار ارزش داشته و این به معنای۱۳ درصد سود 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 نگه داری غله نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. میکرو ارگانیزم ها خصوصاً انواع قارچها مهمترین عوامل فساد و تخریب آن ها به شمار می آیند. سه فاکتور مهم جهت کنترل رشد قارچها وجود دارد که عبارتنداز: رطوبت، زمان و درجه حرارت که در این میان رطوبت از همه مهم تر است. در صورتی که رطوبت در حد ۱۴ درصد و یا بیشتر باشد. رشد قارچ ها آغاز می گردد. در دامنه ۲۰-۱۴درصد افزایش ناچیز رطوبت، تغییرات وسیعی را در سرعت رشد قارچ ها بوجود می آورد. در هنگام ورود غله از مزرعه به سیلو و در یک نگاه ممکن است توزیع رطوبت در توده غله یکنواخت به نظر آید. واقعیت آن است که این امر اگر محال نباشد اما کمتر اتفاق می افتد. غله وارده از یک مزرعه به شکلی گسترده دارای رطوبت ناهمگون است و این امر به دلیل 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 میکروارگانیزم ها 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 مهم ترین عوامل در فساد دانه، کپک ها می باشند. در صورتی که دانه با هوای اطراف خود که رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد دارد در حال تعادل باشند امکان رشد کپک ها وجود ندارد. حداکثر رطوبت قابل قبول برای نگه داری غلات عبارتنداز: ذرت ۱۳درصد، گندم۱۴ درصد، جو ۱۳درصد، سورگوم۱۳درصد، برنج۱۲ تا۱۳ درصد. مانند هر قانون کلی این موارد را نیز نمی توان قطعی دانست زیرا حداکثر رطوبت مطلوب برحسب 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 به منظور خشک نمودن مواد غذایی خود از این روش استفاده می کردند. از آنجا که این محصول معمولا در فصل خشک برداشت می شود کمتر نیاز به خشک کردن است اما با توجه به دگرگونی های هوا و نیز کاهش کیفیت محصول در صورت باقی ماندن در مزرعه، لازم است مراحل درو و حمل و ذخیره سازی مناسب در کوتاه ترین 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

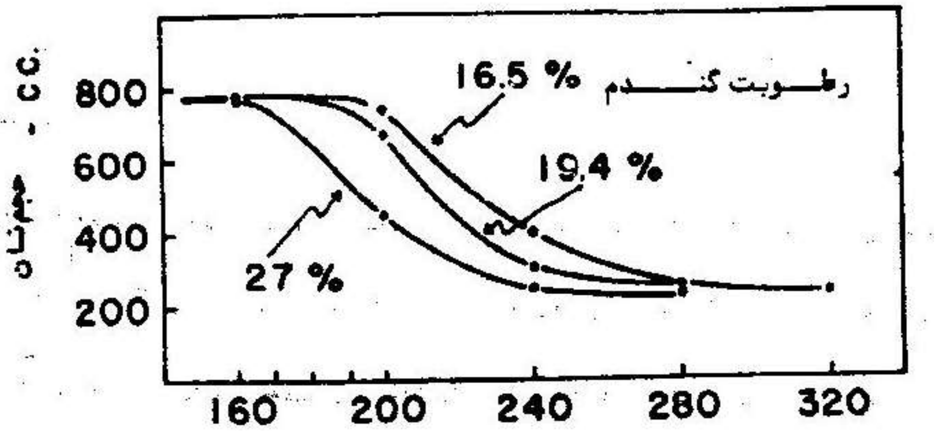
در روش اول از هوا بدون آن که به آن حرارت داده شود، استفاده می گردد. این هوا با فشار بسیار زیاد به درون توده دانه فرستاده می شود. این روش مزایایی دربر دارد که عبارتند از:

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

مهم ترین مشکل در ارتباط با این روش نیاز به زمان طولانی جهت کاهش محسوس رطوبت می باشد. علاوه بر این ، هوای مورد استفاده ممکن است خود حاوی رطوبت نسبی بالایی باشد که در نتیجه بر میزان رطوبت غله بیفزاید. فرایند خشک نمودن را می توان با حرارت دادن هوا و بالا بردن درجه حرارت آن تسریع نمود. این افزایش درجه حرارت ظرفیت هوا را در نگه داری رطوبت افزایش داده و خروج رطوبت از دانه ها را افزایش می دهد. مهم ترین مزیت آن صرفه جویی در زمان و مهم ترین 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(شکل ۱۰)، 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. به عنوان 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 آن ها 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.

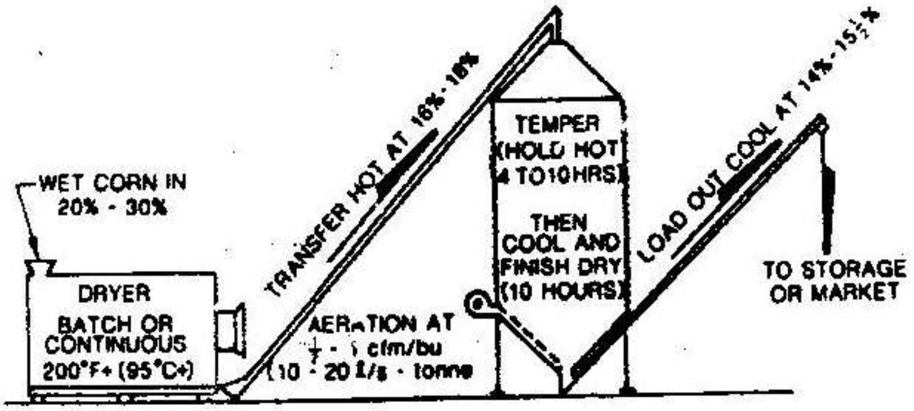
شکل ۱۰- تصویر با اشعه X از دانه گندم سالم (الف) و دارای ترک های ریز(ب)

حداقل گرمای مورد نیاز به منظور خشک کردن دانه، از طریق کنترل میزان آبی که باید از دانه خارج شود و نیز حرارت نهان تبخیر آب محاسبه می شود. 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 هستند. به هنگام خشک کردن دانه ها، تبخیر رطوبت ابتدا در سطح دانه و به صورت لایه های پشت سر هم اتفاق می افتد. اگر درجه حرارت خشک کن بسیار زیاد باشد به طوری که رطوبت درون نیز سریعاً خارج شود. دانه به صورت پف کرده در می آیند که حالتی کاملاً نامطلوب به حساب می آید و نان تهیه شده از چنین دانه هایی دارای حجم مناسبی نخواهند بود (شکل۱۱). 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 این که فاصله رطوبت از عمق دانه به سطح دائماً رو به افزایش است. سرعت خشک کردن نیز به طور مداوم کاهش می یابد.



شکل۱۱.- تاثیر حرارت خشک کن و رطوبت اولیه بر حجم نان 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. به این شکل که در مرحله اول، دانه با هوای گرم حرارت داده شده و سپس برای مدتی در این درجه حرارت نگه داری می شود. بدین ترتیب به رطوبت باقی مانده این اجازه داده می شود تا به طور یکنواخت در دانه پخش گردد. مرحله بعد مرحله سرد کردن دانه است که این عمل با هوای معمولی صورت می گیرد.(شکل۱۲). 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 صورتی که سریعاً خشک شود دچار شکستگی، ترک و یا شکاف می گردد. به منظور کاهش این نوع آسیب ها، برنج ابتدا با هوای گرم که حرارت آن کمتر از ۶۵ درجه سانتیگراد است به مدت 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 آن ها از مخزنی به مخزن دیگر یک روش ساده کنترل درجه حرارت دانه بوده و از ایجاد نقاط گرم در دانه جلوگیری می نماید.

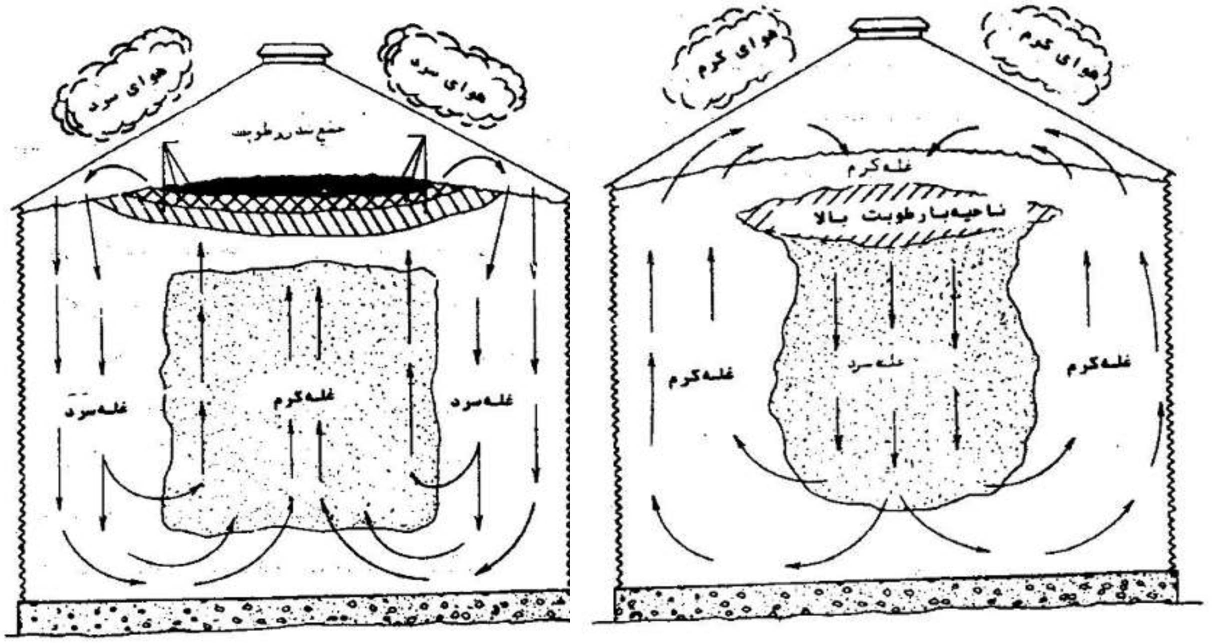


شکل۱۲-روش هوا دهی ترکیبی به منظور خشک کردن دانه

غلات همچون اکثر مواد غذایی در درجه حرارت های پایین قابلیت نگه داری بهتری دارند ضمن آن که در درجه حرارت های کمتر از ۱۷ درجه سانتیگراد حشرات امکان حمله به غلات را ندارند. هنگامی که توده ای از غله در محل هایی که تغییرات دما در آنها شدید می باشد ذخیره گردند این تغییرات منجر به توزیع غیر یکنواخت درجه حرارت در

دانه ها می گردد به طوری 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 اصـــطلاحاً مهاجرت رطوبت (moisture migration) می گویند و باعث تراکم رطوبت در بخشی از غله می شـود. تراکم رطوبت در این نوع انبارها بر حسب دمای بیرونی مخازن متفاوت بوده به طوری که در هوای سـرد در ناحیه فوقانی توده غله و در هوای گرم در زیر این نقطه تشـکیل خواهد شـد (شـکل۱۳). عمل هوا دهی این شـرایط را اصـلاح می نماید زیرا که درجه حرارت را یکنواخت نموده و از تراکم رطوبت جلوگیری می نماید. از آنجا که دانه ها حتی پس از برداشـــت نیز به حیات خود ادامه می دهند و دارای تنفس می باشـــند بنابراین موجودات زنده ای به شـمار می آیند. حتی اگر غله به صـورت مناسـب نگه داری شـود به دلیل تنفس وزن آن به تدریج رو به کاهش می گذارد و در صـورتی که دانه ها توسط حشرات، میکرو ارگانیزم ها جوندگان و یا پرندگان مورد حمله قرار گیرند این کاهش شدید تر خواهد بود. 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 حسـب ماده ای که به عنوان سـوبسـترا مصـرف می شـود، متفاوت می باشد. چنان که برای کربوهیدرات ها ۱ و برای چربی ها ۰/۷ اسـت. تنفس دانه به شـدت تحت تاثیر میزان رطوبت دانه می باشـد به گونه ای که اگر رطوبت نسـبی درون دانه به ۷۵ درصـد برسـد. سـرعت تنفس سـریعاً افزایش یافته و اسپور کپک ها شروع به جوانه زدن می نماید. تنفس تحت تاثیر درجه حرارت نیز می باشـد. درجه حرارت بالا، سـرعت تنفس را تا زمانی که گرما باعث غیر فعال شدن آنزیم های تنفسـی نشـده اسـت افزایش می دهد. آزمایشـات متعددی را به منظور بررسـی شـرایط دانه و پیش بینی وضعیت نگه داری آن در آینده می توان انجام داد که از جمله آن ها مشاهده تغییرات فیزیکی و ظاهری دانه مانند کاهش درخشندگی طبیعی و بروز کدورت می باشند. علاوه براین بروز تغییرات در بو، مانند استشمام بوی ترشیدگی نیز قابل ذکر است. گندم های بیمار را می توان از طریق جوانه های تیره و تار هم شـناسـایی نمود. از اولین علایم تخریب و فسـاد 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 به کار می رود. بسـیار ضـروری اسـت. انجام یک آزمون بیوشـیمیایی برای تشـخیص قوه نامیه دانه براسـاس خاصیت احیا

کنندگی آنزیم دهیدروژناز جوانه و با استفاده از ترکیب۲ و ۳ و ۵ تری فنیل تترازولیوم کلراید نیز امکان پذیر می باشد. این آزمون معمولا در مورد جو انجام می گیرد.



شکل۱۳- اثر درجه حرارت محیط بر تجمع رطوبت در غله درون مخزن

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 هوایی، وضعیت سیلو یا انبار، کیفیت، نوع و سلامت دانه، نحوه خرم کوبی و بوجاری و بالاخره آفات انباری اشاره نمود. در زمینه نوع دانه، اصولاً غلات سخت دارای مقطع شفاف یا شیشه ایی (*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 این که علت آن مکانیکی باشد مانند آنچه در خرمن کوبی یا بوجاری اتفاق می افتد و یا این که در اثر حمله آفات باشد، به فساد کمک می نماید. دانه های شکسته به مراتب بیشتر از دانه های سالم تنفس می نمایند. در ارتباط با آفات انباری، حشرات، کنه ها، موش ها (جوندگان) و قارچ ها از اهمیت ویژه ای برخوردارند. این آفات از جهات کمی، کیفی و بهداشتی به غلات ذخیره شده، صدمه وارد می نمایند. مهم ترین میکروفلور غلات در حین نگه داری، قارچ ها هستندکه در رطوبت های نسبتاً پایین، هم فعال هستند. قارچ های

آسپرژیلوس برای رشد و تکثیر در درجه 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 صورتی که رطوبت دانه کمتر از ۱۳ درصد و رطوبت نسبی هوا کمتر از ۶۵ درصد باشد می توان غلات را بدون آن که مورد حمله قارچ ها قرار گیرند ، نگه داری نمود. از دیگر قارچ هایی 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. به عنوان مثال سم حاصل از فعالیت فوزاریوم ، آفلاتوکسین، اُکراتوکسین و مانند آنها را می توان نام برد. حشرات هم یک مشکل عمده در نگه داری 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 مشکل عمده بهداشتی را نیز پدید می آورند. در بین حشرات، لَمبه گندم، شپشک سرخرطومی برنج، شپشک دندانه دار، شپشک سر خرطومی گندم، سوسک جونده غلات، بید گندم را می توان نام برد. حشرات به دو شکل به دانه ها آسیب می رساند :

الف: آن هایی که در درون دانه زندگی می کنند.
ب: آن دسته 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. به طور کلی درجه حرارت کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد، بدین منظور مفید می باشد. از آنجا که حشرات از رطوبت دانه ها به عنوان منبع آب استفاده می نمایند، کاهش رطوبت دانه به حدود ۹ درصد و کمتر، این منبع را از آن ها می گیرد. جوندگان و خصوصاً موش احتمالاً مضرترین جانور در زندگی انسان ها می باشند. به طوری که سالانه میلیون ها تن مواد غذایی را مصرف و یا آلوده و به طور کلی تخریب می نمایند. هر موش به طور متوسط در سال بیش از ۱۴ کیلوگرم غذا مصرف می نماید و این به جز مقداری است که آلوده می نماید. قدرت تولید مثل موش بسیار زیاد است و یک جفت آن می توانند 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 آن ها موثر اســت و بنابراین بهترین راه کنترل آن ها ایجاد ســاختمان ها و انبارهای کاملاً ایزوله و رعایت موازین بهداشـتی می باشد. از مهمترین جوندگان زیان آور می توان موش های خانگی، راتوس راتوس و راتوس نروژیکوس را نام برد. کنه ها نیز به غلات آسیب می سارنند. از میان کنه ها، کنه آرد نسبت به سایر کنه ها خسارت بیشتری به غلات وارد می کند.

فصل سوم

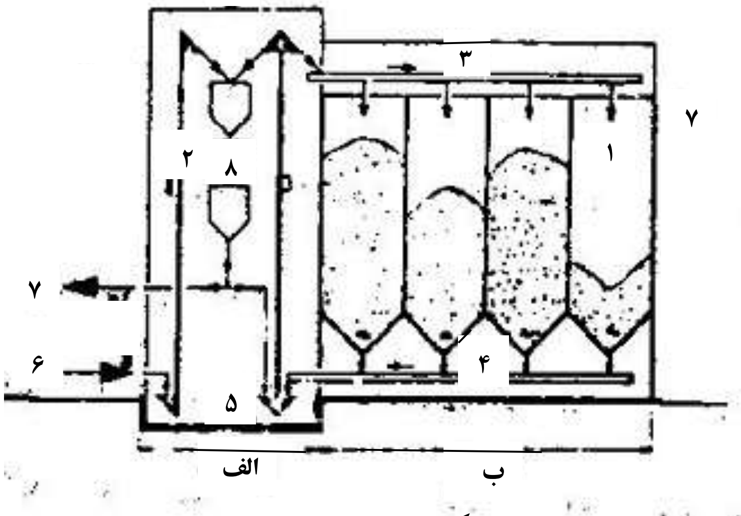
آشنایی با تاسیسات ذخیره ای سیلو:

تاسـیسـات ذخیره ای و سـیلو بایسـتی مواد ذخیره شـده را در مقابل عوامل جوی محافظت کرده و تجهیزات و تاسیسـات قابلیت نگه داری این مواد را برای مدت زمان معینی بدون فاسد و ضایع شدن داشته باشد. حمل مواد به سیلو و تاسیسات ذخیره ای با استفاده از جاده راه آهن و یا راه های آبی به کمک وسایل نقلیه مانند کامیون و راه آهن و یا کشتی می تواند انجام گیرد. نگه داری و ذخیره سـازی غلات از زمان های پیشـین متداول بوده و چگونگی نگه داری توسـط باسـتانشـاسـان مشـخص شـده اسـت. مردم در ایران و مصر و یونان باستان برای نگه داری غلات خود از خمره های سفالی اسـتفاده می کرده اند. آن ها این خمره ها را در اطاق های زیرزمینی و یا در دهلیزهای گودی که در داخل زمین سـاخته بودند می چیدند. امروزه از سیلو جهت نگه داری و ذخیره سازی غلات استفاده می شود. مجموعه سازه سیلوها و تاسیسات آن بایستی یک ارتباط زنجیره ای مابین تولید کنندگان و مصرف کنندگان را امکان پذیر سازند. محصول برداشت شده از مزارع بایسـتی از دستگاه های مختلف گذشته زوائد آن جدا سازی شده و رطوبت نسبی آن به میزان مطلوب رسانده شده و سـپس در داخل محفظه هایی که کندو نام دارند نگه داری شـوند. شـکل شـماره۱۴ مجموعه سازه و تاسیسات مشخصه یک سیلو را نشان می دهد. سازه سیلو معمولاً از دو قسمت تشکیل شده است :

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

ب-کندوها که در آن گندم نگه داری می شود

گندم های وارده در داخل محفظه هایی ریخته شـده و از این جا گندم به وسیله نقاله ها وارد قسمت تحتانی برج کار گردیده و سپس به وسیله بالا برهای کاسه ای به بالاترین قسمت برج کار برده شده و در آن جا به ماشین آلات مختلف بوجاری (شـامل شن گیر، جوگیر، کاه گیر، آهن ربا و در صورت نیاز دستگاه خشک کن و هم چنین ترازو) وارد شده و پس از انجام عملیات و رسـاندن کیفیت آن به اسـتاندارد مورد نیاز دوباره به وسیله بالابرهای ثانویه به بالای برج کار حمل می گردند و توسط نقاله هایی گندم ها به داخل کندوها جهت نگه داری منتقل می شوند.



شکل۱۴-مجموعه سازه کندو

الف-برج کار، ب-مجموعه کندوها

۱-کندو، ۲-بالابر، 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 باید توسط باسکول های زمینی توزین گردند تا بدین طریق وزن خالص گندم به دست آید.گندم وارد شده به سیلو توسط مکنده های پنوماتیکی و یا جک های هیدرولیکی و یا به شکل دستی در حفره های تخلیه گندم وارد می شود.گندم پس از تخلیه از طریق نقاله ها به بالابرهای مسیر اولیه هدایت می شود تا مرحله بوجاری اولیه و توزین انجام پذیرد.گندم توسط بالابرها بالا می رود تا در مسیر برگشت از تجهیزات بوجاری مستفر در برج کار که شامل انواع غربال ها جهت جدا کردن سایر ناخالصی ها از جمله دستگاه شن گیر جهت جدا سازی دانه های شن و دستگاه جوگیر و سیاه دانه گیر جهت جدا کردن دانه های جو و سیاه دانه از گندم و دستگاه آهن ربا جهت حذف ناخالصی های فلزی می باشد، گذرانده شود. معمولاً گندم های خارجی را از این مسیر عبور نمی دهند و تنها در مواردی خاص از این مسیر استفاده می شود. گندم پس از عبور از مسیرهای فوق مجدداً به بالابرهای 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 دستگاه های قرص گذاری جهت پخش قرص فستاکسین به منظور ضد عفونی گندم استفاده نمود (اکنون از ساشه یا کیسه های آن استفاده می گردد). مراحلی که گندم جهت صادرات و در واقع خروج از سیلو طی می نماید بدین ترتیب است که گندم های ذخیره شده در کندو از طریق نقاله های تحتانی که در زیر کندوها قرار گرفته

به بالابرهای اصــلی هدایت شــده و پس از انتقال آن به بالا در مســیر برگشــت، به نقاله های موجود در بالای برج (های) صـادرات تخلیه و از این طریق به یکی از کندوهای صـادرات وارد می شـوند و از آنجا پس از توزین توسط راه آهن و یا کامیون از سیلو خارج می گردند. به غیر از موارد فوق جهت جلوگیری از انتشار گرد و غبار در سیلو چندین شبکه تهویه و جذب گرد و غبار تعبیه شده و به کمک کانال های ارتباطی برای کلیه ماشین آلات، انشعاباتی در نظر گرفته شدهاست. در این حالت در کلیه نقاطی که محل ریزش گندم هستند گرد و غبار حاصله به کمک هواکش به داخل سیکلون یا فیلتر هـدایـت می گردنـد و در آن جـا گرد و غبـار و هوا از یکـدیگر جـدا شــده و خاک از طریق نقاله های حلزونی و بالابر مخصـوص به کندوی مخصـوص ضـایعات هدایت می شـود. قسـمت فوقانی کندوها به گالری فوقانی و قسـمت زیرین کنـدوها به گالری تحتانی معروف می باشــند. کندوها از نظر شــکل می توانند به صــورت تک کندو یا مجموعه ای از کندوها سـاخته شـوند. شـکل تک کندو می تواند دایره ای- مربعی- مسـتطیلی شـکل و یا چند ضـلعی باشـد و مجموعه کندوها می توانند به صـورت مجموعه کندوهای متصـل به همدیگر باشـند. برای حمل و نقل مواد در داخل سـیلو از نقاله های مختلف شامل نقاله های تسمه ای، نقاله های زنجیره ای، بالابرهای کاسه ای، نقاله های حلزونی برای ظرفیت های کم و بالاخره نقاله های مکشی یا دمشی (پنوماتیک) با سرعت های ۳۰-۱۵ متر در ثانیه استفاده می شود.

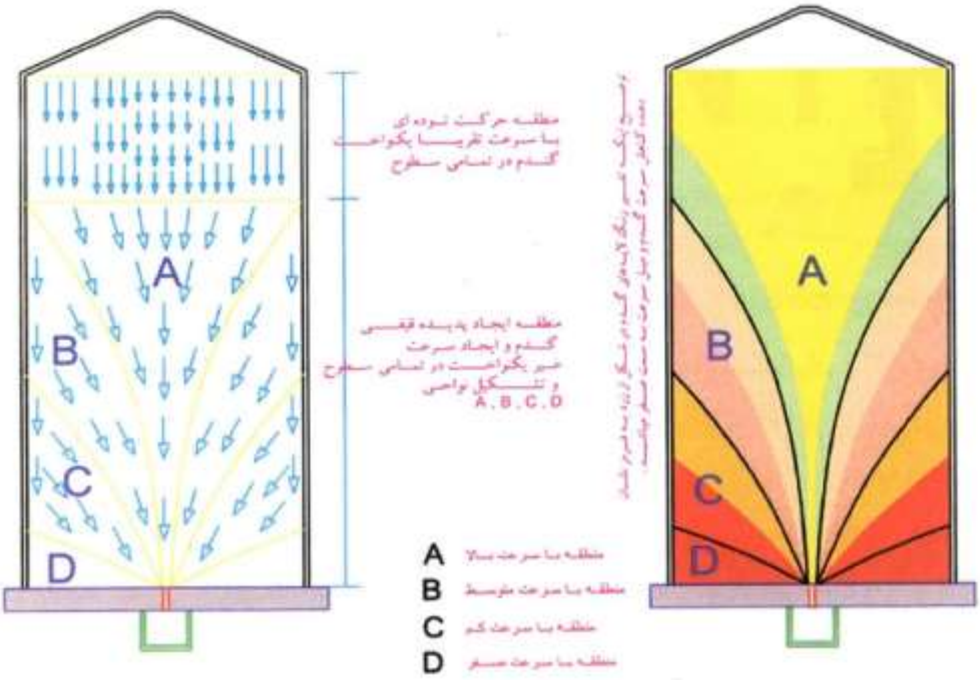
اُفت(Besatz)

بساتز درگندم عبارت است از تمامی مواد موجود در محموله گندم به غیر از دانه های سالم یک واریته خاص گندم و شامل مواد خارجی، دانه های آسیب دیده، چروکیده، شکسته و دانه های سایر ارقام گندم می شود. مطابق استاندارد ICC ، بساتز خود به دو دسته Korn besatz یا Grain besatz و Schwartz besatz و Black besatz تقسیم می شود. دسته اول شامل آنهایی است که تا حدودی ارزش آسیابانی دارند و شامل دانه های شکسته، دانه های چروکیده، دانه های سایر ارقام و یا سایر غلات، دانه های جوانه زده، دانه های حشره زده، دانه های سرما زده و دانه های بد رنگ می شود. در دسته دوم دانه علف های هرز، کپک زده یا بیمار مانند سیاه دانه، کاه و کُلَک و ناخالصی های غیر غله ای قرار دارند. Gesamt besatz مجموع دو دسته فوق را گویند. نحوه تعیین هر یک از دسته های فوق در مجموعه استانداردهای ICC شرح داده شده است.

تخلیه سیلوهای گندم

تخلیه استخری یا متقارن

در حال حاضـر یکی از مهمترین مباحث تخلیه گندم در سـیلوها، ترتیب تقدم و تاخر تخلیه می باشـد و این بدان معنی اسـت که با توجه به وجود دریچه تخلیه در مرکز بخش انتهایی سـیلو، سـرعت حرکت گندم های قرار گرفته در مرکز، بمراتب بیشتر از دیگر گندم ها می باشد و هر چه از مرکز به سمت دیواره ها می رویم سرعت تخلیه گندم کمتر است، تا جایی که حرکت گندم در جداره های سیلو فقط به سمت قائم بوده و سرعت حرکت به سمت خروجی به سمت صفر میل می کند و این سیکل حرکتی باعث ایجاد پدیده *"قیف زدگی"* در داخل سیلوها شده و با این شرایط، گندم هایی که تازه وارد سیلو شده اند امکان بهتری برای حرکت به سمت خروجی پیدا می کنند و گندم های زیرین که نزدیک به بدنه سیلو هستند زمان طولانی تری را جهت تخلیه سپری می نمایند. بنابراین، این شرایط تخلیه ورود و خروج ترتیبی گندم در سیلوها را دچار نقصان می نماید. دیگر مشکل سیلوها با دریچه تخلیه مرکزی این است که گندم در مرحله نهایی تخلیه در کف سیلو باقی می ماند و تخلیه کامل صورت نمی پذیرد که در کارخانه جات جهت تخلیه کامل از جاروهای مکانیکی استفاده می نمایند که گاه خرابی این دستگاه های مکانیکی باعث تخلیه ناقص سیلوها گردیده و هزینه های زیادی را جهت تخلیه کامل به کارخانه ها تحمیل می نماید. روش جدید شامل احداث گالری های فرعی و ارتباط دهی آن ها به گالری اصلی و هدایت گندم به گالری های اصلی و فرعی از طریق دریچه های متعدد در کف سیلو و همچنین ایجاد شیب بندی در کف به سمت دریچه های مذکور می باشد. با این روش همه گندم های یک سطح در سیلو، به یک میزان امکان تخلیه پیدا می کنند.(شکل-الف۱۵)



شکل۱۵- نمای تخلیه سیلوی گندم به روش تخلیه استخری یا متقارن(شرکت فن آوران سازه گهر)

انواع سیلو ها:

۱) سیلوهای عمودی فلزی

یکی دیگر از روش های استاندارد ذخیره سازی غلات که با توجه به پیشرفت صنعت فولاد سازی در دنیا بسیار متداول گردید، سیلوهای فلزی است . ظرفیت کندوهای این سیلوها می تواند از ظرفیت بسیار کوچک تا بسیار بزرگ

در نظر گرفته شود، اما معمولاً آن ها را در کندوهای با ظرفیت حدود ۵ تا ۷هزار تن می سازند که این امر با توجه به مشخصات ذکر شده در مورد سیلوهای بتنی انتخاب می گردد. اجرای سیلوهای فلزی که از قطعات پیش ساخته تشکیل شده اند، محتاج نقشه های اجرایی نسبتا ساده و مدیریت اجرایی آسان است. سیلوهای فلزی همانند سیلوهای بتنی امکان اختلاط گندم، کنترل حرارت و رطوبت گندم ،کنترل و مبارزه با آفات انباری و همچنین عملیات بوجاریرا فراهم می سازند.

شکل۱۵ب- نمای هوایی از تاسیسات ذخیره سازی گندم در سیلوهای فلزی

۲) انبارهای مکانیزه

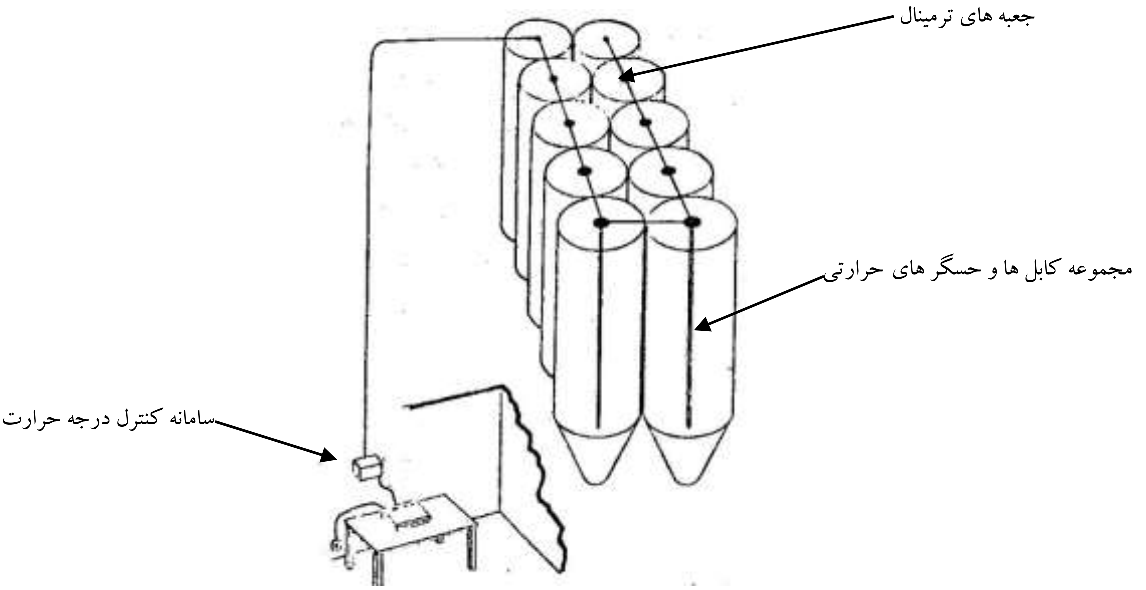
از دیگر روش های ذخیره سازی غلات که در بعضی ازکشورها مورد بهره برداری قرار گرفته، استفاده از انبارهای مکانیزه-نیمه مکانیزه است که جهت کاهش هزینه های ساخت در مقایسه با سیلوهای بتنی مورد استفاده قرار می گیرند. مشکل ایجاد سیستم اختلاط گندم وکنترل گرد و غبار ناشی از تخلیه گندم در این تاسیسات، و عدم بسته بودن فضای نگهداری گندم برای مبارزه با آفات انباری، از جمله نارسایی های این روش ذخیره سازی می باشد..

۴) انبار روباز

این روش جهت دپوی **موقت** گندم و بعلت کمبود فضای ذخیره سازی استاندارد گندم صورت می گیرد. در صورتی که رطوبت در محیط از حد متعارف و معمول بیشتر باشد، گندم ذخیره شده در معرض خطر رشد و نمو قارچ قرار گرفته و با توجه به اینکه عملیات جداسازی گرد و غبار و همچنین کنترل درجه حرارت در این مکانها انجام نمی گیرد،ممکن است باعث فساد و ضایعات گندم شود. عدم امکان اختلاط گندم، محدودیت کنترل پارامترهای کمی و کیفی گندم، آسیب پذیری نسبتاً بالا در مقابل شرایط جوی، عدم امکان کنترل آلودگی و آفات انباری، عدم امکان بوجاری و هوادهی از جمله نارسائی های این روش نگه داری می باشد. همانگونه که در قسمت

های قبل بیان گردید یکی از عوامل مهم در ذخیره سازی گندم کنترل درجه حرارت است. بالا رفتن درجه حرارت نیز در اثر وجود رطوبت گندم و اختلاف درجه حرارت آن با محیط خارج می باشد. از آن جایی که افزایش درجه حرارت داخل گندم زنگ خطری برای فاسد شدن و بروز آفات و تحولات شیمیایی در گندم می باشد. لذا کنترل درجه حرارت سیلو امری ضروری به نظر می رسد تا خسارتی به گندم وارد نیاید. این کنترل توسط تجهیزات و حسگرهای حرارتی (thermal sensors) نصب شده بر روی کابلهایی (معمولا سه کابل) که از بالا در کندو ها آویزان هستند، انجام می پذیرد و به کمک سامانه خاصی می توان درجه حرارت نقاط و ارتفاعات مختلف کندو را مشاهده نمود و بدین ترتیب چنانچه درجه حرارت در نقطه ای بالا بود، احتمالاً این نقطه مرکز بروز و شیوع آفت و فساد در گندم می باشد و می بایست بلافاصله به کمک تجهیزات و یا روش های مختلف از ایجاد فساد در گندم جلوگیری نمود. سیستم های حرارت سنجی که برای این منظور استفاده می شود شامل قسمت های مختلفی می باشد که این قسمت ها عبارتند از:

۱- حسگرهای حرارتی که در فواصل معین روی کابل های مخصوص حرارت سنج در داخل کندو نصب می شوند.
۲-کابل های مخصوص و حساسی که ارتباط بین سنسورها و دستگاه نمایش دهنده را میسر می سازند(شکل۱۶)..
۳- جعبه ترمینال هایی که در سقف سیلو نصب می شوند و حد فاصل کابل های اصلی و کابل های ارتباطی می باشند



شکل۱۶- نمای شماتیک استقرار کابلها و حسگرهای کندوها

جهت کاهش و جلوگیری از ضایعات و آفات در گندم می بایست گندم ها را ضد عفونی نمود و کوتاهی در این خصوص شاید باعث ایجاد خسارات جبران ناپذیری به گندم شود زیرا آفات به سرعت قابل گسترش می باشند. با توجه به آمارهای موجود مقادیر قابل توجهی از گندم های کشور به خاطر بروز ضایعات خسارت می بینند و ضد عفونی به موقع کندوهای تولید می تواند خسارات وارده را کاهش و یا حتی از بین ببرد. یکی از روش های مهم در سالم سازی گندم ها و آردها و نیز پیشگیری از آلودگی، ضد عفونی کردن شیمیایی با استفاده از گاز می باشد. معمولاً موادی به این منظور به کار می روند که قابلیت نفوذ و اثر سمی بیشتری بر حشرات داشته و بر مواد غذایی و انسان تاثیر سوء نداشته باشند. در استفاده از این مواد باید توجه داشت که غالب آن ها بسیار سمی هستند و باید زیر نظر کارشناس و با رعایت ضوابط مناسب استفاده شوند و پس از استفاده از آن ها مواد غذایی یا محیط در جریان هوا قرار گیرند. در این زمینه از مواد مختلفی استفاده می شود که به برخی از آن ها اشاره می گردد.

متیل برومابد: ماده ای است بسیار سمی که برای ضد عفونی کردن آرد، گندم، ساختمان، کیسه های آرد و ماشین های آرد سازی به کار برده می شود. 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 یک صد متر مکعب فضای محیط به کار 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 آن ها، کیسه ها را در اتاقی مناسب با استفاده از ۲ کیلوگرم متیل برومابد 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 برومابد 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 به کار می رود که امکان تهویه آن وجود ندارد. البته به علت قابلیت انفجار بالای آن، این گاز را در ترکیب با دی اکسید کربن به کار می برند که معمولاً به ازای هر یک صد متر مکعب آرد ۱۲/۵ کیلوگرم اکسید اتیلن و ۲۲ کیلوگرم دی اکسید کربن استفاده می کنند.

فومیگان های 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 باشند. مخلوط CTC و EDC بهترین ترکیب برای ضد عفونی گندم

های ذخیره شـده می باشـد. نسـبت ترکیب این دو ماده بسـتگی به عمق توده گندم دارد. در صـورتی که عمق آن از۲ متر کمتر باشد نسبت۳ به ۱ از EDC و CTC را استفاده می کنند و برای توده های با عمق بیشتر نسبت یک به یک به کار می رود و اگر عمق کندو از ۱۵ متر بیشـتر باشـد می توان فقط از تتراکلریدکربن اسـتفاده کرد. مقدار مصرفی مخلوط دو ماده ۴/۵ لیتر بـه ازای ۵ تن گـندم و مقـدار مصـــرف تترا کلریـد کربن بـه تنهـایی۴/۵ لیتر بـه ازای هر ۱۲ تن می باشـــد. برای فومیگاسـیون با اسـتفاده از این مواد باید درب پایین کندو را کاملاً مسـدود کرده و مواد را روی گندم ها پاشـید و دریچه فوقانی را نیز برای یک هفته مسدود کرد. سپس دریچه را باز می کنند و گندم ها را در معرض تهویه هوا قرار می دهند.

فسـفین (PH_3): به صـورت قرص های حاوی فسـفید آلومینیوم و کاربامات آلومینیوم برای ضـد عفونی کردن گنـدم های دارای رطوبت بیش از ۱۰٪ به کار می رود که در اثر رطوبت مواد موثره قرص ها تصـــعید می شـــوند. برای اسـتفاده از آن گندم ها را به یک سـیلوی خالی که دریچه پایینی آن کاملاً مسـدود شـده منتقل می کنند و به ازای هر تن گندم ۵ تا ۷ قرص به کار می برند. سـپس درب بالایی کندو را نیز به طور کامل و به مدت ۵ روز مسـدود می نمایند و در پایان دوره با باز گذاشتن درب ها گندم های ضد عفونی را کاملاً تهویه می نمایند. جهت جلوگیری از بروز فساد درگندم عمل هوادهی و تهویه صـورت می پذیرد بدین ترتیب که هوا با فشار مناسب از خارج کندو توسط لوله های تعبیه شده در کف کندوها به داخل آن دمیده و بدین طریق از اختلاف درجه حرارت داخل و خارج کندوها کاسـته می شـود و شرایط یکنواخت و یکسـانی حاصـل می گردد و در نتیجه زمان نگه داری افزایش می یابد. از فسـفین که حاصل فسفید آلومینیوم اسـت جهت ضـدعفونی کردن دانه های غلات سـالهاسـت که اسـتفاده می گردد، به طوری که از سـال ۱۹۳۶ میلادی بکارگیری آن معمول بوده است. از جمله نکاتی که در مورد این fumigant می توان گفت آن است که پس از هوادهی غله نباید هیچ اثری از آن در محصول باقی بماند. به هر حال باید توجه داشت که در بین غلات برحسب ظرفیت نگه داری گاز ، تفاوت هایی وجود دارد به طوری که به عنوان مثال گندم ، برنج پوست گیری شده و برنج پیش جوش به ترتیب در حدود ۶۲ ، ۲۷ و ۸۴ درصـد از گاز فسـفین را می توانند در زمانی که مقدار زیادی گاز در محیط موجود باشـد در خود نگه دارند و به نظر می رسد که مقدار فسفین (PH_3) جذب شده توسط غله به عوامل متعددی مانند: ساختار فیزیکی دانه ، نوع واریته (تاحدودی) ، مقدارچربی، درجه حرارت و دوز گاز بکارگرفته شـده ارتباط 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 باقی مانده آن ممکن است در محصول وجود داشته باشد. **الف**:ترکیبات فسفره غیرآلی ناشی از اکسید شدن فسفین و **ب**:فسفین آزاد که به صورت فیزیکی به ساختار دانه وصل شده است. باقی مانده نوع اول از نظر مقدار و سمیت از اهمیت خاصی برخوردار نمی باشد، اما مورد دوم را باید کاملاً جدی گرفت زیرا فسفین به شکل اصلی خود اثر سمی و کشنده را به دنبال دارد ضمن آن که 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. به هر حال انجام هوادهی کامل دانه ها بسیار ضروری است، هرچند در مواردی حتی پس از ۲۲۰ روز هوادهی هم باقی مانده فسفین مشاهده شده است. امروزه و برای نیل به ایمنی بیشتر از ساشه های فسفین استفاده میشود.

فصل چهارم

ترکیب شیمیایی غلات

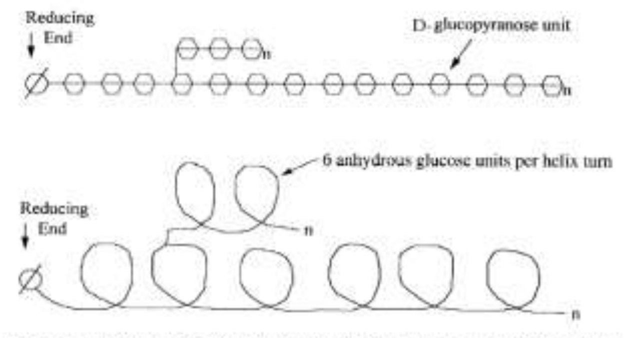
۱- نشاسته:

نشاسته اولین منبع تولید انرژی برای دانه‌های غلات به حساب می‌آید.گرچه مقدار آن در غلات متفاوت است ، اما عموماً بین ۶۰ تا ۷۵ درصد وزن آن ها را تشکیل داده و۸۰-۷۰ درصد انرژی مورد نیاز انسان را تأمین می‌نماید. نشاسته علاوه بر نقشی که در تغذیه انسان ها ایفا می کند، شکل تعدیل و تغییر یافته آن نیز برخواص فیزیکی موادغذایی مؤثر می‌باشد. به عنوان مثال نشاسته حاصل ازذرت، گندم ، برنج ، سیب‌زمینی و کاساوا (تاپیوکا) را می توان به منظور ایجاد ژل ، قوام دهندگی 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 شیمیائی و فیزیکی آن، باعث شده تا از سایر کربوهیدرات ها کاملاً متمایز گردد. نشاسته دارای ساختار نیمه بلورین است.گرانول های سالم نشاسته هنگامی که در معرض پرتو X قرار می گیرند سه طرح A وB وC را از خود نشان می دهند. اکثر نشاسته های غلات دارای طرح A، نشاسته سیب زمینی و سایر غده های زیر زمینی و در کنار آن نشاسته بیات شده طرح B را به نمایش می گذارند و بلاخره طرح پرتو X در مورد نشاسته حبوبات بصورت C می باشد که شکل واسطی از دو طرح A وB بوده، احتمالا به این دلیل که ترکیبی از دو نوع نشاسته A وB را دارا هستند. اگر نشاسته ژلاتینه شده یا با چربی و ترکیبات مشابه آن تشکیل کمپلکس دهد، طرح پرتو X آن بصورت V دیده می شود که در مورد نشاسته های طبیعی نمی توان آنرا مشاهده نمود.

ساختمان شیمیایی نشاسته:

صرف نظر از منشاء ، نشاسته پلی‌مری از واحدهای ۶ کربنه گلوکز است. که به واسطه اتصال پیوندهای α -۱ و۴ و α -۱ و۶ این واحدها پیوندهای گلیکوزیدی تشکیل می‌شوند. از آن جا که گروه آلدئیدی موجود در بخش انتهائی نشاسته همواره آزاد می‌باشد ، بنابراین نشاسته همواره دارای یک بخش انتهایی احیاکننده است. بدیهی است انتهای دیگر نشاسته به صورت غیراحیاء کننده خواهد بود. بر حسب تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد قسمت‌های احیاء‌کننده متفاوت است و متناسب با افزایش شاخه‌ها افزایش خواهد یافت. اتصالات گلیکوزیدی نشاسته از نوع α این خصوصیت را به پلی‌مر نشاسته می دهد تا ساختمان مارپیچی پیدا نماید (شکل۱۷). در ادامه این مبحث از اهمیت پیوند α در نشاسته بیشتر

بحث خواهد شد ، اما باید توجه شود که به هنگام مقایسه نشاسته با سلولز، که آن نیز پلی‌مری از گلوکز اما با پیوندهای β-۱ و ۴ است، تفاوت پیوند نوع α با β باعث می‌شود که این دو پلی‌مر دارای تفاوت‌های زیادی از نظر خواص فیزیکوشیمیایی ، ساختار و آرایش فضایی و بالاخره اثر آنزیم‌ها بر هر یک از آن ها باشند. در سلولز، به دلیل وجود پیوند نوع β، ساختار صفحه‌ای و نواری شکل است حال آن که پلی‌مر نشاسته دارای ساختمانی مارپیچی می باشد.



شکل ۱۷- زنجیره ساده و یا مارپیچی آمیلوز

پلیمریزه شدن گلوکز در نشاسته منجر به شکل‌گیری دو نوع پلی‌مر خواهد شد : آمیلوز وآمیلوپکتین که آمیلوز عمدتاً یک پلی‌مر خطی و آمیلوپکتین یک پلی‌مر بزرگ و دارای انشعاب می‌باشد. تفاوت در ساختار این دو پلی‌مر باعث ایجاد تفاوت‌های مهم در خواص نشاسته خواهد شد(جدول۱).

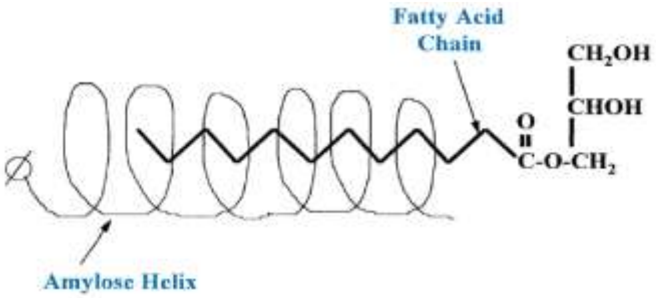
جدول ۱- خصوصیات آمیلوز و آمیلوپکتین

خصوصیت	آمیلوز	آمیلوپکتین
شکل	تقریبا خطی	شاخه ای
اتصالات	آلفا ۱ به ۴ و گاهی آلفا ۱ به ۶	آلفا ۱ به ۴ و آلفا ۱ به ۶
وزن مولکولی	بیشتر از ۵۰۰ هزار	از ۵۰ تا ۵۰۰ ملیون
خصوصیت فیلم	قوی	ضعیف
تشکیل ژل	سفت	ژل نرم تا عدم تشکیل ژل
رنگ در واکنش با ید	آبی	قهوه ای متمایل به قرمز

آمیلوز:

پلی‌مری خطی است که تقریباً به صورت کامل دارای پیوندهای گلیکوزیدی α –۱و۴ است ، گرچه ممکن است تعداد محدودی انشعاب نیز بر روی زنجیره خطی دیده شود . آمیلوز دارای ساختمانی مارپیچی است که در درون مارپیچ، اتم‌های هیدروژن قرارگرفته اند و حالت هیدروفوب یا آب‌گریز دارند و این امکان را به آمیلوز می‌دهند تا تشکیل نوعی کمپلکس قفس مانند را با اسیدهای چرب آزاد و یا اسیدهای چرب موجود در روغن‌ها و چربی ها بدهد.

تشکیل کمپلکس آن با چربی ها، خصوصاً مونو و دی گلیسریدها یک خاصیت کاملاً مشخص در مارپیچ آمیلوز محسوب می‌گردد در این حالت هسته هیدروفوب آمیلوز با بخش هیدروفوب چربی ها (اسیدهای چرب) پیوند برقرار می‌نماید (شکل۱۸).



شکل۱۸- 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 می گیرد . به دنبال تشکیل کمپلکس نشاسته با اسیدهای چرب و یا چربی ها، خواص نشاسته نیز تغییر می‌نمایدبطوری که 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 به دنبال حرارت دادن آن است و معمولاً تحت تأثیر آمیلوز می باشد. اصولاً نشاسته‌های حاوی آمیلوز نظیر نشاسته‌ذرت، گندم، برنج را نشاسته ژل‌ساز می گویند. تشکیل ژل در درجه اول به دلیل به هم پیوستن مجدد پلی‌مرهای آزاد شده نشاسته خصوصاً آمیلوز صورت می‌گیرد. ساختار بلند و خطی آمیلوز باعث شده است که ویژگی های منحصر به فردی را داشته باشد. به عنوان مثال، این ساختار می تواند با ید، اسید ها و الکل ها براحتی تشکیل کمپلکس دهد که حالتی شبکه مانند(clathrates) را داراست. آمیلوز را می توان ابتدا در هیدروکسید پتاسیم یا دی متیل سولفوکساید حل نموده و آنگاه با استفاده از n–بوتیل الکل رسوب داد. رنگ آبی حاصل از ترکیب نشاسته و ید ناشی از حضور و اتصال تعداد زیاد یون های ید در هسته مرکزی زنجیره آمیلوز می دانند. زنجیره بلند آمیلوز عامل مهمی برای تمایل آن به اتصال با خود و در نتیجه رسوب می باشد. آمیلوز در یک محلول گرم بصورت بلورین در آمده و retrograde می شود. این واژه در اصل به پدیده تبلور در ژل نشاسته گفته می شود اما بدلیل آنکه آمیلوز تمایل زیادی به اتصال با خود دارد، برای آن هم استفاده شده است. باید توجه داشت که اگر pH محلول در این حالت و با افزودن قلیا (مثلا پتاس یک نرمال) افزایش داده شودآمیلوز بصورت

محلول باقی می ماند، زیرا بر روی گروه های OH بارهای مثبتی ایجاد می شوند که این بارهای مثبت موجود بر روی زنجیره های مجاور هم، یکدیگر را دفع نموده و در نتیجه به محلول ماندن آمیلوز کمک می نمایند.

آمیلوپکتین:

مانند آمیلوز از واحدهای گلوکز که بصورت α–۱ و ۴ به هم متصل شده اند تشکیل شده است با این تفاوت که دارای شاخه های بزرگتری است و دارای ۴ تا ۵ درصد پیوندهای α–۱ و ۶ می باشد. با توجه به میزان شاخه های آن می توان دریافت که در هر واحد زنجیره آن تنها ۲۰ الی ۲۵ واحد گلوکز وجود دارد. آمیلوپکتین دارای وزن مولکولی بسیار بالا و در حدود $۱۰^{۸}$ است و در واقع یکی از بزرگترین مولکول های شناخته شده در طبیعت بشمار میآید که در کل حاوی ۵۹۵۲۳۸ واحد گلوکز است. اگر وزن مولکولی نشاسته($۱۰^{۸}$) ، بر وزن مولکولی یک واحد گلوکز(۱۶۸) تقسیم شود، تعداد زنجیره ها بدست می آید که برابر ۲۹۷۶۲ عدد خواهد بود و این به معنی وجود ۲۰ واحد گلوکز بطور متوسط در هر زنجیره است.

آمیلوپکتین دارای سه نوع زنجیره است، نوع A که از پیوند α–۱ و ۴ تشکیل شده، نوع B که از پیوند α–۱ و۴ و α–۱ و ۶ شکل گرفته و نوع C که دارای پیوندهای α–۱ و۴ و α–۱ و ۶ همراه با یک گروه احیا است. در این حالت، نوع A فاقد شاخه است حال آنکه نوع B دارای شاخه می باشد و نوع C هم تنها شاخه ایی است که یک گروه احیا بر روی آن دیده می شود. در صورتی که آمیلوپکتین با β–آمیلاز تیمار شود، آنزیم از قسمت غیر احیا به زنجیره حمله نموده و بصورت یک در میان پیوندهای α–۱ و ۴ را می شکند و تولید مالتوز می نماید. بدیهی است β-آمیلاز نمی تواند از قسمت شاخه دار آمیلوپکتین عبور کند و به این ترتیب بر حسب اینکه تعداد واحدهای گلوکز موجود بر روی زنجیره فرد یا زوج باشند، ۲ یا ۳ واحد باقی می مانند. به این ترتیب در حدود ۵۵ درصد از آمیلوپکتین را می توان با استفاده از β-آمیلاز تجزیه نمود. فرآورده حاصل مالتوز و باقی مانده بزرگی است که به آن β–limit dextrin گفته می شود که خود دارای وزن مولکولی زیادی($۱۰^{۴}$) است.

دو آنزیم دیگر یعنی پولولاناز و ایزوآمیلاز هم برای بررسی ساختار آمیلوپکتین بکار می روند که هر دو شاخه شکن هستند و فقط می توانند پیوندهای α–۱ و۶ را بشکنند ولی قادر به شکستن پیوندهای α-۱ و ۴ نمی باشند. بنابراین

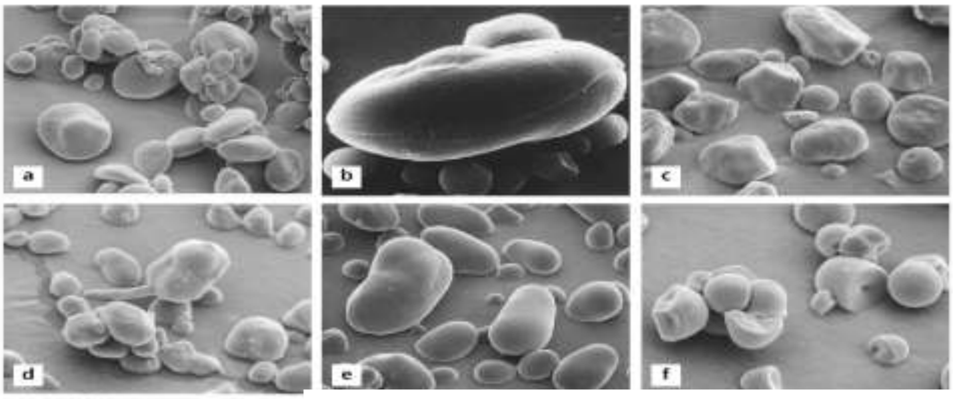
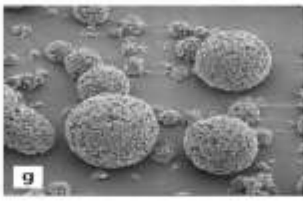
اگر آمیلوپکتین توسـط این دو آنزیم تیمار شـود، تمامی شـاخه ها شکسته شده و به این ترتیب تعداد زیادی زنجیره کوتاه بدسـت می آید. حال اگر قدرت احیاکنندگی در واحدهای وزنی این مخلوط تعیین گردد آنگاه براحتی می توان به تعداد زنجیره ها دسـت پیدا کرد. بر همین اسـاس اسـت که گفته می شـود که بطور متوسـط زنجیره های آمیلوپکتینی دارای ۲۵ واحد گلوکز هسـتند. نحوه ی توزیع این زنجیره ها را می توان با اسـتفاده از روش فیلتراسـیون ژلی تشـخیص داد. براین اسـاس اکثر زنجیره ها از ۱۹ واحد گلوکز و تعداد کمتری از ۶۰ واحد تشـکیل شده اند. در مورد اثر این دو آنزیم تفاوتی نیز وجود دارد. پولولاناز شـاخه هایی که از دو یا بیشـتر واحد گلوکز تشـکیل شـده اند را می شکند، حال آنکه ایزوآمیلاز نیاز به حداقل حضـور سـه واحد گلوکز در زنجیره جانبی دارد و به این ترتیب می توان نسـبت زنجیره A به زنجیره B را نشان داد(A-chain to B-chain ratio).

گرانول‌های نشاسته:

آمیلوز و آمیلوپکتین به شـکل آزاد در طبیعت وجود ندارند بلکه به عنوان جزئی از ترکیبات نیمه بلورین و جدا از هم یعنی گرانول‌های نشـاسـته دیده می‌شـوند. اندازه، شکل و ساختمان این گرانول‌ها بر حسب منبع نشاسته متفاوت است. قطر آن ها از کمتر از ۱ میکرومتر تا بیش از ۱۰۰ میکرومتر متغیر اسـت و از نظر شـکل ممکن اسـت بصـورت کروی، بیضوی، زاویه‌دار و یا کاملاً بی‌شکل دیده شوند. نشاسته‌های گندم، جو و چاودار دارای دو نوع گرانول کاملاً متمایز از هم هسـتند.گرانول‌های بیضـوی (نوع A) با قطر حدود ۳۵ میکرومتر وگرانول‌های کروی (نوعB) با قطر حدود ۳ میکرومتر را می‌توان از آرد گندم جدا نمود.گرانول‌های موجود در نشـاسته جو دو سر (یولاف) و برنج دارای ساختار متفاوتی هستند و در آن ها گرانول‌های بسیار ریز به یکدیگر کاملاً متصل شده وگرانول‌های مرکب را به وجود آورده‌اند(شکل۱۹).

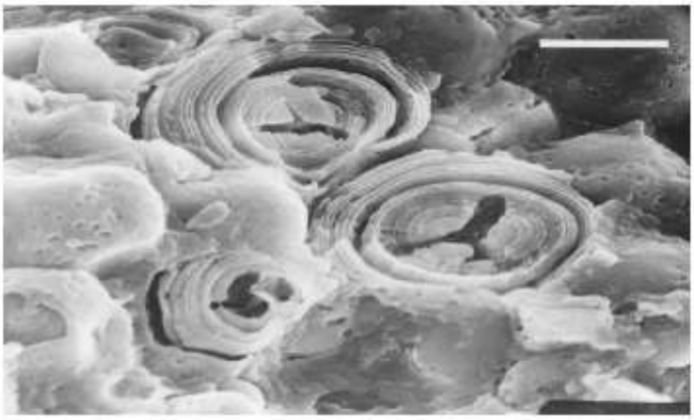
ساختار درونی گرانول‌های نشاسته:

نحوه قرار گرفتن آمیلوز و آمیلوپکتین در درون گرانول نشاسته کاملاً روشن نمی‌باشد اما چیده شدن آن‌ها در کنار یکدیگر و در درون گرانول ، تصـادفی نبوده و از نظم بسـیار بالایی برخوردار می‌باشـند، اما 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.

شکل۱۹- تصاویر تهیه شده توسط میکروسکوپ الکترونی نشان‌دهنده انواع گرانول‌ها از نظر شکل واندازه
a و b گندم-c ذرت دندان اسبی-d- ذرت با آمیلوز فراوان
e- سیب‌زمینی-f تاپیوکا--g برنج

برای بررسی ساختار میکروسکوپی یک گرانول نشاسته، معمولاً آن را تا حدودی تحت تأثیر اسید و یا آنزیم قرار می‌دهند به گونه‌ای 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 و شکسته می‌شوند. در این حالت نوعی پدیده حلقوی شکل نظیر آنچه که به هنگام برش طولی تنه درختان دیده می‌شود ظاهر خواهد شد (شکل ۲۰) و نشان می‌دهد که بخش‌های بلورین و بدون شکل به صورت یک در میان می‌باشند که خود ناشی از دوره‌های رشد واستراحت گیاه به هنگام ساخت گرانول های نشاسته است. از آنجا که در آمیلوپکتین شاخه‌ها یا زنجیره‌های کوچکتر کاملاً در کنار هم قرار گرفته و بین خود پیوندهای قوی برقرار می‌نمایند نتیجه آن تشکیل نواحی کاملاً بلورین می‌باشد. هرگاه گرانول های نشاسته تحت تاثیر نور پولاریزه قرار گیرند بدلیل آنکه از نظم بالایی برخوردار هستند نوعی شکست مضاعف در آن ها دیده می شود(تقاطع یا صلیب مالتز). این نظم را نباید با تبلور اشتباه گرفت، زیرا موادی (به عنوان مثال سلولز با ساختار نیمه بلورین) وجود دارند که ساختار کاملا منظمی دارند، اما متبلور نمی باشند و فقط بدلیل نظم بالا و تحت تاثیر نور پولاریزه، شکست مضاعف نور در آنها دیده می شود



شکل۲۰- مقطع عرضی گرانول نشاسته تیمار شده با آنزیم آمیلاز

از نقطه نظر انرژی، بهترین حالت برای گیاه آن است که انرژی مازاد خود را بصورت نشاسته ذخیره نماید و نه ساکارز، زیرا که نامحلول بوده و مولکول بسیار بزرگی محسوب می شود. رشد نشاسته به طرف بیرون ساختار گرانول است و لایه جدید برحسب مقدار کربوهیدراتی که در زمان تولید لایه در اختیار گیاه بوده دارای ضخامت متفاوتی است. این لایه ها را می توان بخوبی و هنگامی که نشاسته با اسید ضعیف یا آنزیم تیمار شود، بخوبی دیده می شوند. در مورد نشاسته سیب زمینی براحتی می توان این لایه ها را حتی در گرانول سالم نیز مشاهده نمود. نشاسته غلات حاوی مقادیر کمی چربی است که اغلب از نوع قطبی می باشند و بنابراین برای استخراج آن ها نیاز به حلال های قطبی مانند مخلوط متانول–آب می باشد. مقدار چربی در نشاسته غلات حدود ۰,۵ یا ۱ درصد است. دیگر انواع نشاسته (حاصل از منابع غیر غله ای)، اصولا فاقد چربی می باشند. صرف نظر از وجود مقادیر ناچیز املاح در نشاسته، این ترکیب حاوی مقدار قابل ملاحظه ای فسفر و نیتروژن است. در نشاسته غلات، فسفر عمدتا بصورت فسفولیپید است، در حالیکه در مورد نشاسته سیب زمینی، فسفر با گلوکز بصورت استری دیده می شود که این حالت را نمی توان در مورد نشاسته حاصل از غلات مشاهده نمود. تمام انواع نشاسته حاوی کمتر از ۰/۰۵۰ درصد نیتروژن هستند که از منابع چربی و پروتئینی نشات گرفته اند و بنظر می رسد باقیمانده آنزیم هایی باشند که به هنگام سنتز نشاسته دخالت داشته اند.

اجزاء 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 وکاساوا دارای چربی کمتر از نشاسته غلات است. گرچه چربی و روغن موجود در نشاسته بر نحوه ژلاتینه شدن نشاسته تاثیر می‌گذارند اما اثر مهم آن ها بر طعم نشاسته است، به گونه‌ای که نشاسته حاصل از سیب‌زمینی و کاساوا (تاپیوکا) 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. اول پروتئین‌های موجود بر روی سطح گرانول که می‌توان آن ها را با محلول نمکی جدا نمود، و دیگر پروتئین‌های متصل به گرانول که جداسازی آن ها به راحتی میسر نبوده و به عنوان مثال به محلول‌های قلیائی و یا دترجنت‌هایی چون SDS نیاز می‌باشد. بنابر یک فرضیه ، این پروتئین‌ها با آمیلوز و آمیلوپکتین پیوندکووالانسی برقرار می‌نمایند ، حال آن که پروتئین‌های سطحی ، صرفاً بر روی گرانول‌ها جذب شده‌اند. وجود پروتئین‌هائی مانند فریابیلین (friabilin) و پیوروایندولاین (puroindoline) بر روی نشاسته و در ارتباط با سختی یا نرمی اندوسپرم دانه گندم بررسی شده است. این پروتئین‌ها که وزن مولکولی آن ها حدود ۱۵ کیلودالتون است به وفور از دانه‌های نرم گندم و کمتر از دانه‌های سخت استخراج شده و بنابراین می توان دریافت که این پروتئین‌ها نقش مهمی را در تعیین سختی دانه‌های گندم ایفا می‌نمایند. پیوروایندولاین‌ها،پروتئین‌های بازی و هیدروفوب هستند که دارای ۵ پل دی سولفیدی بوده و دارای یک بخش غنی از تریپتوفان هستند. پیوروایندولاین‌ها(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 تریپتوفان در نوع b کمی کوتاه تر از نوع a است. پوروایندولاین‌ها ضمن آن که از تأثیر مخرب چربی های قطبی بر تولید کف توسط پروتئین‌ها جلوگیری می‌کنند همچون دیگر پروتئین بازی یعنی فریابیلین‌ها شاخصی جهت تعیین سختی و نرمی دانه به شمار می‌آیند . اگرچه پروتئین‌های PIN در اکثر گندم‌های نرم و سخت دیده می‌شوند ولی مقدار کمتری از آن‌ها در گندم‌های سخت وجود دارند. بنابراین رقم‌های عاری از PIN-a همیشه گندم‌های سخت یا خیلی سخت (از جمله گندم دُروم) بشمار می‌آیند.

چربی ها، عمدتاً در جوانه دانه غلات متمرکز هستند. چربی های موجود در اندوسپرم را می‌توان به دو دسته چربی های نشاسته‌ای و غیرنشاسته‌ای تقسیم نمود. چربی های غیرنشاسته‌ای عمدتاً از نوع تری‌گلیسریدی و غیر قطبی

بشمار می‌آیند و در درون گرانول‌های نشاسته جای دارند حال آنکه چربی های نشاسته ایی دارای گروه های فسفات بوده و از این نظر شبیه به ترکیبات امولسیفایری چون لسیتین می‌باشند و به آن ها چربی های لیزوفسفولیپیدی نیز می گویند و ساختمان آنها به گونه‌ای است که می‌توانند با آمیلوز تشکیل کمپلکس دهند که در این حالت بخش اسید چرب چربی، در بخش درونی آمیلوز قرار می‌گیرد. این کمپلکس بسیار پایدار بوده و فقط در دمای بالا ذوب یا شکسته می‌شود.

ژلاتینه شدن، تشکیل خمیر و تنزل کیفیت نشاسته:

گرانول‌های طبیعی نشاسته در آب سرد نامحلول می‌باشند و از این رو خصوصیات منحصر به فردی که در بسیاری از مواد غذایی دیده می‌شود، به دلیل خصوصیات و یا رفتار گرانول‌های نمی‌باشد بلکه به دلیل تغییراتی است که در نشاسته به هنگام مجاورت با آب گرم ایجاد می‌شود. از جمله این تغییرات ژلاتینه شدن و تشکیل خمیر در 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 خصوصیاتی همچون ایجاد بافت، لزوجت(ویسکوزیته) و نگهداری رطوبت را در مواد غذایی به وجود آورد. در کنار ژلاتینه شدن و تشکیل خمیر، تنزل کیفیت نیز وجود دارد که به دلیل اتصال مجدد مولکول‌هاست و به دنبال 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

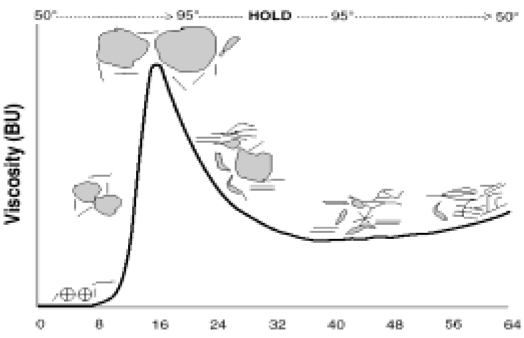
ژلاتینه شدن نشاسته عبارت است از شکسته شدن نظم مولکولی موجود در گرانول‌های نشاسته که همراه با ظهور تغییرات برگشت‌ناپذیر در خواص نشاسته نظیر تورم گرانولی، از دست دادن خاصیت انکسارنور و تغییر حلالیت می‌باشد. نقطه آغاز ژلاتینه شدن و دامنه پدیدار شدن آن بستگی به غلظت نشاسته ، روش مشاهده و نوع گرانول دارد. نشاسته در آب سرد و حتی در درجه حرارت اتاق حل نمی‌شود. با اضافه شدن عامل حرارت، تغییرات متعددی ظاهر می‌شود که از جمله می‌توان به دو مورد مهم از هم پاشیده شدن ساختار نیمه بلورین که علامت آن از بین رفتن خاصیت انکسارنور است و افزایش اندازه گرانولی، هرچند نه همه به یک اندازه اشاره نمود .با تداوم حرارت‌دهی، گرانول‌ها ضمن جذب آب متورم

شده و ویسکوزیته محیط افزایش می‌یابد تا این که به ناگاه از هم گسیخته می‌شوند و آمیلوز و آمیلوپکتین در سوسپانسیون آبی رها می‌شوند. هنگامی که بخش اعظم گرانول‌ها این فرآیند را طی نمودند، آن گاه 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 این گونه تغییرات در نشاسته ایجاد می‌شود را درجه حرارت ژلاتینه شدن می‌گویند. در عمل با توجه به این که همه گرانول های یک نشاسته خاص در یک درجه حرارت معین ژلاتینه نمی‌شوند، بنابراین نمی توان یک دمای خاصی را به عنوان درجه حرارت ژلاتینه شدن نشاسته محسوب نمود. نوع نشاسته نیز بر درجه حرارت ژلاتینه شدن مؤثر است. درجه حرارت لازم برای ژلاتینه شدن نشاسته محصولات 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. 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 باز هم 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 به صورت کاملاً خمیری شکل در می‌آید. با حرارت دهی بیشتر ویسکوزیته به دلیل باز شدن گرانول‌ها کاهش می‌یابد(شکل۲۱) و شامل تورم گرانولی، نشت اجزاء موجود در گرانول و در نهایت پاره شدن کامل گرانول‌ها می‌شود. به این نکته باید 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. به طور معمول، ویسکوزیته خمیر حاصله به دنبال سرد شدن دچار تغییر می‌گردد به گونه‌ای که نوعی خمیر ویسکوالاستیک و یا ژل تشکیل می‌شود. در این حالت هر چه مقدار آمیلوز بیشتر باشد، احتمال این که ژل سفت و قابل برشی به وجود آید بیشتر است.

درجه حرارت (سلسیوس)



زمان (دقیقه)

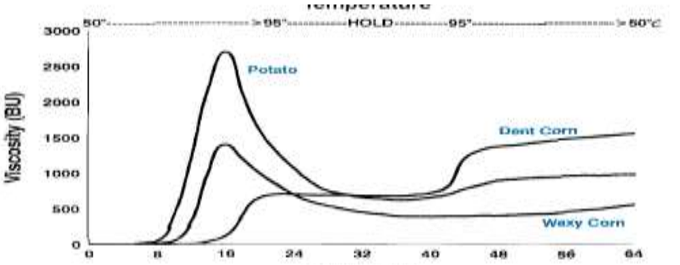
شکل ۲۱- جذب آب توسط گرانول، پاره شدن آن ها و اتصال مجدد واحدهای آمیلوز

مقدار آمیلوز وآمیلوپکتین موجود در نشاسته، خصوصیات رئولوژیکی و نحوه ژلاتینه شدن خمیر و یا ژل حاصله را تعیین می‌کنند. برای مثال در نشاسته مومی که تقریباً به طور کامل از آمیلوپکتین ساخته شده ویسکوزیته سریعاً افزایش می‌یابد ولی بعد از آن و با ادامه حرارت دادن ، ویسکوزیته شکسته شده وسریعاً کاهش می یابد و بعد از سرد شدن، خمیری چسبنده و ویسکوالاستیک حاصل می‌شود که البته به صورت ژل در نخواهد آمد. در نشاسته ذرت دندان اسبی که حاوی حدود 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 (شکل۲۲).

تنزل کیفیت : Retrogradation

بعد از آن که پلی‌مرهای نشاسته به صورت کاملاً آزاد درآمدند، آن ها همراه با بخش‌های نامحلول موجود درگرانول نوعی تمایل به اتحاد مجدد را در دوره سرد شدن از خود نشان خواهند داد. تنزل کیفیت نشاسته را می‌توان نتیجه تشکیل نوعی مجموعه بلورین با ساختار ژل مانند به حساب آورد. گرچه آمیلوپکتین نیز می‌تواند پس از سرد شدن باعث بروز پدیده فوق شود، اما مولکول‌های آمیلوز تمایل بیشتری به ترکیب و اتحاد مجدد و تشکیل پیوندهای هیدروژنه از خود نشان می‌دهند.

درجه حرارت (سلسیوس)



زمان (دقیقه)

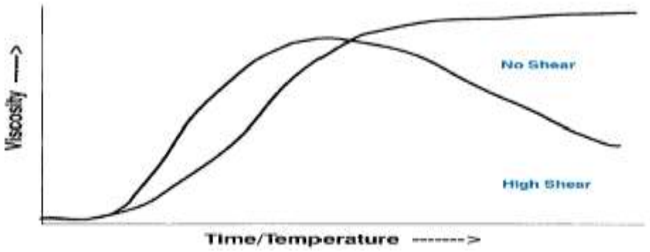
شکل ۲۲- منحنی ویسکوزیته نشاسته‌های سیب‌زمینی ذرت دندان اسبی و ذرت مومی

با ایجاد این پدیده، خمیر نشاسته به صورت فزاینده مات و کدر شده و قابلیت برش در ژل آن افزایش می‌یابد. به مرور زمان، ژل حاصله، بافت لاستیکی پیدا نموده و آب از خود آزاد می کند که به پدیده اخیر اصطلاحاً سینرسیس (synersis) گفته می‌شود و در محصولاتی مانند سس ها که با نشاسته حاوی آمیلوز تعدیل نشده ساخته می‌شوند دیده می‌شود. از آن جا 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 نگه داری شده‌اند بیشتر دیده می‌شود. ثبات نشاسته بعد از باز شدن یخ فراورده از طریق اندازه‌گیری مقدار آب آزاد شده تعیین می گردد و شاخص مناسبی برای تشخیص کیفیت نشاسته می‌باشد. همچنین باید توجه نمودکه نشاسته های حاصل از منابع مختلف دارای سرعت و شدت تنزل کیفیت متفاوت هستند. به عنوان مثال، تاپیوکا که حاوی ۱۹ درصد آمیلوز است، به مرور زمان ژل نرمی به وجود می‌آورد. حال آن که نشاسته ذرت دارای مقادیر بالای آمیلوز (۴۰٪ آمیلوز) ژل سفتی را به هنگام سرد شدن تولید می کند و بنابراین تنزل کیفیت در آن شدیدتر اتفاق می‌افتد.

اثر pH و به هم زدن نشاسته:

با توجه به اینکه pH مواد غذایی می‌تواند دامنه وسیعی را در برگیرد بنابراین اثر این عامل بر نشاسته باید مورد توجه قرار گیرد. ویسکوزیته به شکل محسوسی تحت تأثیرpH تغییر می کند 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 ژلاتینه شدن شود ، اما در مراحل بعدی اثر منفی بر ویسکوزیته می گذارد و این امر به واسطه هیدرولیز شدن پیوندها و از بین رفتن ساختار یک دست گرانول‌ها می‌باشد. بهم زدن نیز اثر زیادی بر رفتار نشاسته دارد. اعمال توام درجه حرارت و بهم زدن باعث می‌شود تا ژلاتینه شدن نشاسته به خوبی صورت نگرفته، ژل به حداکثر ویسکوزیته خود دست نیابد. در این زمینه نشاسته‌های تعدیل نشده آسیب پذیرتر می‌باشند. (شکل۲۳). این وضعیت در بسیاری از فرآیندها و تجهیزات مثلاً به هنگام استفاده از مخلوط کن‌های با سرعت زیاد، پمپ‌ها و هموژنایزرها اتفاق می‌افتد. چربی ها، قندها، پروتئین‌ها و املاح نیز می‌توانند بر ژلاتینه شدن، نشاسته تاثیر بگذارند. چربی‌ها به واسطه دارا بودن تمایل به انجام واکنش با

گرانول نشاسته و جلوگیری از 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.



شکل۲۳- اثر هم زدن و حرارت بر ویسکوزیته نشاسته

تعدیل یا تغییر خواص نشاسته:(Starch Modification)

انواع نشاسته طبیعی حاصل از منابع مختلف هر یک دارای خواص منحصر به فردی می‌باشند و از این رو تولیدکنندگان مواد غذایی متناسب با نوع فراورده تولیدی، از آن ها استفاده می‌نمایند. در کنارآن باید توجه نمودکه این نوع نشاسته‌ها فاقد ویژگی لازم جهت بکارگیری آنها در دامنه وسیعی از مواد غذائی هستند. تنوع مواد غذایی تولیدی امروزه در حدی است که باید بتوان نشاسته‌ای که توانایی تحمل دامنه گسترده‌ای از فرآیندها را داشته باشد، تولید نمود، ضمن آن که نحوه رفتار نشاسته به کار رفته در فراورده به هنگام توزیع، انبارداری و ... نیز بسیار مهم است. به واسطه این نیاز است که موضوع تعدیل و تغییر خواص نشاسته امروزه مورد توجه است.

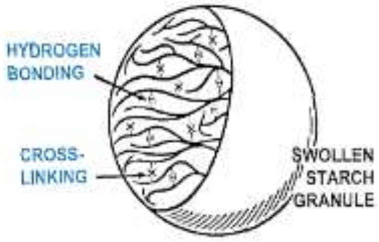
۱- تغییر و تعدیل شیمیایی نشاسته:

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 تعدیل کاملاً ساده و 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 محصول تا حد مطلوب تنظیم شده و سپس محصول با آب شسته می‌شود و در نهایت به صورت پودر خشک در می‌آید. میزان تعدیل شیمیایی بر حسب درجه جایگزینی(degree of substitution) و در مواقعی که گروه های استات یا فسفات جایگزین گروه های هیدروکسیل واحدهای گلوکز می‌شوند، بیان می گردد.

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.

الف : ایجاد اتصال عرضی

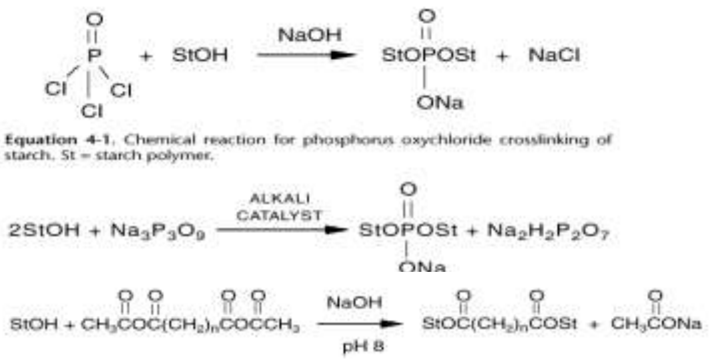
ایجاد اتصال عرضی معمول‌ترین روش تعدیل شیمیایی نشاسته به حساب می آید. در این روش از مواد شیمیایی که قادر به انجام واکنش با دو یا چند گروه هیدروکسیل پلی‌مر نشاسته هستند، استفاده می گردد. پیوندهای عرضی تشکیل شده را نقاط جوش (weld spots) می‌نامند زیرا قادرند که ساختمان گرانولی را استحکام بخشند (شکل۲۴). پیوندهای عرضی بوجود آمده متورم شدن گرانول‌ها را کنترل نموده، نشاسته ای را تولید خواهند نمودکه می‌تواند درجه حرارت بالا، به هم 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.



شکل۲۴- ساختمان گرانول نشاسته دارای اتصالات عرضی

از جمله این مواد شیمیایی می‌توان به فسفر اکسی کلراید، سدیم تری متا فسفات و مخلوط آدیپیک و استیک آنهیدراید اشاره نمود(شکل ۲۵). 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. همان گونه که ذکر شد از فسفر اکسی‌کلراید در محدوده ۰/۰۰۵ تا ۰/۲۵ درصد(بر حسب وزن نشاسته) به منظور تهیه استرهای نشاسته‌ای دارای اتصالات عرضی استفاده می گردد و واکنش در pH بالا (تقریباً ۱۱/۵) انجام می‌شود. همچون فسفر اکسی‌کلراید، سدیم تری متا فسفات به میزان ۰/۰۰۲۵ درصد 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. تأثیر ایجاد اتصالات عرضی در نشاسته

بسیار چشمگیر است. ویسکوزیته نشاسته عادی که در شرایطی چون استفاده طولانی از حرارت، شرایط 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.

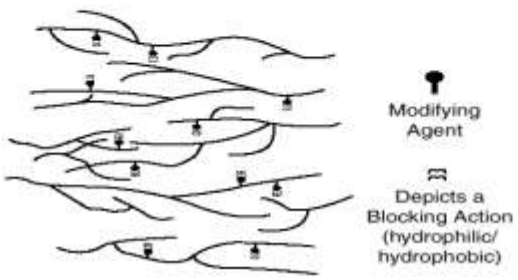


شکل ۲۵- ایجاد اتصال عرضی بین نشاسته و ترکیبات شیمیایی به ترتیب
فسفراکسی کلراید، تری متافسفات و آدیپیک-استیک آنهیدرید

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 چسبنده نشاسته مومی کاملا از بین خواهد رفت. با افزایش اتصالات عرضی ، نشاسته نسبت به تغییراتی که در دوره پخت نشاسته و تشکیل خمیرآن بروز می کند، مقاومت بیشتری پیدا می کند. نشاسته با اتصالات عرضی بالا (۰/۰۸ درصد سدیم تری متافسفات)، فاقد هرگونه peak در ویسکوزیته خود است و بیشتر به صورت منحنی که افزایش تدریجی ویسکوزیته را به تصویر می‌کشد، دیده می‌شود. امروزه انواع نشاسته تعدیل شده با تعداد اتصالات عرضی کاملاً متفاوت در بازار وجود دارند، بنابراین ضروری است برای دستیابی به بهترین نتیجه، مناسب‌ترین آنها انتخاب شود. در صنعت غذا 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. اگر مقدار اتصالات عرضی در نشاسته‌ای فراوان باشد، در این صورت این نشاسته در فراورده ایی که حرارت چندانی نمی‌بیند، عملکرد مناسبی نخواهد داشت. از سوی دیگر نشاسته ایی که بطور کامل در آن اتصال عرضی ایجاد شده، به هیچ روی تشکیل ژل نمی دهد و می توان آن را براحتی استریل نمود. از آن به عنوان پوشش درون دستکش های استریل مخصوص جراحی بصورت یک لایه نازک استفاده می گردد.

ب : جایگزینی

همان گونه که قبلاً ذکر شد، ویسکوزیته خمیر نشاسته به دنبال 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 به واسطه 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 و به حداقل رساندن آن، نشاسته با موادی شیمیایی همچون گروه های استیل یا هیدروکسی پروپیل که از آن ها به عنوان گروه های بلوک‌کننده یاد می‌شود، تیمار می‌گردد تا بدین ترتیب این گروه ها وارد ساختار اصلی نشاسته شوند.(شکل ۲۶).



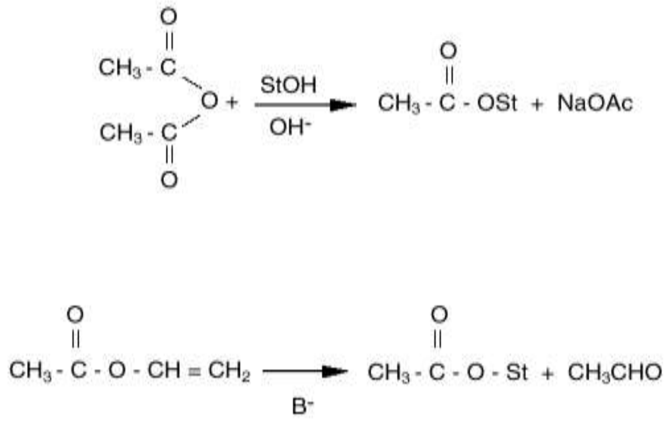
شکل ۲۶- جایگزینی گروه های بلوک‌کننده در نشاسته

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 محصولاتی که در درجه حرارت‌های پایین نگه داری می‌شوند و یا به صورت منجمد تولید می‌گردند بسیار مناسب است.

A) استرهای نشاسته (استات نشاسته):

استیله کردن نشاسته یکی از روش های معمول در صنعت به منظور تثبیت خصوصیات آن می‌باشد. استات نشاسته حاوی ۰/۵ تا ۲/۵ درصد گروه های استیل که منحصراً در مواد غذایی کاربرد دارند می‌باشد. نشاسته استیله شده از طریق افزودن آرام استیک اسیدآنهیدرید و یا وینیل استات به محلول نشاسته تهیه می‌گردد(شکل ۲۷). بعد از اتمام واکنش pH محصول خنثی شده و نشاسته حاصله شستشو داده می‌شود. نشاسته استیله شده در درجه اول به عنوان تغلیظ کننده استفاده می‌گردد. زیرا از ثبات و شفافیت خوبی برخوردار است. از این فرآورده در محصولاتی که به صورت سرد و یا

منجمد در آمده‌اند استفاده می‌شود. در صورت اضافه کردن آن به محصولات لبنی، پدیده لخته شدن دیده می‌شود که احتمالاً به دلیل بی‌ثبات شدن پیوند استاتی است که در مواقعی که غلظت پروتئین زیاد باشد، اتفاق می‌افتد.



شکل ۲۷- جایگزینی گروه های استات بر روی نشاسته

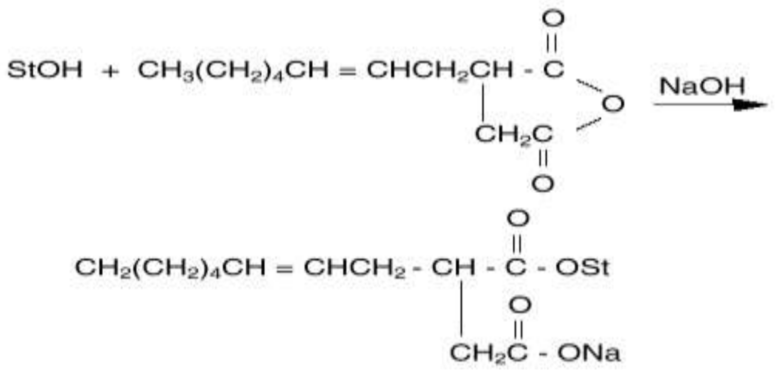
B)واکنش نشاسته با اکتنیل سوکسینیک آنهیدرید (OSA) :

در صورت جایگزین نمودن گروه های موجود بر روی نشاسته با ترکیباتی مانند OSA و یا سوکسینیک آنهیدرید، نوعی حالت هیدروفوبیک در نشاسته ایجاد خواهد شد و نوع جدیدی از نشاسته به دست می‌آید که در این حالت به عنوان تثبیت‌کننده امولسیونی عمل می‌کند. واکنش شیمیایی مؤثر در تهیه این نوع نشاسته بسیار شبیه به واکنش تهیه نشاسته استاتی است با این تفاوت که در این روش حلقه هیدروفوب آنهیدرید مورد استفاده قرار گرفته و محصول را می‌توان یک نیمه استر از اسید سوکسینیک به شمار آورد (شکل ۲۸). واکنش معمولاً در pH ۷ تا ۹ و در سوسپانسیون نشاسته صورت می‌گیرد (حداکثر ۰/۰۲ درصد جایگزینی مجاز است) . با افزایش میزان جایگزینی ، درجه حرارت ژلاتینه شدن کاهش می‌یابد و حتی اگر نشاسته‌ای دارای آمیلوز فراوان باشد، بعد از تعدیل شدن ، تمایل آن به تشکیل ژل کم خواهد شد. نشاسته تیمار شده با OSA به عنوان تثبیت کننده در نوشابه‌ها و سس‌های سالاد به کار می‌رود. از آن همچنین به عنوان ماده پوشینه‌کننده مواد معطره، به عنوان ماده ابری‌کننده و نیز به عنوان کمک فرآیند استفاده می‌شود.

C) نشاسته فسفاته:

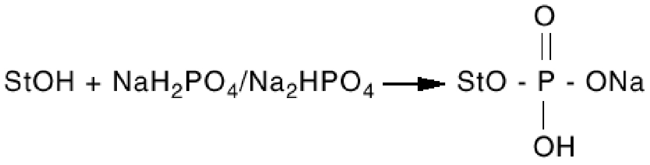
استر نشاسته با اسید فسفریک است. برخلاف نشاسته تهیه شده به روش اتصال عرضی که معمولاً به واسطه واکنش مواد فسفریله چون فسفر اکسی‌کلراید و یا تری متا فسفات سدیم تهیه می‌شوند(شکل۲۹)، نشاسته فسفاته از طریق

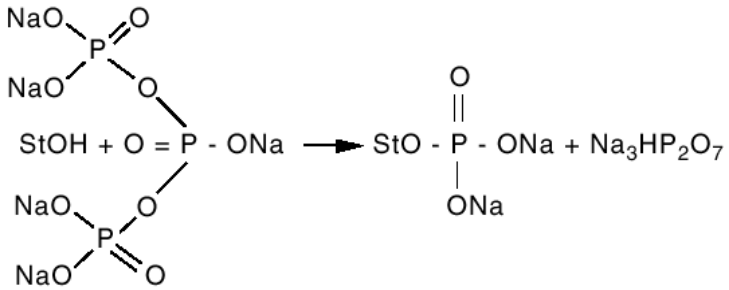
ایجاد واکنش با ترکیباتی چون ارتوفسفات سدیم و تری پلی فسفات سدیم تولید می‌شود. در واکنش نشاسته با ارتوفسفات از درجه حرارت ۱۶۰-۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه تا ۶ ساعت ، و در pH ۵ تا ۶/۵، استفاده می شود.



شکل ۲۸- واکنش شیمیایی جایگزین شدن OSA بر روی نشاسته

نشاسته نوع فسفاته معمولاً دارای شفافیت خوبی بوده ، از ثبات مناسبی در درجه حرارت‌های پایین برخوردار است و دارای خاصیت امولسیون‌کنندگی است و آن را برای تهیه سس‌های سالاد توصیه می‌نمایند زیرا که به ثبات امولسیون حاصل از روغن و سرکه کمک می‌کند.



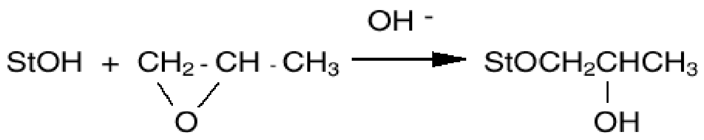


شکل ۲۹- جایگزینی به ترتیب ارتو فسفات و تری پلی فسفات بر روی نشاسته

D) نشاسته اتری:

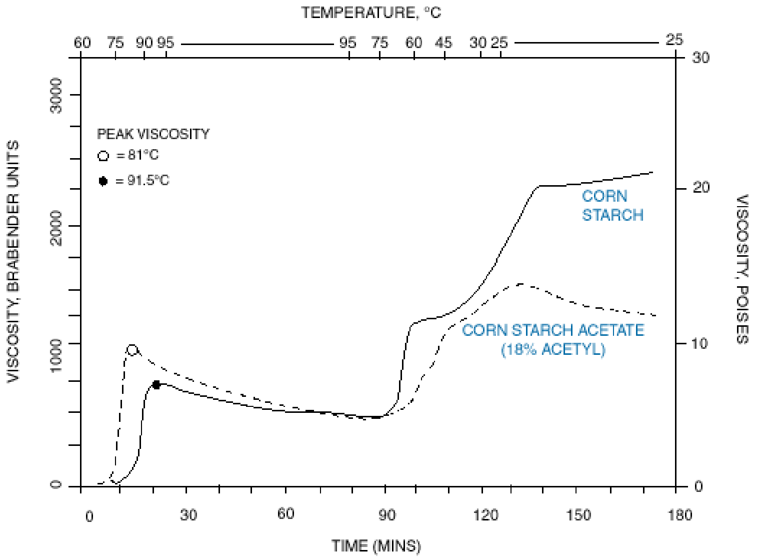
تهیه نشاسته هیدروکسی پروپیله شده گامی بلند در تهیه نشاسته‌های تعدیل شده به شمار می‌آید(شکل ۳۰). خمیر این نشاسته دارای شفافیت بسیار خوب، ویسکوزیته بالا، سینرسیس کم و ثبات خوب به هنگام فرآیند انجماد-رفع انجماد

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 می گردد. این نشاسته را از طریق انجام واکنش بین محلول نشاسته با پروپیلن اکساید (۶ تا ۱۰ درصد) و در شرایط کاملاً قلیایی و در درجه حرارت های حدود ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت (حداکثر ۷ درصد گروههای هیدروکسی پروپیل) تهیه می‌نمایند. از آنجا که این نوع نشاسته درجه حرارت ژلاتینه شدن را کاهش می‌دهد و نیز به دلیل دارا بودن قلیائیت نسبتاً بالا، ممکن است متورم شدن خود به خود گرانول‌ها بروز نماید، از این رو افزودن نمک‌هایی چون سولفات سدیم ضروری می‌باشد. (۵ تا ۱۰ درصد بر حسب وزن نشاسته)



شکل ۳۰- جایگزینی هیدروکسی پروپیل بر روی نشاسته

تأثیر انجام واکنش‌های جایگزینی بر روی ویسکوزیته نشاسته را در می‌توان در شکل ۳۱ مشاهده نمود. با انجام این واکنش ها درجه حرارت ژلاتینه شدن کاهش می‌یابد. در مقایسه با نشاسته طبیعی، حداکثر ویسکوزیته افزایش می‌یابد. مرحله set back خصوصاً در نشاسته‌های حاوی آمیلوز کاهش پیدا می کند . خمیری که نسبت به تنزل کیفیت از ثبات خوبی برخوردار است ایجاد می‌شود.



شکل ۳۱- تأثیر جایگزینی (استیله کردن) بر روی ویسکوزیته نشاسته

۲- هیدرولیز نشاسته:

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

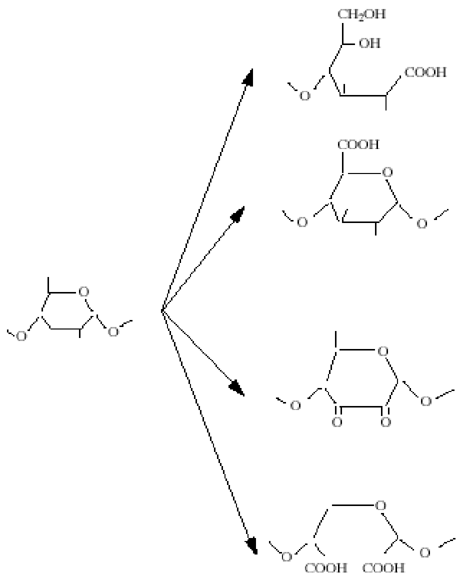
الف: هیدرولیز اسیدی نشاسته

در این روش، اسید باعث هیدرولیز شدن هر دو نوع پیوند ۱و۴ و ۱و۶ خواهد شد و هیدرولیز بیشتر در نواحی بی‌شکل (آمورف) گرانول اتفاق خواهد افتاد. برای تهیه این نوع نشاسته ، اسید به صورت کنترل شده و در درجه حرارت بین 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 می گردد. 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 فراورده ها را thin boiling می‌نامند زیرا ضمن دارا بودن ویسکوزیته پایین، قدرت تشکیل ژل را حفظ می‌نمایند. از آن ها در تهیه فراورده های 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.

ب: اکسید نمودن و رنگ بری

نشاسته را می توان با استفاده از مواد اکسیدکننده نیز تعدیل نمود. بسته به نوع و مقدار ماده مصرفی این تعدیل را می‌توان اکسید نمودن و یا رنگ بری نام‌گذاری نمود. مواد رنگ بر شامل پراکسیدهیدروژن، آمونیوم پرسولفات، هیپوکلریت سدیم و یا کلسیم، پرمنگنات پتاسیم وکلریت 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) به مراتب 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 رنگیزه ها می‌باشد. هر چند میزان ماده اکسیدکننده مصرفی بسیار زیاد نمی‌باشد ، اما تعدادی از گروه های هیدروکسیل نیز تحت تأثیر هیپوکلریت اکسید می‌شوند. استفاده از مواد اکسیدکننده در حدی بالاتر از آنچه برای رنگ‌بری بکار می رود باعث تولید نشاسته با ویسکوزیته پایین می‌گردد. در این حالت ، حدود ۲۵ درصد از ماده اکسیدکننده باعث شکسته شدن پیوندهای کربن-کربن شده و ۷۵ درصد بقیه، گروه های هیدروکسیل را اکسید می‌نماید (شکل ۳۲). نشاسته اکسید شده معمولاً ویسکوزیته کمی داشته ولی از شفافیت بسیار عالی برخوردار است و نسبت به درجه حرارت های پایین پایدار می‌باشد. از این نوع نشاسته غالباً در تهیه خمیرهای نرم و شل که به منظور پوشش دادن محصولاتی همچون انواع گوشت و یا سبزیجات بکار می‌روند ، استفاده می‌گردد. در این حالت آن ها اولاً باعث می‌شوند تا خمیر کاملاً به ماده غذایی بچسبد و ثانیاً نوعی بافت برشته مانند پس از سرخ کردن، ایجاد شود.



شکل ۳۲- واکنش‌های عمده که در حین اکسید شدن نشاسته اتفاق می‌افتد

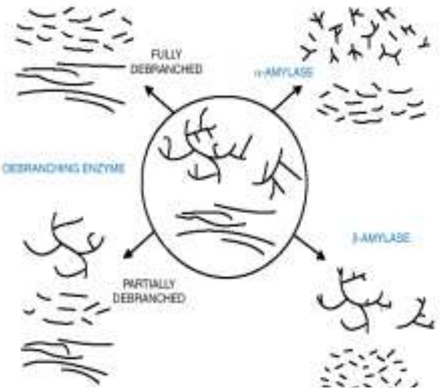
ج: دکسترینه کردن (Pyroconversion)

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 به کار 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 ۳۳). از آنجا که فرآورده حاصله دارای ویسکوزیته کم، قابلیت تشکیل لایه خوب و حلالیت بسیار خوب در آب است ، از آن عمدتاً برای پوشش دادن و یا به عنوان 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.

د: هیدرولیز آنزیمی

تبدیل نشاسته به قندهای ساده از طریق انجام تخمیر سابقه بسیار طولانی دارد و در این زمینه از آمیلازها به شکل گسترده‌ای استفاده می‌شود. گرچه می‌توان از نشاسته طبیعی در این مورد استفاده کرد، اما از آن جا که نشاسته ژلاتینه شده حساسیت بسیار بالایی به آنزیم دارد، بنابراین در اکثر مواقع ، هیدرولیز آنزیمی و یا تعدیل آنزیمی با استفاه از خمیر ژلاتینه شده نشاسته صورت می‌پذیرد (شکل ۳۴).



شکل ۳۴- هضم آنزیمی آمیلوز و آمیلوپکتین

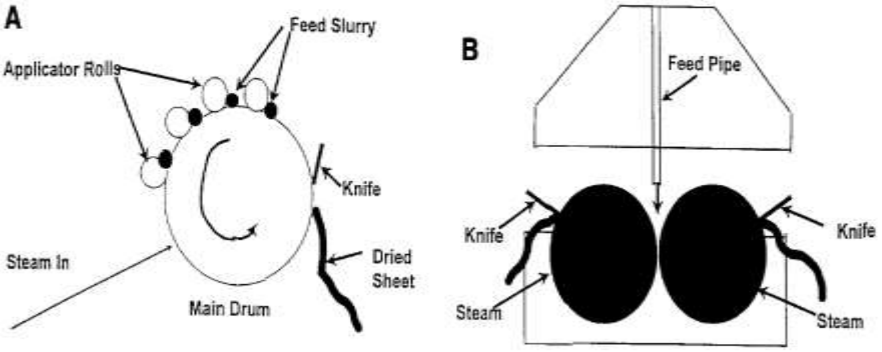
بیشترین تعدیل آنزیمی نشاسته، به منظور تبدیل آن به مالتودکسترین ، شربت ذرت و قندهای ساده دکستروز می‌باشد. در پایان تعدیل آنزیمی و بر اساس اندازه مولکولی مواد تشکیل‌دهنده مخلوط نهایی، محصولات متنوعی بدست می‌آیند. هرچه مولکول‌ها کوچکتر باشند، مخلوط شیرین‌تر بوده و دارای معادل دکستروز (Dextrose Equivalent) بالاتری است. معادل دکستروز برای نشاسته صفر و برای دکستروز ۱۰۰ در نظر گرفته می‌شود. غالباً از α آمیلاز برای تولید

مالتودکسترین و شربت‌های با DE پائین استفاده می‌گردد. در صورتی که هدف تولید شربت با DE بالا باشد باید علاوه بر α آمیلاز از β-آمیلاز، گلوکوآمیلاز و آنزیم‌های شاخه شکن نیز استفاده نمود. با پیشرفت واکنش، DE تغییر کرده و خواص عملکردی فراورده مانند قابلیت جذب آب، حلالیت، شیرینی، ویسکوزیته،قابلیت تشکیل ژل نیز تغییر میکند.

۳- تعدیل یا تغییر فیزیکی نشاسته :

الف: نشاسته پیش ژلاتینه

به منظور تولید نشاسته پیش ژلاتینه که به آن نشاسته پیش ژل (pregel) و یا نشاسته فوری (instant starch) هم اطلاق می‌گردد ابتدا نشاسته ژلاتینه شده و سپس به صورت پودر خشک در می‌آید. فراورده ایی که به ترتیب تولید می‌شود مانند نشاسته طبیعی دارای ساختار گرانولی خواهد بود. از این نوع نشاسته در محصولاتی که کمترین فرآیند حرارتی را می‌بینند به عنوان قوام دهنده استفاده می‌شود.



شکل ۳۵ –خشک کن های غلطکی دارای یک یا دو غلطک

در روش غلطکی محلول نشاسته حداکثر با حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد مواد جامد روی غلطک‌ها قرار می‌گیرد (شکل ۳۳). لایه تشکیل شده بر روی غلطک‌های داغ پس از خشک شدن توسط تیغه جدا شده و به صورت پودر در می‌آید. معمولاً در حالتی که از دو غلطک استفاده شود اولاً ویسکوزیته اندکی بالاتر از موردی است که خشک‌کن دارای یک غلطک می‌باشد و ثانیاً در سیستم دو غلطکی، از آنجا که نیروی shear کمتری وارد می‌شود می‌توان لایه‌های نازک‌تری از نشاسته را تهیه نمود. همچنین محصول حاصله حالت دانه‌ای و کلوخه‌ای کمتری را داراست که این امر می‌تواند به دلیل کاهش مقدارگرانول‌های شکسته شده، ضخامت لایه و درجه پخت باشد. ویسکوزیته محصول نهایی بستگی به نوع نشاسته اولیه

مصرفی دارد. از جمله تفاوت های مهمی که این نوع نشاسته‌ها با نشاسته‌هایی که به روش‌های شیمیایی تعدیل شده‌اند دارند آن است که در نوع پیش ژلاتینه ویسکوزیته سریع تر ایجاد خواهد شد بطوری که گرانول‌ها مانند اسفنج عمل نموده، آب را سریعا جذب می‌نمایند. مهم‌ترین تغییری که بعد از انجام این فرآیندها در نشاسته ظاهر خواهد شد، نحوه پخش آن و نوع بافت خواهد بود که هر دو مورد تابعی از اندازه ذرات می‌باشند. با توجه به این که فراورده خشک شده، آسیاب می‌شود می‌توان با کنترل فرآیند آسیاب و در نتیجه اندازه ذرات، قابلیت حل شدن و نوع بافت را تغییر داد. به طورکلی، پیش ژل‌هایی که کاملاً آسیاب شوند، ایجاد بافت نرم‌تری را خواهند نمود ولی قابلیت حل شدن آنها کاهش می‌یابد و بالعکس پیش ژل تهیه شده به صورت زبر، بافتی کلوخه‌ای داشته ولی سریع تر در آب حل می‌شود. در خشک کردن پاششی، ابتدا نشاسته در ظروف تحت فشار و هم‌زن‌های قوی پخته شده و سپس بر روی نازل خشک کن پمپ می‌گردد تا پس از آن که به صورت ذرات ریز در آمد خشک شود. در صنعت به جای استفاده از ظروف تحت فشار، محلول نشاسته را با استفاده از تزریق بخار آب از نازل عبور می دهند. نشاسته حاصل بهترین نوع پیش ژلاتینه بوده و به خوبی 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 به مدت ۲ تا ۵ دقیقه حرارت داده می‌شود. فراورده حاصل را اصطلاحاً نشاسته گرانوله قابل حل در آب سرد می‌نامند.

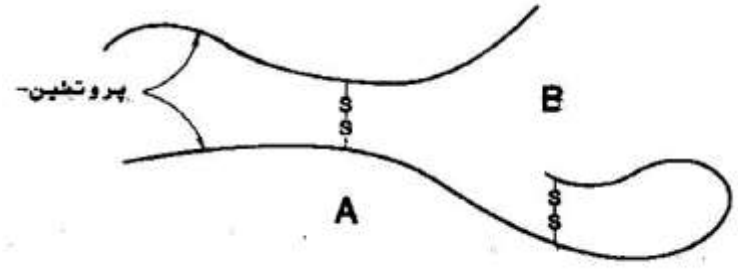
ب: تیمار حرارتی نشاسته

این روش فرآیند فیزیکی جالبی محسوب می گردد و ترکیبی از دو تیمار *حرارت دهی در حضور رطوبت* است و طی آن و 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. تغییر فیزیکی در نشاسته بدون آن که 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 این فرآیند، نشاسته در معرض درجه حرارتی بالاتر از درجه حرارت ژلاتینه شدن آن قرار می‌گیرد ولی مقدار رطوبت به گونه‌ای کاهش می‌یابد تا نشاسته ژلاتینه نشود. به عنوان مثال رطوبت تاپیوکا (نشاسته حاصل از کاساوا) را می‌توان بین ۳۵- ۱۵ درصد تنظیم نموده و سپس

آن را تا ۱۳۰ درجه سـانتی گراد به مدت ۱ سـاعت حرارت داد. نشـاسـته حاصـله دارای ویسـکوزیته با ثبات خوب در محصـولاتی اسـت که pH آن ها کمتر از ۴/۵ اسـت. در این زمینه می توان از تیمار *استرس زدایی* هم استفاده نمود که در آن محلول نشاسته تا حد کمتر از درجه حرارت مورد نیاز برای ژلاتینه شدن ولی برای مدت طولانی حرارت داده میشود..

۲- پروتئین:

از نظر ساختمانی پروتئین ها، پلی مرهای طبیعی هستند که در تمام موجودات زنده یافت می شوند و از اسیدهای آمینه که با پیوندهای پپتیدی به یکدیگر متصـل شده اند ، بوجود می آیند. تمامی اسیدهای آمینه دارای گروه های اسیدی و آمینی هسـتند که تفاوتشـان در گروه جانبیR می باشـد. سـاختمان تمامی پروتئین ها ازجهتی به یکدیگر شـبیه اسـت. نخستین عامل تفاوت مابین پروتئین ها نحوه قرار گرفتن اسیدهای آمینه یا ساختمان اول آن ها می باشد. برای یافتن تفاوت های بیشـتر باید به ساختمان های دوم و سوم مراجعه نمود. اسکلت یک پروتئین تا حدودی قابل انعطاف است و می تواند به صـورت پیچ خورده در آید. گروه سـولفیدریل موجود در اسیدآمینه سیستئین از جمله گروه های فعال می باشد و می تواند با دیگر گروه های سـولفیدریل موجود بر روی اسـیدهای آمینه سیستئین واکنش داده، تشکیل پیوندهای دی سولفید را بدهند. (شکل۳۶).



شکل۳۶-پیوندهای دی سولفید در پروتئین ها

در ارتباط با سـاختمان چهارم پروتئین ها انواع پیوندها را می توان مشـاهده نمود که برخی ضـعیف اما اکثراً از قدرت قابل ملاحظه ای برخوردار هسـتند. از جمله این پیوندها ، پیوندهای یونی و هیدروژنی را می توان نام برد. از دیگر انواع پیونـد ، پیونـد (واکنش) هیـدروفوبی را بـایـد نـام برد که طی آن دو زنجیره جانبی هیدروفوب به واسـطه نیروهای واندروالسـی کاملاً به یکدیگر متصـل می شـوند. با قرار گرفتن پروتئین در یک محلول نیروهای چندی فعال می گردند. به هر حال آنچه که در تشـکیل سـاختمان سـه بعدی پروتئین نقش اسـاسی را به عهده دارد، ترتیب اسیدهای آمینه می باشد.

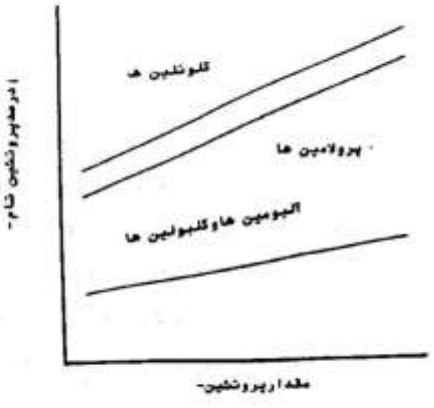
باید توجه داشت که این ساختمان سه بعدی پروتئین است که تعیین کننده خواص آن می باشد. چگونگی حلالیت پروتئین در آب بستگی به چند عامل دارد. به عنوان مثال وزن مولکولی (مولکول های بزرگتر کمتر محلول می باشند) و این که آیا بارها و گروه های هیدروفیل در خارج از مولکول یعنی در مکانی که می توانند با آب واکنش دهند، و یا در درون مولکول واقع شده اند. هنگامی که ساختمان سه بعدی پروتئین تخریب گردد، پروتئین دناتوره می شود و به دنبال آن خواص فیزیکی آن نیز تغییر می نماید. پروتئین های موجود در یک محلول به شدت تحت تاثیرpH 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. هم زمان 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 به دور 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 آن ها می شوند.

در مورد طبقه بندی پروتئین های غلات عموماً آن ها را با توجه به تجربیات فردی به نام T.B.Osborne در ابتدای قرن بیستم به چهاردسته تقسیم می نمایند. آلبومین ها که در آب محلولند و تحت تاثیر حرارت منعقد می شوند و سفیده تخم مرغ یک نمونه آن می باشد. گلوبولین ها که در آب خالص نامحلولند اما در محلول های رقیق نمکی محلول بوده هر چند در صورتی که غلظت نمک بسیار زیاد باشد نامحلول خواهند بود. این پروتئین ها پدیده های salting out و salting in را به خوبی نشان می دهند. پرولامین ها که پروتئین های محلول در الکل اتیلیک ۷۰ درصد هستند و بالاخره گلوتلین ها که پروتئین های محلول در اسیدها و بازهای رقیق می باشند. هر یک از این گروه ها خود دارای زیر گروه هایی می باشند. به جز آنچه که گفته شد پروتئین های دیگری نیز وجود دارندکه در بین این چهارگروه قرار می گیرند. گندم ، جو و چاودار دارای گلیکو پروتئین محلول در آب هستند که توسط حرارت منعقد نمی شود.

در زمینه خواص، اکثر پروتئین هایی که از نظر فیزیولوژیک فعال محسوب می شوند از دسته آلبومین ها و گلبولین ها بشمار می آیند. در غلات آلبومین ها و گلوبولین ها در سلول های 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. آن

ها دارای مقادیر نسـبتاً بالایی لیزین ، تریپتوفان و متیونین که در غلات نسـبتاً کم مقدار هسـتند، می باشـند . پرولامین ها و گلوتلین ها پروتئین های ذخیره ای غلات هستند وگیاهان پروتئین را بدین شکل برای استفاده به هنگام جوانه زنی ذخیره می نمایند. پرولامین ها عمدتاً در اندوسپرم وجود داشته و در پری کارپ و جوانه دیده نمی شوند. پروتئین های ذخیره ای گندم به دلیل اثراتی که در ساختار هر محصول دارند ، دارای خصوصیات منحصر به فردی می باشند یعنی دارای فعالیت آنزیمی نبوده اما قدرت تشکیل خمیر برای نگه داری گاز را داشته و تولید فرآورده های نانوایی سبک می نمایند.

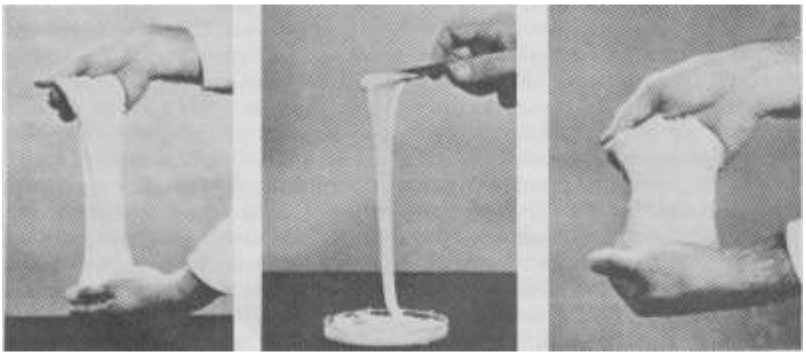
مقدار پروتئین در غلات از دو نظر حایز اهمیت اسـت. اول از جهات تغذیه ای (خصـوصـاً از جهت نوع و مقدار پروتئین) و دیگر از نظر نقشـی که پروتئین در آرد ایفا می نماید. باید توجه نمود که همگام با تغییر مقدار پروتئین ترکیب آن نیز دچار تحولاتی خواهد شد. (شکل۳۷). در صورتی که مقدار پروتئین گندم کم باشد ، آلبومین و گلوبولین درصد قابل توجهی از کل پروتئین را تشکیل می دهند. حال آن که در مواقعی که گندم دارای پروتئین بالایی است. این دو جزء درصد کمی از کل پروتئین را به خود اختصاص خواهند داد. به عبارت دیگر،گندم های کم پروتئین در مقایسه با انواع با پروتئین بالا، دارای گلیادین وگلوتنین کمتری هسـتند. مقدار پروتئین گندم بین ۶ تا ۲۷ درصـد متغیر اسـت 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 بیماری ها می باشند. هر چند غلات همگی دارای چهار دسته پروتئین هستند اما مقدار هر یک متغیر می باشد.



شکل ۳۷- 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 به عبارت دقیق تر، گلوتن ، عامل مهم در منحصر به فرد بودن گندم به شمار می آید. این پروتئین ها از دسته پروتئین های ذخیره ای بوده و به دلیل عدم حلالیت در آب به راحتی می توان آن ها را به شکل تقریباً خالص از سایر اجزاء گندم جداسازی 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 گلیادین (یک نوع پرولامین) و گلوتنین (یک نوع گلوتلین) تشکیل شده است. این دو را می توان به راحتی با حل نمودن گلوتن در اسید رقیق و افزودن الکل اتیلیک به منظور 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 گلوتنین رسوب نموده و گلیادین در محلول باقی می ماند. 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، به طوری که در مقابل کشش مقاومت چندانی ندارند و به نظر می رسد عامل قوام و چسبندگی خمیر باشند. گلوتنین ها از دسته پروتئین های هتروژن هستند و وزن مولکولی آن ها 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 می دهند. از نظر ترکیب ، گلوتن حاوی مقادیر زیادی گلوتامیک اسید (۳۵ درصد) به فرم آمیدی یعنی گلوتامین و ۱۴ درصد پرولین است. (شکل ۳۸)



گلوتن   گلیادین   گلوتنین

شکل۳۸- بخش های مختلف گلوتن و ویژگیهای هر یک از انها

پروتئین ها در سایر غلات

پروتئین هـای موجود در ســایر غلـات خواص تشــکیل خمیر را ندارند. تنها چاودار و تریتیکاله تا حدودی این خاصـیت را دارا می باشـند. در بعضــی از نقاط دنیا، از دانه هایی مانند ســورگوم، ذرت و یا ارزن برای تهیه فراورده های نانوایی 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 داشـته و چسـبندگی خمیر عمدتاً به واسطه نیروی سطحی آب بوده و کمتر تحت تاثیر پروتئین های موجود در این گونه غلات قرار دارد.

پروتئین های ذرت

پروتئین های ذرت عمدتاً از دسـته پرولامین ها یعنی زئین (*Zein*) ، تشکیل شده، شامل حدود ۵ درصد آلبومین وگلوبولین حدود ۴۴ درصـد زئین و حدود ۲۸ درصـد گلوتلین اسـت. پروتئین آن دارای مقادیر زیادی گلوتامیک اسـید است اما مقدار آن نصف مقدار این اسید آمینه در گندم می باشد. پروتئین ذرت دارای مقدار بالایی لوسین است.

پروتئین های سورگوم

پروتئین های سـورگوم بسـیار شـبیه به پروتئین های ذرت بوده و پرولامین سـورگوم 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 آن که درجه حرارت به ۶۰ درجه سانتی گراد برسد. کافیرین در بوتیل الکل ۶۰ درصد نیز در درجه حرارت اتاق محلول است.

پروتئین های ارزن

ترکیب اسـیدهای آمینه آن با غلات خصـوصـاً ذرت و سـورگوم متفاوت است. ارزن دارای مقدار زیادی لوسین اسـت، اما نسـبت لوسـین به ایزولوسـین در آن کمتر از سورگوم می باشد. به نظر می رسد که این نسبت در بیماری پلاگر (بیماری کمبود ویتامینB) حایز اهمیت باشد.

پروتئین های جو دو سر

از دیدگاه تغذیه ای، این دانه دارای موقعیت منحصـر به فرد و ممتازی می باشـد. میزان پروتئین در آن از تمامی غلات بیشـتر اسـت. توزیع پروتئین در جو دو سـر 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 (حدود۵۵ درصد) و گلوتلین ها (۲۰ تا ۲۵) تشکیل می دهند. پرولامین جو دوسر *Avenin* خوانده می شود.

پروتئین های برنج

به طورکلی 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 گلوتلین آن یا *Oryzenin* مهم ترین بخش آن بوده و در حدود ۸۰ درصد کل پروتئین آن را تشکیل می دهد. مقدار پرولامین در برنج کاملاً کم (حدود۳/۵ درصد) می باشد.

پروتئین های چاودار

ترکیب اسیدهای آمینه پروتئین چاودارکمی بهتر از سایر غلات به جز جو دو سر می باشد. لیزین در چاودار به مقدار بیشتری در مقایسه با گندم وجود دارد (حدود ۳/۵ درصد کل پروتئین) . ترپیتوفان اولین اسید آمینه محدود کننده آن است و مقدار اسید گلوتامیک آن در حدود ۲۵٪ می باشد. دلیل آن که ترکیب اسیدهای آمینه آن از توازن خوبی برخوردار می باشد را وجود مقادیر نسبتاً زیاد آلبومین و گلوبولین در چاودار می دانند. آلبومین ۳۵٪ و گلوبولین ۱۰٪ پروتئین آن را تشکیل می دهند. مقدار پرولامین نیز در حدود ۲۰٪ است.

پروتئین های جو

اسید آمینه محدود کننده در جو همانند سایر غلات لیزین است و تره اونین دومین اسید آمنیه از این نظر می باشد. اکثر ارقام جو با پوسته (یعنی lamma و palea) برداشت می شوند. پوسته 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 از غلات افزون تر می باشد. اندوسپرم از نظر اسید گلوتامیک (حدود ۳۵٪) و پرولین (حدود۱۲٪) غنی می باشد. پرولامین موجود در جو را *Hordein*

می نامند که در حدود ۴۰ درصد پروتئین جو را تشکیل می دهند و از نظر لیزین کاملاً فقیر است. گلوتلین ها و خصوصاً آلبومین های جو از نظر لیزین بسیار غنی می باشند.

پروتئین های تریتیکاله

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

۳- اجزا 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 بر عهده دارند.

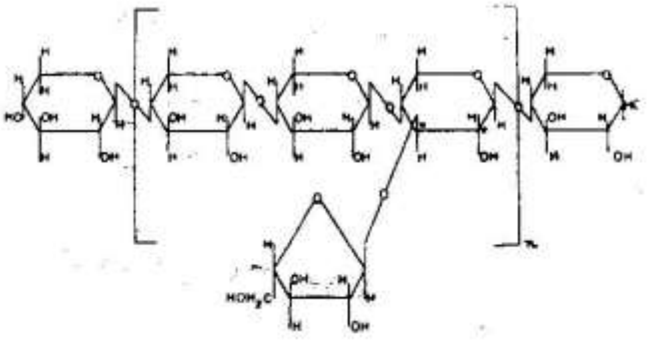
الف-سلولز

مهم ترین پلی سارکاید ساختمان گیاهان به شمار می آید. ساختمان شیمیایی آن بسیار زیاد و از واحدهای D-گلوکز که از طریق پیوند های β-۱ و ۴ به هم متصل شده اند ساخته شده است. سلولز یک پلیمر (بسپار) بسیار بزرگ است. از آن جا که این ماده دارای ساختمان فضایی 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 β در آن باعث شده که سلولز نسبت به بسیاری از آنزیم ها و میکرو ارگانیزم ها مقاوم باشد. بخش عمده ای از کاه علوفه و سبوس را سلولز تشکیل داده و مقدار آن در این قسمت ها به۴۰ تا ۵۰ درصد می رسد. طبیعی است غلاتی که با hull برداشت می شوند دارای سلولز بیشتری نیز هستند. مقدار سلولز موجود در اندوسپرم ناچیز بوده و به ۰/۳ درصد و یا کمتر می رسد.

ب-همی سلولز و پنتوزان ها

این دو واژه غالباً به جای یکدیگر می روند. به هر حال هر دو در برگیرنده بخش های غیر نشاسته ای و غیر سلولزی گیاهان بشمار می آیند. تصور می رود که در آن ها در ساختمان دیواره سلول ها و ماده چسبناکی که بین آن ها وجود دارد، به کار رفته باشند. همی سلولزها و پنتوزان ها از نظر ساختمان شیمیایی دارای تنوع بسیاری هستند و ممکن است حاوی یک قند ساده بوده و یا پلی مری حاوی پنتوزها ، هگزوزها ، پروتئین ها و فنولیک ها 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

۴- متیل - D-گلوکورونیک اسید می توان اشاره نمود. مشکل در تعیین ماهیت حقیقی همی سلولز از آن جا ریشه می گیرد که دستیابی به یک ساختار شیمیایی خالص از آن بسیار دشوار می باشد. تفاوت دیگر همی سلولزها با هم، در میزان حلالیت آن ها در آب می باشد. به عنوان مثال آرد گندم حاوی هر دو نوع همی سلولز محلول در آب و نامحلول در آب می باشد که غالباً از آن ها به عنوان پنتوزان های محلول در آب و نامحلول در آب یاد می شود. پنتوزان های 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 β- ۱ و۴ تشکیل شده است که دارای زنجیره جانبی L - آرابینوز می باشند. زنجیره های جانبی به طور مشخص فقط شامل یک قند می باشند. در صورت وجود این زنجیره جانبی، یکی از واحدهای آرابینوز 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 آرابینوزها 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 آرا بینوز دارای گالاکتوز و پروتئین نیز می باشند. در شکل۳۹، اتصال یک قند به نام L-آرابینوزفورانوزیل به زنجیره اصلی در موقعیت ۳ نشان داده شده است، حالتی که بیشتر در پنتوزان های محلول درآب وجود دارد. همین زنجیره جانبی است که عامل حلالیت پنتوزان بشمار می آید چرا که جدا سازی آن، منجر به نامحلول شدن سایر قسمت ها خواهد شد. پنتوزان های محلول درآب، علاوه بر کربوهیدرات ها و پروتئین، حاوی مقادیر جزیی 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.



کل۳۹- ساختمان آرابینوزایلان محلول در آب موجود درگندم

در زمینه اثر پنتوزان های محلول در آب ، باید به این نکته نیز اشاره نمود که این ترکیبات قادر به ایجاد محلول های چسبنده و ویسکوز در آب هستند. علاوه برآن، بعضی مواد اکسید کننده (به عنوان مثال هیدروژن پراکسید) قادر به افزایش شدید ویسکوزیته مخلوط آب و آرد می باشند. در واقع این اکسید کننده ها، باعث می شوند که پنتوزان ها حتی تشکیل ژل بدهند. تشکیل ژل تحت تاثیر واکنش های اکسیداسیون، از خواص منحصر به فرد 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 آن ها در تهیه عصاره مالت و یا آبجو بسیار حایز اهمیت است. (به واسطه نقش آن ها در ساختمان دیواره سلول های برخی از آنزیم ها، خصوصاً بعد از جوانه زنی دانه که 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. مهم ترین همی سلولز موجود در جو دوسر β–گلوکان است که مقدار آن بین ۴ تا ۶ درصد گزارش شده است. از جمله موضوعات جالبی که اخیراً در رابطه با β–گلوکان موجود در جو دو سر (یولاف) مطرح است ، قابلیت کاهش کلسترول آن می باشد.

پ-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 گلوکوفروکتوزان ها(۱/۴۵ درصد) می باشند. در جوانه گندم، مقادیر زیادی قند (۲۴ درصد) (بیشترساکارز و رافینوز) ، 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 قهواه ای در حدود۱/۳ درصد قند دارد. مهم ترین قند آن ساکارز و دارای مقادیر کمی گلوکز، فروکتوز و رافینوز است. برنج سفید فقط ۰/۵ درصد قند دارد که بخش عمده آن را ساکارز تشکیل می دهد.

ت-چربی ها

چربی های موجود در غلات، به دلیل آنکه از نظر خصوصیات شیمیایی در دسته های متعددی قرار گرفته و نیز حاوی ترکیبات منحصر به فردی هستند از پیچیدگی خاصی برخوردار می باشند. حالات فوق نه تنها در انواع غلات، بلکه در بخش های مختلف یک غله نیز متفاوت است. اغلب چربی ها را به عنوان مواردی که در حلال های آلی غیر قطبی

محلول می باشند، تعریف می نمایند که البته تعریف چندان محکم و استواری نمی باشدو به عنوان مثال نیاز به حلال های بسیار قطبی جهت جدا سازی چربی های متصل به سایر اجزاء می باشد. از یک دانه گندم خرد شده می توان ۱/۹ درصد چربی استخراج نمود. توزیع چربی در یک دانه گندم متفاوت است (جدول۲).چربی موجود در یک دانه کامل گندم، حاوی ۷۰ درصد چربی قطبی شامل فسفولیپیدها و گلیکولیپیدها است. جوانه دارای بیشترین مقدار چربی است که بخش اعظم آن را فسفولیپید تشکیل می دهد. سبوس هم دارای چربی های قطبی اغلب از دسته فسفولیپیدها است. در چربی های گندم، ویتامین E نیز وجود دارد (حدود ۳/۹ میلی گرم در هر ۱۰۰ گرم آرد کامل گندم). در آرد گندم چربی را می توان به دو دسته چربی های متصل به گرانول های نشاسته و چربی غیر نشاسته ای نیز تقسیم نمود. چربی های نشاسته ای شامل ۶۰ درصد غیر قطبی ، ۲۵ درصد گلیکولیپید و ۱۵درصد فسفولیپید هستند در حالی که چربی های غیر نشاسته ای شامل ۹ درصد غیر قطبی، ۵ درصد گیلکولیپید و ۸۶ درصد فسفولیپید می باشند.

چربی های جو، در حدود ۳/۳ درصد وزن آن را تشکیل می دهند. حدود یک سوم چربی در جوانه وجود دارد و بنابراین با توجه به این که جوانه سه درصد وزن دانه را به خود اختصاص داده، میزان چربی آن در حدود ۳۰ درصد می باشد. چربی های دانه کامل، شامل ۷۲ درصد غیر قطبی ،۱۰درصد گلیکولیپید و ۲۱ درصد فسفولیپید می باشند. جوانه دارای ۰/۵ میلی گرم ویتامین E در هر۱۰۰گرم آرد خود است. اسیدهای چرب آن در مقایسه با اسیدهای چرب گندم کمی اشباع شده تر هستند. در چاودار نیز مقدار چربی حدود۲ درصد است و شامل ۷۱ درصد غیر قطبی، ۲۰درصد گلیکولیپید و ۹ درصد فسفولیپید است. جوانه آن ۱۲درصد چربی دارد و مهم ترین چربی نشاسته ای آن فسفاتیدیل کولین می باشد. چربی یولاف از نظر مقدار بیشتر از سایر انواع غلات است و اغلب بین ۵ تا ۹ درصد بوده و ۸۰ درصد آن دراندوسپرم 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 اسیدکافئیک با الکل های ۲۸ کربنه می باشد. برنج نیز ۳-۲ درصد چربی داشته و چون بیشتر در سبوس دانه وجود دارد مقدار آن با آسیاب دانه کاهش می یابد. برنج قهوه ای بیشتر دارای چربی های قطبی است. ذرت غله ای است که از روغن آن در مقیاس تجارتی

استفاده می شود و میزان روغن آن متفاوت بوده و بستگی به نسبت جوانه به دانه کامل و مقدار روغن موجود در جوانه دارد. جوانه درصد نسبتا بالایی از دانه را به خود اختصاص داده (۱۲درصد) 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.

جدول۲- توزیع چربی در دانه گندم

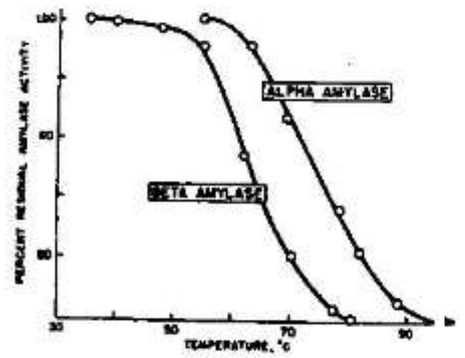
جزء	سهم در دانه٪	درصد چربی
دانه کامل	۱۰۰	۱/۸
سبوس	۱۵	۵/۴
لایه آلورون	۶	۸
اندوسپرم	۸۲	۱/۵
جوانه	۲/۵	۲۸/۵

در این بخش تنها به آن دسته از آنزیم هایی که دارای غلظت بالایی هستند اشاره می شود. با توجه به این که 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-۱ و ۴ را می شکند و در نتیجه باعث کاهش اندازه مولکول های نشاسته و کاهش ویسکوزیته محلول می گردد. این آنزیم بر نشاسته ژلاتینه شده سریع تر عمل می نماید، هر چند که اگر به آن زمان کافی داده شود، بر گرانول های نشاسته نیز موثر خواهد بود. به واسطه اثر سریع آن بر ویسکوزیته، از آمیلوگراف و فالینگ نامبر (که هر دو بنوعی ویسکوزیته نسبی را اندازه گیری می کنند) به منظور تعیین فعالیت آنزیم، استفاده می شود. فعالیت این آنزیم در دانه های سالم غلات کم است، اما به دنبال جوانه زدن، آن چندین برابر افزایش می یابد. β–آمیلاز دیگر آمیلاز موجود در غلات است که از انتهای غیر احیا پلیمر نشاسته، به آن حمله می کند. این آنزیم پیوندهای گلیکوزیدی۱ و۴ را نیز به صورت یک در میان شکسته ، تولید مالتوز می کند. در صورتی که آمیلوز به صورت کاملاً خطی باشد، می توان انتظار داشت که تمامی آن

تبدیل به مالتوز شـود. اما عملاً فقط در حدود ۷۰ درصـد آمیلوز تبدیل به مالتوز می شـود و این امر نشـان می دهد که در آمیلوز نیز انشـعابات و شـاخه هایی وجود دارد. در ارتباط با آمیلوپکتین، تبدیل آن به مالتوز فقط در حدود ۵۰ درصـد اسـت. بقیه آن یک مولکول بزرگ و سـنگین به نام β-دکسترین می باشد. از آنجا که β - آمیلاز، تولید مالتوز می کند به آن آنزیم قند ساز نیز می گویند. آنزیم های α و β آمیلاز مشترکا نشاسته را سریع تر و کامل تر از هر یک به تنهایی می شکنند. هر بار که α-آمیلاز بر نشاسته اثر نماید، یک مولکول جدید با انتهای غیر احیا تولید می کند که مناسب برای حمله β-آمیلاز می باشد. سنجش میزان فعالیت β-آمیلاز دشوار بوده و تعیین فعالیت آن با اندازه گیری مقدار مالتوز تولید شده، به شدت تحت تاثیر مقدار α-آمیلاز موجود، قرار می گیرد. مخلوط دو آنزیم قادر به شکستن نشاسته به صورت صدرصد نیستند زیرا که هیچ یک قادر به شکستن پیوندهای آلفا-۱و ۶ نبوده، ضمن آن که میزان شکستگی پیوندهای۱ و۴ نزدیک به پیوندهای ۱ و۶ 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 α–آمیلاز در حدود ۴/۵ است. این شاخص در مورد بتا-آمیلاز کمی بیشتر می باشد. هم چنین β–آمیلاز در مقایسه با نوع آلفا نسبت به حرارت حساس تر می باشد. (شکل ۴۰). فعالیت آنزیم های آمیلاز در گندم ، جو و چاودار به مراتب بیشتر از سایر غلات است.



شکل ۴۰- اثر درجه حرارت بر α و β آمیلاز

پروتئازها

در دانه های سالم و رسیده غلات ، آنزیم های پروتئیناز و پپتیداز، هر دو موجود هستند. اکثر روش های مورد استفاده جهت تعیین میزان فعالیت این نوع آنزیم ها براساس اندازه گیری نیتروژن محلول تولید شده استوار می باشد. آرد گندم حاوی نوعی آنزیم پروتئولیتیک است که pH مطلوب آن نزدیک۴/۱ می باشد و در محصولات تخمیری و ترش

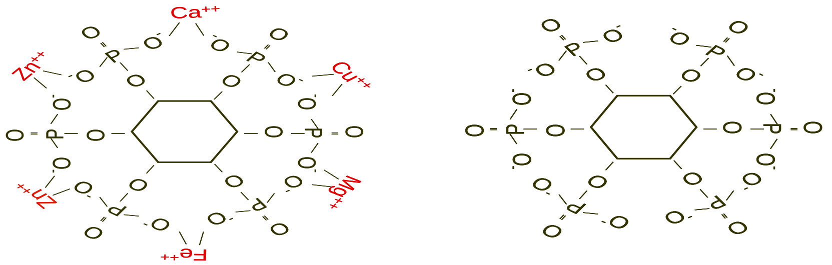
(اسیدی) مانند کراکر و خمیر مایه نان، از اهمیت بسیاری برخوردار است. پپتیدازها به دلیل تولید ازت آلی محلول که در حین تخمیر مورد استفاده مخمر قرار می گیرد، دارای اهمیت می باشند.

لیپاز

تمامی غلات دارای این آنزیم می باشند، اما میزان فعالیت آن در بین انواع غلات متفاوت است به طوری که جودوسر و ارزن دارای فعالیت بیشتری در مقایسه با گندم و جو هستند. از آن جا 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 هگزافسفریک می باشد (شکل ۴۱) که پس از هیدرولیز تبدیل به اینوزیتول و اسید فسفریک می شود.



شکل ۴۱- ساختمان اسید فیتیک به صورت آزاد (راست) و متصل به کاتیون ها (چپ)

۷۰ تا ۷۵ درصد فسفر موجود در غلات به صورت اسید فیتیک است که امکان اتصال به یونهای دو ظرفیتی مانند روی، کلسیم و آهن را داشته و مانع جذب آن ها می شود و از این رو فعالیت آنزیم دارای اهمیت بسزایی است، زیرا می تواند این ترکیب مضر را به اینوزیتول و املاح تبدیل نماید و بخشی از اسید فیتیک در حین تخمیر، هیدرولیز می شود.

لیپواکسیژ ناز

آنزیمی است که پراکسید شدن چربی های اشباع توسط اکسیژن را کاتالیز می نماید. مقدار آن در لوبیا و سویا بسیار زیاد است ولی در غلات خصوصاً ارزن نیز دیده می شود. انواع ایزوآنزیم 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. به عنوان مثال لیپواکسیژناز موجود در سویا به تری گلیسرید حمله می کند در حالی که لیپواکسیژناز گندم بر اسیدهای چرب

آزاد موثر است. این آنزیم اثرات مختلفی را بر خمیر آرد گندم دارد. از جمله آنها، اثر گذاری بر رنگیزه که به عنوان یک ماده رنگبر عمل می کند . این اثر در خمیر نان مطلوب بوده ولی در فراورده هایی مانند انواع پاستا (pasta) ، یک فاکتور منفی به شـمار می آید زیرا که حفظ رنگ زرد در آن، مطلوب می باشـد. یکی از دلایل اسـتفاده از گندم دروم برای تهیه محصـولات پاسـتا کمی فعالیت این آنزیم درآن می باشــد. آنزیم مقاومت خمیر به مخلوط شـدن را بالا می برد و توانایی ایجاد خمیر قوی را داراسـت. غلات حاوی پراکسیداز و کاتالاز نیز می باشند که هر دو آب اکسیژنه را به عنوان سوبسترا مورد استفاده قرار می دهند. میزان فعالیت این آنزیم در غلات مختلف به صورت برنج < ذرت << جو< گندم است.

املاح و ویتامین ها:

غلات از منابع بســیار غنی ویتامین ها همچون تیامین، نیاســین، ریبوفلاوین ، پیریدوکســین، پنتوتنیک اســید، و توکوفرول و املاح محسوب می گردند. در جدول ۳ مقادیر املاح و ویتامین های موجود در انواع غلات دیده می شود. ۶۱ درصد املاح در لایه آلورون و ویتامین ها در لایه آلورون و یا اسکوتلوم جوانه و یا هر دو، وجود دارند.

جدول ۳- مقدار املاح و ویتامین های موجود در غلات

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

فصل پنجم

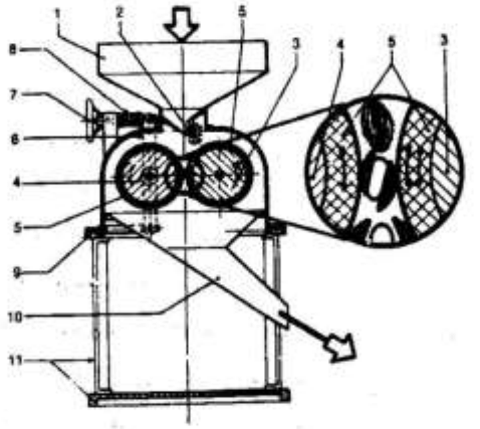
فرآوری برنج، جو دو سر، جو و ذرت

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

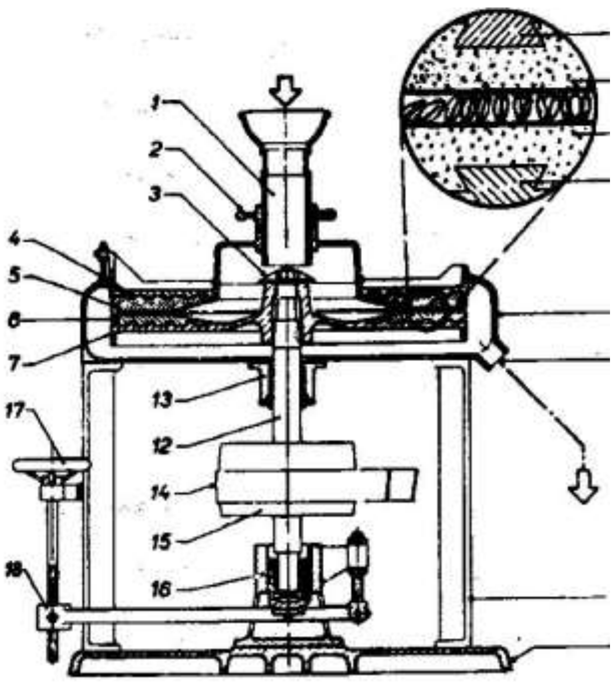
فرآوری برنج:

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 بد رنگ شدن دانه می شود، بلکه از عمر غلطک ها که در شرایط عادی کوتاه است می کاهد. معمولاً هر ۱۰۰ تا ۱۵۰ ساعت کار، غلطک ها باید تعویض گردند. این نوع پوست گیر از راندمان خوب بالای ۹۰ درصد برخوردار است. ضمن آن که 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 یک دیسک سایشی و افقی در زیر، یک محور عمودی و یک دیسک ثابت و افقی قرار دارد (شکل۴۰-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 به واسطه اختلاف دانسیته ، از دانه جدا می شود و بدین ترتیب برنج قهوه ای که همراه خود مقادیری خرده برنج دارد، به دست خواهد آمد. اما این برنج علی رغم آنکه از ارزش بالایی برخوردار است ، مستقیماً به مصرف نمی رسد و به ندرت افرادی را می توان یافت که از

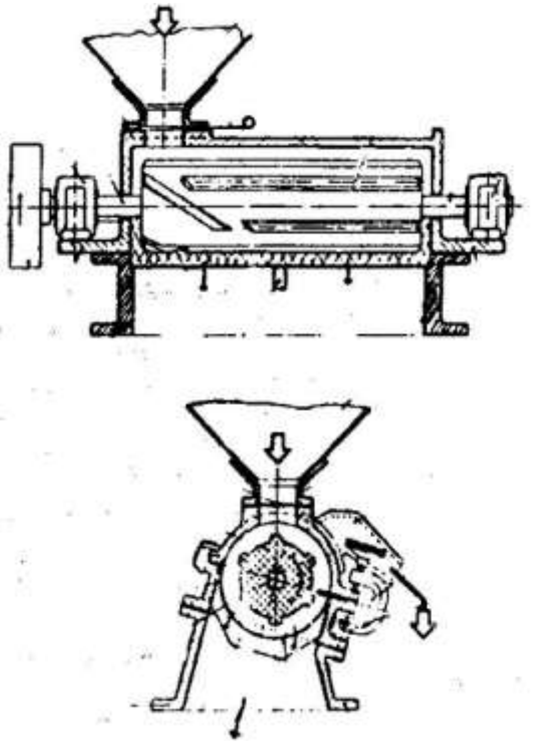
این نوع برنج استفاده نماید. آسیاب برنج قهوه ای، شامل خارج نمودن سبوس، با استفاده از روش های نیم کوب صورت می گیرد. در این قسمت، ابتدا کربنات کلسیم خشک (در حدود ۳/۳ گرم به ازای هر کیلوگرم برنج) اضافه می شود. کربنات کلسیم به واسطه ی زبری به جداسازی سبوس کمک می نماید. در بعضی ارقام برنج، به دلیل چسبندگی بیش از حد سبوس به دانه، مقادیر جزیی آب به منظور 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 به عهده دارد، ضمن جداسازی سبوس از دانه، عامل عمده بروز شکستگی در دانه هم محسوب می گردد. از جمله این دستگاه ها، 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 ساییده شده و سبوس خود را از دست می دهند. بخشی از سبوس نیز به دلیل تماس دانه ها با بدنه محفظه جدا می گردد. در انتهای خروجی محفظه، یک وزنه مشاهده می شود،که براساس موقعیت وزنه فشار متفاوتی به محفظه وارد شده و در نتیجه فشار متفاوتی به برنج درون محفظه وارد می شود. درجه برنج را می توان از طریق همین وزنه کنترل نمود. 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 نگه داشته شود. (شکل۴۲ – ج). با توجه به اینکه head rice یا دانه برنج سالم و آسیاب شده از قیمت به مراتب بیشتری در مقایسه با برنج شکسته 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 باقی مانده سبوس آن گرفته شود .در این قسمت از دستگاه براق کننده (polisher) استفاده می شود. این وسیله از یک استوانه عمودی که به دور خود می چرخد و رشته هایی پر مانند به آن متصل اند، تشکیل یافته است.



شکل۴۲-الف-پوست گیر غلطکی



شکل۴۲-ب-پوست گیر صفحه ای



شکل۴۲- ج- سفید کننده سایشی برنج قهوه ایی

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 شدن، دانه های سالم از شکسته جدا می شوند. گاهی برنج را به مخلوطی از آب، گلوکز و تالک (سیلیکات منیزیم) آغشته می نمایند، بدین ترتیب برنج با ظاهر براق (برنج درخشان) بدست می آید. در پایان مراحل مختلف آسیاب برنج، دانه سالم، دانه شکسته، پوسته اولیه، سبوس، مواد حاصل از براق کننده، بدست می آید. هر دانه شلتوک دارای ۲۰درصد پوسته اولیه، ۸ درصد سبوس و حدود ۲ درصد مواد حاصل از براق کننده است و ۷۰ درصد آن را دانه های سالم و شکسته تشکیل می دهد. مقدار دانه شکسته بر حسب نوع و رقم برنج، وضعیت آسیاب و مهارت افراد دست اندرکار، متفاوت و متغیر می باشد و نباید بیش از ۴ درصد باشد.

پوسته برنج (hull)

این ترکیب از جمله مواد مزاحم در حین آسیاب برنج به شمار می آید زیرا ماده ای است سخت، خشن ،زبر و با ارزش غذائی ناچیز. hull از دو پوسته تو در تو که یکی بزرگتر به نام لما و دیگری کوچکتر به نام پالئا هستند، بوجود

آمده است. از نظر ترکیب شیمیایی دارای ۲۰ در صد خاکستر، ۳۰ درصد پنتوزان، ۲۰ درصد لیگنین و مقدار کمی پروتئین (۳٪) و چربی (۲٪) می باشد حاوی مقدار جزیی ویتامین نیز است. جزء غالب (۹۴ تا ۹۶در صد) خاکستر حاصل از پوسته برنج، سیلیس است. سیلیس موجود در برنج، عامل مقاوم بودن آن در برابر برخی بیماری ها محسوب می شود.

سبوس برنج(Rice bran)

سبوس برنج به عنوان یک محصول جانبی آسیاب این دانه به حساب آمده و منشاء آن لایه های خارجی پری کارپ است و منشاء پولیش، لایه های داخلی آن هستند و همراه آنها سلول های لایه آلورون و مقادیر کمی نشاسته دیده می شوند. سبوس یک منبع عالی ویتامین های گروه ب است که مقدار تیامین آن ۱۰/۶، ریبوفلامین ۵/۷ ، نیاسین ۳۰۹ و پیریدوکسین ۱۹/۲ میکروگرم در گرم است. سبوس برنج دارای مقداری روغن است که استخراج و فرآوری شده و به عنوان غذا-دارو مصرف می شود.

کیفیت برنج

همانند بسیاری از محصولات و فرآورده های غذایی،کیفیت برنج براساس توانایی آن در ارائه محصول نهایی با کیفیت مطلوب، ارزیابی می شود. از آن جا که اکثر برنج تولیدی به صورت دانه های سالم و کامل به مصرف می رسند راندمان آسیاب درتولید 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 چنان که در بعضی نقاط برنج پخته شده را به صورت نسبتا خشک و پف کرده و در بعضی نقاط دیگر مرطوب ترجیح می دهند. ارقام برنج را با توجه به اندازه دانه و شکل آن ها به سه دسته کوتاه، متوسط و بلند تقسیم می کنند. ارقام بلند، برای تهیه برنج پف کرده (دم کرده) دو رقم دیگر برای تهیه انواع مرطوب استفاده می شود. در آمریکا، برنج تولیدی فاقد طعم و مزه مشخصی بوده ولی ظاهر شفافی دارد، در مناطقی ارقام معطر برنج کشت می شود که البته دارای راندمان بالایی نمی باشند.

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. برنجی که بلافاصله بعد از برداشت پخته شود، حالت

خمیری وچسبنده دارد، ولی اگر شلتوک در شرایط مناسب و به مدت چند هفته انبار شود، به هنگام پخت، دانه ها تمایل کمتری از نظر به هم 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 بیو شیمیایی و فعالیت های آنزیمی که به مرور زمان کاهش می یابند، 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 راه های مقابله با این کمبود غنی سازی برنج می باشد. البته مواد مغذی که به صورت پودر افزوده می گردند غالباً به دلیل شستشوی برنج و جوشاندن آن و سپس به دور ریختن آب، از دست می روند. به همین دلیل امروزه برای غنی سازی از مخلوط هایی که به دلیل نفوذ در بافت 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 به درون دانه نفوذ می نماید. با توجه به این که اکثر ارقام برنج از نوع شفاف بوده و هیچ گونه فضای خالی مانند سلول های 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 هایی که از طریق آن ها و در ضمن پخت ، آب به راحتی به درون دانه نفوذ کند، فراهم گردند. از جمله روش هایی که در این زمینه به کار گرفت می شود: از پخت اولیه به گونه 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 سریع تر در دانه نفوذ می کنند. ایجاد تغییرات سریع در فشار نیز باعث پف کردن دانه خواهد شد.

تهیه برنج پیش جوش

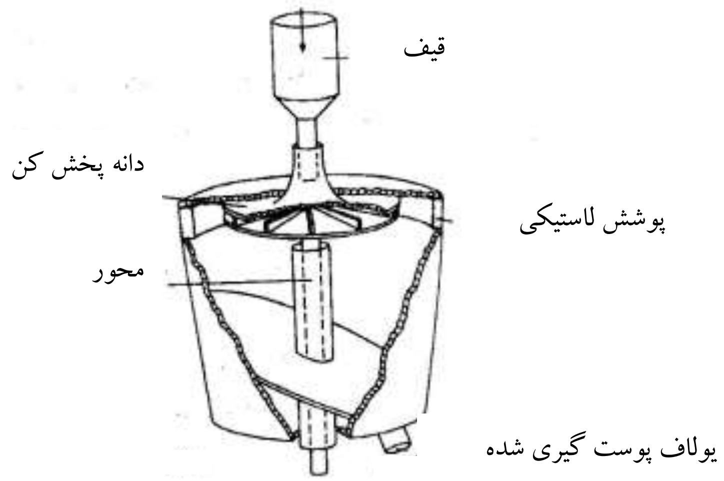
در این فرآیند، شلتوک همراه با آب حرارت دیده و سپس خشک می گردد. هر چند این روش در جدا سازی پوسته از دانه موثر است، اما مهم ترین مزیت آن بالا بردن ارزش غذایی می باشد. همان گونه که پیشتر ذکر گردید قسمت اعظم املاح و ویتامین های برنج در لایه های خارجی پری کارپ تجمع یافته اند. پیش جوش برنج باعث انتقال این مواد مغذی به درون دانه می شود. این فرآیند خود شامل سه مرحله خیساندن، بخار دهی و خشک کردن است. خیساندن در درجه حرارت حدود ۶۰ درجه سانتیگراد انجام می شود. بعد از این قسمت آب اضافی گرفته شده و شلتوک برای این که 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، به منظور اجتناب از ایجاد شکستگی و شکاف در دانه ، سرعت خشک کردن لازم است کاهش یابد. این روش مزیت هایی را به 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:

همان گونه که گفته شد، جو دو سر همراه با پوسته اولیه خود برداشت می شود که در حدود ۲۵ درصد وزن آن را تشکیل می دهد. بعد از جداسازی این پوسته به جو دو سر groat گفته می شود. مرحله اول آسیاب جو دو سر، تمیزکردن آن است و طی آن جوهای دو سر به هم چسبیده ، سوزنی شکل و سبک (که دارای اندازه عادی، اما فاقد groat می باشند) از انواع سالم تفکیک می گردند. بعد از تمیز کردن، آن ها را حرارت داده و خشک می نمایند. حرارت دهی شامل فرآیند گرم کردن دانه ها به مدت یک ساعت می باشد و طی آن درجه حرارت آن ها به ۹۳ درجه سانتیگراد و رطوبت آن ها 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 قسمت ها نیز کمک می نماید. همچنین حرارت باعث دناتوره شدن و غیر فعال گردیدن آنزیم های لیپولیتیک شده و از تلخ شدن دانه جلوگیری به عمل می آورد. اصولا در صورتی که آنزیم لیپاز دناتوره 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(شکل۴۳) صورت می پذیرد. جو دو سر از مرکز پوست گیر وارد شده و براثر حرکت چرخشی محور و برخورد با پوشش لاستیکی درونی پوست گیر، پوسته آن جدا می شود.

از جمله مصارف جو دو سر تهیه فرآورده هایی با قابلیت پخت سریع است و بدین منظور دانه ها تکه تکه شده و پس از بخاردهی، به صورت ورقه و پولک درمی آیند. هدف از انجام بخار دهی افزایش قابلیت انعطاف تکه ها وکاهش شکنندگی آن ها و نیز غیرفعال کردن آنزیم های عامل تند شدن، می باشد. پس از آن که تکه های دانه به صورت ورقه درآمدند، آن ها را در هوای آزاد خنک نموده و در بسته هایی موسوم به *breather–type* بسته بندی می کنند. هدف از بسته بندی در این نوع بسته ها، دادن هوا به درون بسته ها و خارج کردن بوی تند، حاصل از فعالیت باقیمانده آنزیم های لیپولیتیک است.



شکل۴۳-پوست گیر جو دو سر

فرآوری جو:

جو نیم کوب (Pearled barley)

مقدارجو مصرفی برای تهیه نیم کوب در مقایسه با استفاده از آن برای تهیه مالت بسیار ناچیز است. از آن جا که پوسته اولیه به صورت کاملاً محکم به پری کارپ چسبیده است پوست گیری ازجو بسیار مشکل بوده و غالباً با استفاده ازسطوح ساینده، لایه های خارجی را جدا نموده و از آن در تهیه انواع سوپ استفاده می کنند.

تهیه مالت از جو

غالباً از جو برای تهیه مالت استفاده می شود هر چند که مقدار قابل توجهی گندم و چاودار، و در بعضی نقاط آفریقا، سورگوم هم بدین منظور اختصاص می یابد. دلایل چندی ، باعث انتخاب جو به عنوان ماده اولیه مناسب جهت تهیه مالت بشمار می آیند که از جمله آن ها وجود فراوان آنزیم ها، ارزان بودن و بالاخره نقش محافظتی hull از دانه و اثری که به عنوان کمک فیلتر دارد را می توان نام برد. فرآیند تهیه مالت، به زبان ساده عبارت است از جوانه زدن دانه تحت شرایط کنترل شده و سپس خشک کردن آن. هدف از انجام این کار، تهیه محصولی با فعالیت آنزیمی بالا و عطر و بوی خاص می باشد. دانه هایی 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 چندگاهی مشکل عمده فقدان این خواب و در نتیجه جوانه زنی پیش از موعد دانه خواهد بود. به هر حال در صورتی که بلافاصله پس از برداشت جو اقدام به تهیه مالت شود، عصاره حاصله حاوی مقادیر کمی مواد جامد محلول و نیز پروتئین محلول کمی بوده و ظاهر کدری دارد. حداقل زمان لازم برای تهیه مالت از جو پس از برداشت آن، سه ماه می باشد. در طی این مدت، فرآیندهای بیوشیمیایی درون جو باعث می شوند که محصول وضعیت کیفی بهتری را پیدا کند. به این دوره after–ripening گفته می شود. این پدیده منحصر به جو نبوده و در سایر غلات هم دیده می شود. به عنوان مثال، برنج مسن شده مواد جامد کمتری را در حین جوشیدن از دست می دهد و ضمنا افزایش حجم بیشتری پیدا می کند و یا در موردگندم که در ابتدای فصل برداشت می شود، 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 ۴۲- ۴۰ درصد برسد. نکته بسیار مهم آن است رطوبت حتماً تا مرکز دانه ها نفوذ نماید. این مرحله معمولاً به دلیل سرعت کم نفوذ آب 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 گردد. در این زمینه راه حل هایی نیز وجود دارد که از جمله آن تکان دادن گاه به گاه مخزن، هوادهی (به منظور خارج نمودن گاز CO_2) ، تنظیم pH ، تعویض مداوم و یا هر چند یک بار آب را می توان نام برد.

جوانه زدن

بعد از آن که دانه ها به مقدار کافی آب جذب نمود، آن ها 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 (شکل۴۴).

شکل۴۴-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 به صورت مرطوب نگه داشته می شود. مقدار آب مصرفی در این دوره یک گالن برای هر پوشش جو است. به منظور 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 را 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 آن که دانه جوانه زد، مالت حاصله دارای ۴۵ درصد رطوبت است. به منظور افزایش قابلیت نگه داری و نیز 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 آن ها α وβآمیلاز هستند و آنزیم های مهم دیگری هم در این دوره، فعال می گردند. ازآن جا که آنزیم ها به حرارت حساس هستند، در خشک کردن باید دقت کافی به عمل 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 آنزیم ها استفاده می شود و از این رو برای حفاظت از آنزیم ها، لازم است که از درجه حرارت های پایین استفاده نمود. بعد از آن که 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 بی رنگ نمود. ضمن آن که این گاز مقدار پروتئین های محلول و فعالیت پروتئولیتیک آنزیم ها 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 به عنوان آنزیم و یا تولید کننده عطر و طعم استفاده می شود.

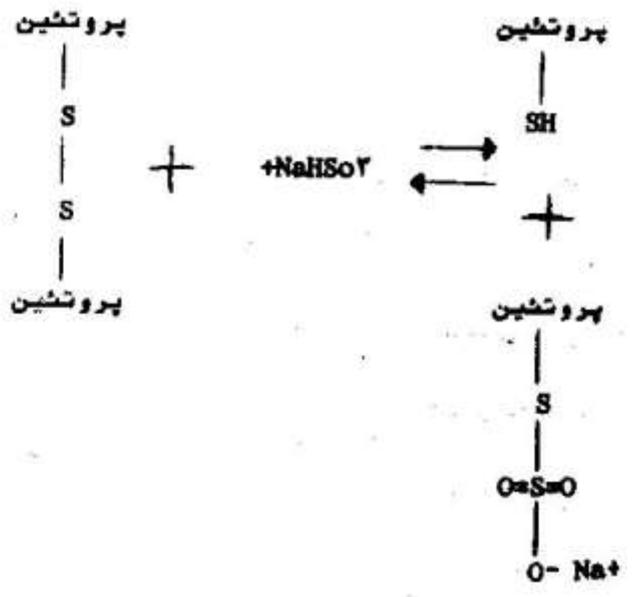
فرآوری ذرت

بعد از تمیز کردن دانه های ذرت، آن ها را در مخازن حاوی آب می خیسانند. آب حاوی۰/۱ تا ۰/۲ درصد دی اکسید سولفور بوده و درجه حرارت آن در حد۵۲ – ۴۸ درجه سانتیگراد کنترل می گردد. زمان انجام مرحله بین ۳۰ تا۵۰ ساعت می باشد. در پایان این مرحله ، رطوبت دانه به حدود ۴۵ درصد رسیده و در نتیجه به اندازه کافی نرم خواهد شد به گونه ای که با فشردن دانه به راحتی له می شود. در ضمن فرآیند خیساندن ، در حدود ۶ درصد وزن دانه به صورت

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 های مضر

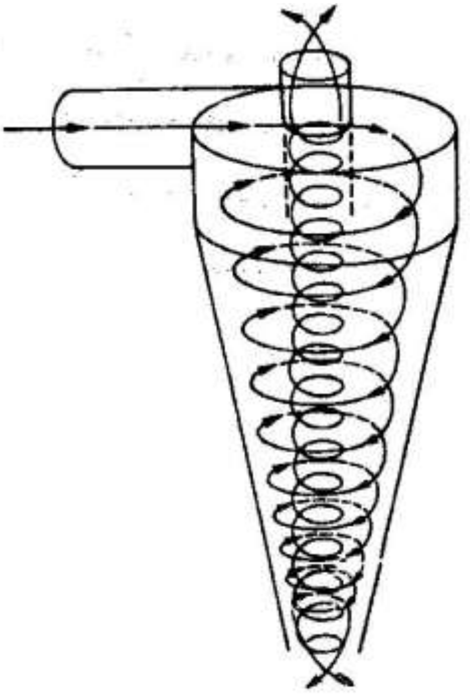
۲-یون بی سولفیت با پیوندهای دی سولفیدی موجود در ماتریکس پروتئین های ذرت واکنش داده و با کاهش وزن مولکول پروتئین ، باعث می شود که آن ها خاصیت آب دوستی بیشتری پیدا نموده و حلالیتشان افزایش یابد.(شکل۴۵). بدین ترتیب آزاد شدن نشاسته از ماتریکس راحت تر انجام گرفته و راندمان استخراج بیشتر می شود.



شکل۴۵- نحوه اثر ترکیبات گوگردی احیا کننده بر پروتئین ذرت

در مرحله خیساندن، مقدار دی اکسید سولفور موجود در آب به دلیل واکنش یون بی سولفیت رو به نقصان می نهد. در صورتی که به هنگام 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 به راحتی 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 پیدا نموده است. برای جدا نمودن جوانه فوق از سایر قسمت های دانه، معمولاً از نوعی سیکلون موسوم به هیدروسیکلون استفاده می گردد (شکل۴۶). در این وسیله، جدا سازی براساس وزن مخصوص صورت می گیرد. جوانه به دلیل آن که

حاوی روغن اسـت، دانسـیته کمتری دارد و بنابراین از بالای هیدروسـیکلون خارج می شود. پس از جدا سازی، جوانه را خشـک نموده و جهت اسـتحصـال روغن به کارخانجات روغن کشی می فرستند. بعد از جدا نمودن جوانه، مابقی مواد از الک عبور داده می شوند.



شکل۴۶-هیدروسیکلون جدا سازی جوانه ذرت

ذرات درشت مجدداً آسیاب شده تا بدین ترتیب نشاسته، پروتئین و سبوس از یکدیگر کاملاً جدا شوند. پس از جداسازی سـبوس، با توجه به این که نشـاسـته سـنگین تر از پروتئین اسـت می توان این دو را هم با کمک سانتریفوژهای مداوم و یا هیدروسـیکلون ها از یکدیگر جدا نمود. نشـاسـته حاصـله هنوز دارای مقادیری پروتئین به همراه خود می باشد و بنابراین برای خالص نمودن آن از چندین سـانتریفوژ و یا هیدروسـیکلون اسـتفاده می شـود. نشاسته ای که این مراحل را پشت سر می گذارد، حاوی کمتر از ۰/۳ درصـد پروتئین خواهد بود و بلافاصـله وارد قسـمت خشـک کن می شـود. معمولاً برای خشـک کردن نشـاسـته از خشـک کن های سـریع اسـتفاده می گردد بدین ترتیب که نشـاسته آب گیری شده سریعاً وارد جریانی از هوای داغ می شـود به گونه ای که گرانول ها سـریعاً خشـک شـده و سـپس جمع آوری می شوند. به فرآوری ذرت به روش ذکر شـده، آسـیاب مرطوب یا wet milling می گویند که در مقابل آن آسـیاب خشـک یا dry millling گندم و برنج و ...مطرح است. در آسیاب نوع دوم، هدف جدا سازی قسمت های بوتانیکی دانه از یکدیگر است، در حالی

که 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 به کار 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.

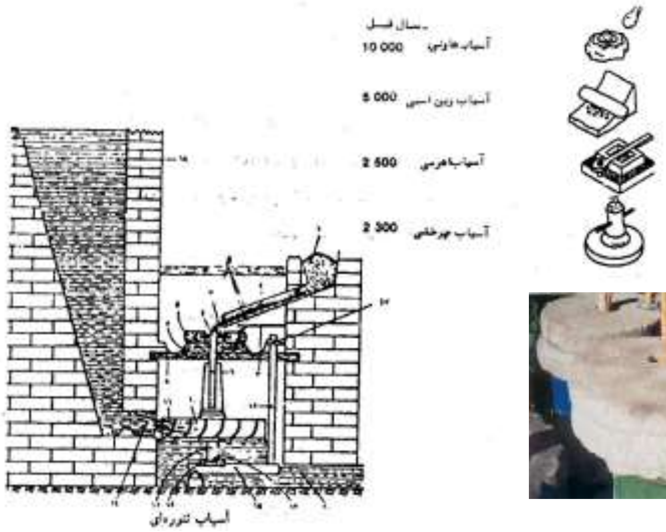
Tortilla:

این فراورده 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 هیدروکسیدکلسیم ۰/۵ درصد تا رسیدن به دمای ۸۲°C به مدت یک ساعت حرارت داده می شود. سپس آن را به آرامی و یک شب تا صبح (overnight) 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 اصولا دانه، بسیار سخت بوده و رسیدن رطوبت به مرکز آن مستلزم زمان های غوطه وری طولانی است. هیدروکسید کلسیم به دو دلیل به محصول اضافه می شود: اول آن که نوعی عطر و طعم خاص در آن بوجود می آورد و دوم تضعیف لایه های خارجی پری کارپ دانه ذرت می باشد .که بعد از پخت دانه این پوسته به راحتی توسط دست و با شستشو خارج می گردد. بعد از آسیاب nixtamal ، آن چه که حاصل خواهد شد masa نام دارد که می توان آن را با پرس، فشرده نموده تا بدست آید و سپس پخته می شود. می توان masa را با دستگاه اکسترودر به صورت قطعات کوچک در آورده و سپس در روغن سرخ نمود تا corn chips بدست آید.

فصل ششم

فرآیند تهیه آرد از گندم

آسیاب، کارافزاری 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 زبان های قدیم ایرانی به معنی سنگ بوده است. از نظر تاریخچه ، نخستین آسیاب 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 آسیاب شامل آسیاب های زمینی ، آسیاب های دستی یا دستاس، آسیاب ها ی ستوری ، آسیاب های بادی ، آسیاب های آبی که خود شامل آسیاب های تنوره ای ، ناوی و چرخی می شوند، ابداع گردید. در شکل ۴۷، آسیاب آبی تنوره ای و اجزاء آن همراه با چند نوع آسیاب اولیه دیده می شوند. با پیشرفت تکنولوژی، آسیاب چکشی و اکنون آسیاب غلطکی یا والسی عرضه گردید. پیشرفته ترین و رایج ترین نوع آسیاب، آسیاب والسی است که اصول و مراحل آرد سازی در آن تشریح می شود.



شکل ۴۷- آسیاب آبی تنوره ای و اجزاء آن همراه با چند نوع آسیاب اولیه

مراحل تولید آرد در آسیاب های غلطکی:

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

الف- انتخاب گندم

گندم مصرفی برای تهیه آرد، باید دارای بازده آرد بالا (هکتولیتر مناسب) باشد، تمیز و سالم بوده و امکان تهیه آردی با خواص فیزیکی مناسب جهت تولید فراورده ایی 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 ناخالصی ها طی مراحل مختلف بوجاری از یکدیگر جدا می شوند. اولین گام، ورود گندم به دستگاه بوجاری است که دارای دو ردیف غربال فلزی است که یکی ذرات درشت تر از گندم و دیگری ذرات ریزتر از گندم را جدا می نماید. 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 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، به گونه 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 جداسازی فیزیکی اندوسپرم از پوسته (سبوس)

۳- مرطوب نمودن اندوسپرم به طوری که به راحتی تبدیل به آرد شود

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

۵- اطمینان از این که در ضمن خردکردن گندم مقدار مناسبی از گرانول های صدمه دیده نشاسته ایجاد میشوند.

در تعیین میزان رطوبت مناسب برای واجد شرایط کردن 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 گندم تولید شده به گندم بوجاری شده است).

- برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز می توان از فرمول ذیل استفاده نمود:(حالت مداوم)

$$X = \left(\frac{D_1}{D_2} - 1\right) * W_1$$

D_1: درصد ماده خشک در نمونه اولیه

D_2: درصد ماده خشک در نمونه نهائی

W_1: وزن نمونه اولیه

X: مقدار آب مورد نیاز

مثال: مقدار گندمی 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؟

درصد ماده خشک اولیه : $D_{۱}$=۱۰۰-۱۱=۸۹
درصد ماده خشک نهایی : $D_{۲}$=۱۰۰-۱۵/۶ =۸۴/۶

- به صورت batch (غیر مداوم):

$$X = \left(\frac{۱۰۰ - M۱}{۱۰۰ - M۲}\right)$$

$M_{۱}$: رطوبت اولیه گندم برحسب درصد

$M_{۲}$: رطوبت ثانویه گندم بر حسب درصد

X : مقدار آب مورد نیاز برای افزایش رطوبت یک کیلوگرم گندم برحسب لیتر

مثال: برای افزایش رطوبت یک کیلوگرم گندم از ۱۲ درصد به ۱۶ درصد، چه میزان آب برحسب لیتر باید اضافه نمود؟

$$X = \left(\frac{۱۰۰ - ۱۲}{۱۰۰ - ۱۶}\right) * ۱۰۰۰ = ۱۰۴۷$$

بدین ترتیب به یک کیلوگرم گندم باید ۴۷ میلی لیتر آب اضافه شده و بمدت حداقل ۲۴ ساعت تحت شرایط بسته(خواب)، گندم بماند.

آب افزوده شده ممکن است به صورت سرد باشد که به آن عملیات tempering می گویند و یا آن که به صورت گرم باشد که به آن conditioning گفته می شود. 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 سلول هایی 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 انواع دانه های گندم 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.

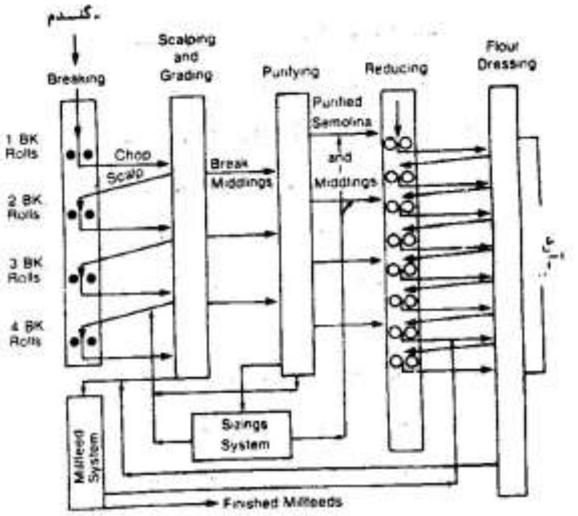
آسیاب گندم توسط سیستم والسی:

اصول آسیاب گندم در این روش به صورت هفت سیستم است که هر یک و ظایف خاصی را دارند (شکل۴۸).

هفت سیستم به ترتیب عبارتند از:

۱- Break system

گندم تمیز وارد اولین ماشین آسیاب و نخستین غلطک های خردکن می شود. این غلطک ها دارای شیار بوده و نیرویی را به دانه اعمال می نمایند. ماده خرد شـده که غلطک را ترک می نماید، break chop نامیده می شـود و وارد غربال ها می گردد.



شکل۴۸- مراحل مختلف آسیاب گندم (سیستم های آسیاب والسی)

در این قسـمت غربال ها، ذرات را براسـاس اندازه از یکدیگر جدا می نمایند. بزرگترین ذرات یا scalp شـامل اندوسـپرم 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 گردند و مجدداً غربال می شوند. بدین ترتیب و در طی مراحل متوالی، اندوسپرم بیشتری از سبوس جدا می شود.

۲- Grading system

در ضـمن عمل غربال ها، ذرات به دو دسـته عمده تقسـیم می شـوند. بخشـی که اندازه ای بزرگتر از ذرات آرد دارنـد و به آن break middling می گویند و بخشـــی از اندوســـپرم که تحت تاثیر عمل غلطک های خرد کننده، به صورت آرد در آمده و اصطلاحاً به آن break flour می گویند.

۳- Purfication system

break middling، مخلوطی از اندوسـپرم خالص، اندوسـپرم همراه با ذرات سـبوس چسبیده به آن (اندوسپرم متصل به سبوس) و سبوس است. هدف از انجام این مرحله ، تفکیک قسمت های مختلف این مخلوط از یکدیگر است . (

تفکیک سه بخش : اندوسپرم خالص ، سبوس خالص و اندوسپرم متصل به سبوس) بدین ترتیب سبوس از اندوسپرم (که به دلیل درشتی ذرات semolina نامیده می شود) جدا شده و اندوسپرم وارد سیستم reduction می گردد. اندوسپرم هر چه خالص تر گردد هنگامی که وارد سیستم reduction system شود، آرد روشن تر و سفیدتری به دست خواهد آمد. با به کارگیری 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.

۴- Sizing system

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

۵- Reduction system

در این سیستم، سمولینا و middling خالص به تدریج توسط غلطک های نسبتا 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 هایی 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 به دست می آید. در تصویر شماتیک شماره ۴۵، چهار جریان آرد از قسمت break و ۸ جریان آرد از قسمت reduction به دست می آیند.

۶- Flour dressing system

در صــورتی که تمامی این جریان ها با هم مخلوط شــوند straight run flour به دســت می آید و اگر به نســبت های مختلفی با هم مخلوط شــوند، تولید split run flour را می نمایند. در Flour dressing system آرد روی غربال هایی که با پارچه های نایلونی یا ابریشــمی پوشــیده شــده اند قرار می گیرد. آنچه که اندازه ذرات آن قدر ریز باشد که از الک هایی با پارچه های بسیار ریز عبور نماید، آرد نامید می شود.

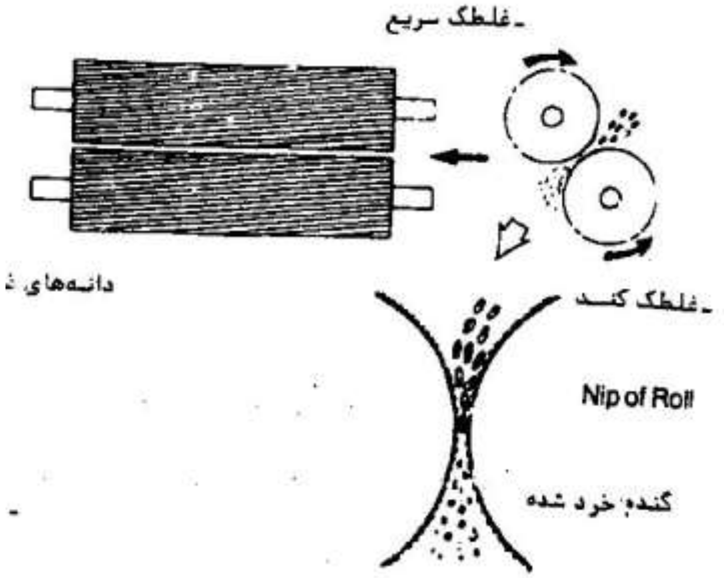
۷- Millfeed system

محصــولات جانبی آســیاب آرد گندم که اصــطلاحاً millfeed نامیده می شوند شامل سبوس، shorts و جوانه هســتند. ســبوس درشت است و محصولات پولک مانندی می باشد که از اندوسپرم جدا شده است. shorts ذرات سبوس ریزتر است. علاوه بر سبوس های درشت و ریز millfeed شامل مجموعه ای از مواد خارجی است که اصطلاحاً به آن ها screaning می گویند. این مواد شــامل هر چیز خارجی شامل فلزات، سنگ ها، کلوخه ها و دانه های سمی و خطرناک (ارگوت) هستند.

ماشین های آسیاب:

غلطک ها (والس ها)

گندم پس از واجد شــرایط 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 (شکل۴۹).

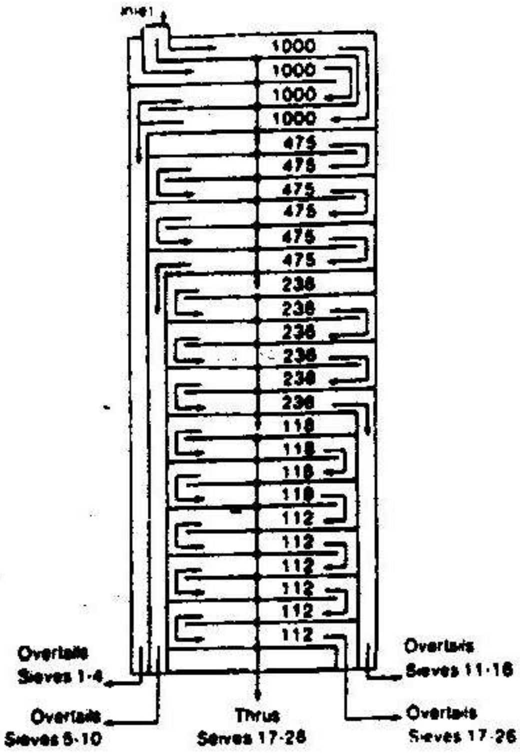


شکل۴۹-غلطک های آسیاب والسی و نحوه کار آن ها

هر غلطک دارای ۶۰ تا ۷۵ سانتیمتر طول و ۲۳ سانتی متر قطر بوده و از جنس فولاد می باشند. سطح آن ها دارای شیارهای مورب است که تعداد آن ها در غلطک های اولیه کم و به تدریج بیشتر می شود به گونه ای که در اولین ردیف غلطک ها ۴ تا ۵ شیار در هر سانتی متر و در غلطک های چهارم یا پنجم، ۱۱ تا ۱۳ شیار در هر سانتی متر وجود دارد. 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 آن ها، کاستن از اندازهmiddlings و تبدیل آن ها به آرد نرم می باشد.

غربال ها

هر غربال (Sifter) از تعداد زیادی لایه به صورت مکعب و در درون یک قاب تشکیل شده است و دارای حرکت لرزشی است. غربال ها با پارچه های ابریشمین یا نایلونی پوشیده شده اند و از اطراف محکم به قاب متصل هستند. در شکل شماره ۵۰ به صورت شماتیک یک غربال با ۲۶ لایه دیده می شود که می تواند chop ، حاصل از یک break Roll را به ۵ قسمت تقسیم نماید.



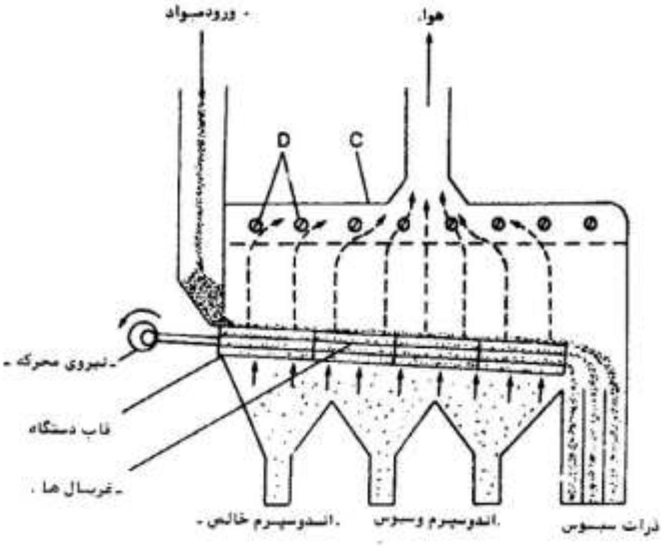
شکل ۵۰- غربال های چند لایه و طرز عمل آنها (اعداد نشان دهنده اندازه چشمه ها است)

به عنوان مثال ذراتی که از لایه های فوقانی دارای قطر µm ۱۰۰۰ عبور ننموده اند از روی غربال ها به درون یک کانال عمودی فرو افتاده و توسط یک sleeve قابل انعطاف ازغربال خارج می شوند. به همین ترتیب این فرآیند ادامه می یابد تا آن که چندین خروجی بدست آید. عکس این عمل هم قابل انجام است یعنی ابتدا لایه های با قطر مش کم را بالا قرار داد و بدین ترتیب فقط دو جریان بدست می آید. در فواصل معین غربال ها بازدید و تمیز می شوند. علی رغم خاصیت تمیزکنندگی گلوله های موجود بر روی غربال ها،گاهی چشمه ها مسدود می شوند (توسط ذرات آرد و یا الیاف ریز) و بدین ترتیب راندمان کاهش می یابد و بنابراین برس زدن پوشش ها و تعمیر سوراخ های احتمالی ناشی از پاره شدن غربال ضروری است.

تفکیک کننده (خالص کننده)

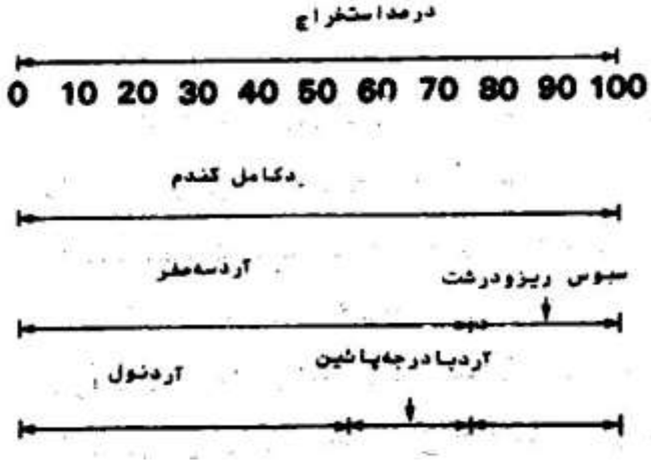
این دستگاه (purifier) یا کُرپا نامیده می شود. کرپا یک غربال شیب دار است که قطر چشمه های آن ازابتدا تا انتها به تدریج بزرگتر می شود (شکل۵۱). غربال دائماً در حال لرزش است و جریانی از هوا بر فراز غربال حرکت می کند

و باعث می شـود که ذرات در چند دسـته طبقه بندی شـوند، به شکلی که ذرات سبک سبوس توسط جریان هوا سریع تر حرکت نموده و تکه های آندوسپرم ضمن دسته بندی به غلطک های خرد کننده فرستاده می شوند.

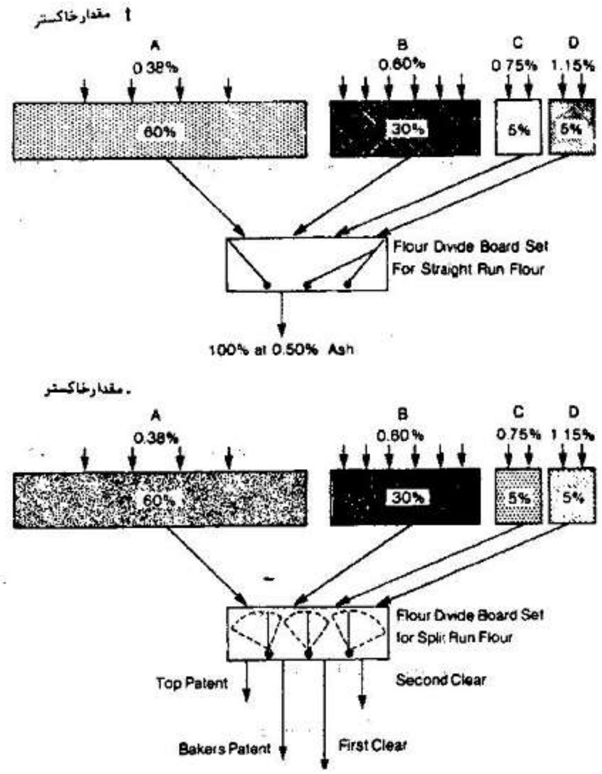


شکل۵۱- تفکیک کننده یا خالص کننده ذرات (کُرپا)

برحسـب این که چه مقدار از سـبوس (پوسـته) از سـایر قسمت ها جدا شده است ، درصدهای استخراج متفاوتی بدسـت می آیند. در شکل شماره۵۲ چند نوع آرد با درصدهای استحصال مختلف دیده می شوند. طرز عمل این روش را می توان به سـادگی چنین توضیح داد که که ابتدا انواع آرد با مقادیر مختلف خاکستر انتخاب می شوند و سپس بر حسب مورد، آن ها را طی جریانهای A تا D با یکدیگر مخلوط می نمایند. بدین ترتیب انواع آرد، از کامل تا سـفید بدسـت می آید. شکل شماره ۵۳ نحوه تهیه انواع آرد را نشان می دهد.



شکل۵۲-درصد استخراج یا استحصال آرد

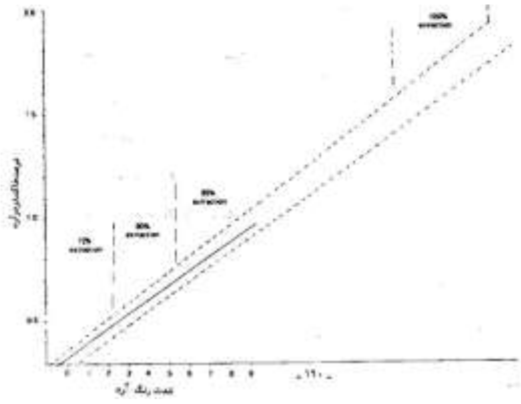


شکل۵۳- نحوه اختلاط جریانهای مختلف آرد حاصل از آسیاب گندم

از دیگر فراورده های آسیاب غلطکی millfeed، یعنی سبوس ریز (shorts) هستند. سبوس ۱۱درصد و shorts ۱۵ درصد ازکل محصول را تشکیل می دهند. مقدار جوانه بازیابی شده می شود در حدود ۰/۵ درصد است. برای بدست آوردن درصد استخراج از روش های مختلفی استفاده می شودکه بستگی به گندم ورودی به آسیاب دارد.

مقدار خاکستر:

یک دانه گندم در حدود ۱/۵ درصد خاکستر دارد که به طور یکنواخت در دانه توزیع نشده است. اندوسپرم تنها حاوی ۰/۳ درصد خاکستر است، در حالی که سبوس دارای ۶ درصد خاکستر می باشد. و بنابراین خاکستر موجود در آرد، شاخص خوبی برای تعیین مقدار سبوس در آرد به شمار می آید (شکل ۵۴).



شکل۵۴- رابطه میان درصد استخراج، رنگ و خاکستر آرد

ترکیب آرد و ایجاد تغییرات در آن:

هر چه ذرات آرد ریزتر باشند، دارای مقادیر بیشتری پروتئین بوده و یا گرانول های کوچک نشاسته به صورت 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 شوند و بنابراین مقدار پروتئین در این قسمت ها 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 ۱۷تا 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 گندم های نرم بدون آن که نشاسته آن ها صدمه چندانی ببینند،آسیاب می شوند. مقدار این صدمه معمولاً در حد ۲ تا ۳ درصد و حداکثر ۵ 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 چندگرانول آسیب دیده هنوز نسبت به آنزیم حساس نمی باشد. در روش های معمول آسیاب،گرانول ها آسیب بیشتری دیده به گونه ای که تحت تاثیرکنگو رد(congo red) قرار گرفته و آلفا-آمیلاز می تواند بر آن ها 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 های آرد:

پس از آسیاب، عملیات چندی ممکن است بر روی آرد انجام شود. از جمله آن ها، بی رنگ کردن می باشدکه معمولاً با استفاده از بنزوئیل پراکسید و افزودن آن به صورت 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 دهندکه 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 نگه داری نیز به تدریج بی رنگ می شود، که احتمالاً ناشی از تاثیر اکسیژن هوا می باشد. در همین مدت، آرد مسن نیز می گردد که به آن aging می گویند. به منظور تسریع در رسیدن و مسن شدن آرد می توان از بعضی مواد اکسید کننده استفاده نمود. از جمله این مواد،آزو دی کربنامید، پراکسید استون و دی اکسیدکلر 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 خصوصا آهن مرسوم می باشد. از دیگر تیمارها، افزودن مواد عمل آورنده به آرد و تهیه نوعی آرد به نام self-rising flour یا آرد خود عمل آورنده می باشد. چنین آردی حاوی بی کربنات سدیم و نمک یک اسید ضعیف می باشد.

انواع آردها:

آرد مناسب برای هر محصول، دارای خواص خاصی است . مثلاً آرد نان حاوی پروتئین زیاد و با کیفیت خوب است ولی آرد بیسکویت و کیک و کراکر، پروتئین کمتری داشته و گلوتن آن نبایستی دارای کشش و الاستیسیته وسیع و زیاد باشد. همان طور که قبلا 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، آن ها 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 آسیابهای سنگی وچکشی تهیه و تولید می شود اما آسیاب والسی هم با در نظر گرفتن تمهیداتی می تواند آن را تولید نماید و معمولاً تیره رنگ و حاوی ذرات سبوس خرد شده می باشد. از این نوع آرد درتهیه 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 نان های لواش و تافتون استفاده می شود.

۳- آرد ستاره یا آرد سفید: این نوع آرد نیز توسط آسیابهای غلطکی تولید می شود. حدود استخراج آرد ستاره ۷۷ تا ۸۱ درصد بوده و 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 نان های ماشینی استفاده می شود.

۴- آرد یک صفر و دو صفر و سه صفر: این گروه آرد جزو آردهای سفید و با درجه استخراج پایین بوده و غالباً در تولید نان های شیرینی ، کیک و بیسکویت و سایر مصارف صنعتی کاربرد دارد. حدود استخراج این گونه آردها به ترتیب 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

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

آرد مناسب برای تهیه محصولات پاستا:

بهترین ماده اولیه برای تهیه پاستا، آرد گندم دروم یعنی سمولینا می باشد ولی از گندم های دیگر نیز برای تهیه آرد آن استفاده می کنندکه درایران به نام 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 درآردهای معمولی محصول نهایی مورد نظر اندوسپرم نرم شده است ولی در آرد سمولینا اندوسپرم نرم نشده و به صورت زبر، (coarse) مورد نظر می باشد. اصطلاح سمولینا زمانی به کار می رود که آرد از گندم دروم تهیه شده باشد و چنانچه آرد از گندم سخت دیگری تهیه شود اصطلاح فارینا (farina) به کار برده می شود. به طور کلی مشخصاتی که برای گندم مناسب برای تولید سمولینا و pasta در نظر می گیرند شامل : هکتولیتر حداقل ۷۸ کیلوگرم ، وزن هزار دانه ۴۰ گرم یا بیشتر، درجه سختی دانه ۷۵٪ ، پروتئین ۱۴ درصد و گلوتن مرطوب حداقل ۲۵ درصد بوده و آرد آن دارای کشش کم ، ولی الاستیک بوده و دارای قدرت کم برای نگه داری گاز باید باشد. در جدول ذیل proximate analysis آرد سمولینا دیده می شود.

جدول ۵- متوسط آنالیز ترکیب آرد سمولینا

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

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.

ویژگی های عمومی آرد نانوایی

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.

ویژگی های آرد بیسکویت

حداقل مقدار پروتئین ۷/۵ درصد، میزان گلوتن مرطوب ۲۰ درصد، خاکستر آرد بیسکویت حداکثر ۰/۶۰ درصد، باستثنای 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.

ویژگی های 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.

ویژگی های 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 اســتفاده از نان نمی تواند تاریخ مشــخصــی تعیین نمود، اما به جرات می توان گفت قدمت آن با تاریخچه پیدایش انسـان عجین شده است، و با احتمال قریب به یقین بشر قبل از اختراع خط با آن آشنا بوده است. شواهد تاریخی نشــان می دهند که از دوازده هزار ســال قبل، در نواحی مختلف دنیا، نان غذای روزانه مردم را تشــکیل می داده اسـت. همچنین از زمان بابلیان وآشوریان، مدارکی بدست آمده است که نشان می دهد مردم آن زمان با گندم، پخت نان، نان تازه و بیات و حتی نان کپک زده آشـناه بوده اند. بشر در ابتدا بذور را بدون انجام هیچ گونه عملیات برروی آنها و به صـورت خام می نمود، ولی پس از کشـف آتش، دانه بو داده، که حاصـل قرار دادن سـنبله غلات بر روی آن بود، مورد اسـتفاده قرار می گرفته است، و در دوره های بعد نیز احتمالاً از مخلوط کردن دانه های سائیده شده غلات با آب، خمیری تهیه و پس از پختن آن بر روی سنگ های داغ و یا زیر خاکستر به مصرف می رسانده اند. از نظر جامعه شناسی نیز اقوام، ادیان و مذاهب مختلف، نان را از گذشـته های بسیار دور سمبلی مقدس به شمار آورده اند. 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 می کرده اند. در روم باسـتان، زن های رومی با لباس های سفید تاج هایی از سنبله گندم وگل دسته های تهیه شده از خوشه غلات را در معابد به خدای خود که Ceres نام داشـت، هدیه می نمودند. ادیان توحیدی و غیر توحیدی نیز توجه خاصــی به گندم و نان داشـته اند. زرتشـت معتقد بود "*کسـی که گندم می کارد راسـتی می افشـاند*". مسـیحیان نان را چون حضـرت عیسـی گرامی داشته و از آن در مراسم خاص استفاده می نمایند 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 به عنوان برکت زندگی یاد می شـود و بوسـیدن نان یافت شـده در معابر و به کناری نهادن آن هنوز هم در جوامع اسلامی رایج اسـت. به هر روی تعبیر زیبای***"نان زندگی است"*** بیانگر تاثیر شـگرف 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 همان گونه که گفته شد روی سنگ داغ و یا در زیر خاکستر پخته می شد و به نام *نان زیر خاکستر* معروف بوده است. حتی در اواخر قرن نوزدهم نیز دهقانان لهستانی با استفاده از چاودار نوعی نان به نام prod plomiki که به معنی نان زیر خاکستر است تهیه می کرده اند. به علت این که 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، هنوزهم، نان را به همان روش های قدیمی و یا بسیار شبیه به آن پخت می کنند.

انواع نان در جهان و ایران:

نان در دنیا بسته به سلیقه و فرهنگ مردم هر منطقه ، با روش ها و اشکال مختلف تهیه می شود. به طور کلی نان های 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 به شکل 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 آب ، 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 نگه داری نماید، همین آرد می باشد. بر کیفیت آرد چند عامل اثر می گذارند که از جمله آن ها 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 به وجود 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 به مراتب 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 بی کربنات سدیم می توانند بر تخمیر اثر بگذارند، بدین ترتیب که املاح قلیایی موجود در آب، اسیدیته حاصل از انجام فرآیند تخمیر را کاهش می دهند. این عمل به نوبه خود بر سرعت فعالیت آنزیم ها اثر نهاده و کل فرآیند تخمیر را تحت تاثیر قرار می دهد. وجود حالت قلیایی 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 بی کربنات 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 اثر سوئی نخواهد داشت اما اگر مقدار آن از این حد فراتر رود، باعث کاهش حجم نان خواهد شد. در مورد کلرورها و سولفات های قلیایی خصوصاً سولفات کلسیم، اعتقاد براین است که وجود آن ها به دلیل آن که می توانند گلوتن را سفت تر نمایند می تواند تا حدود مفید واقع شود. کلرورها و فلوئورها نیز اثر کمی برخمیر نان دارند. کلر موجود در آب تا حدی زمان تخمیر 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 خصــوصــیات خمیر را تغییر دهد. کـادمیوم نیز از اثر قـابـل توجهی برخوردار اســت. 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 شـدن محصول نهایی می گردد. هر چند که مقدار آن ها در آب آنقدر زیاد نیست که بتوانند اثراتی بر بافت خمیر و یا نان داشته باشند.

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 شـیمیایی مورد اسـتفاده، بی کربنات سدیم یا جوش شیرین را می توان نام برد. در پوک کردن مکانیکی، گاز پوک کننده مثلا هوا (در مواردی گاز دی اکسـید کربن و یا بخار آب) از طریق به همزدن سـریع و شدید خمیر، وارد آن می شـود. 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 توسـط خمیر ترش (خمیر شـب مانده) و یا توسـط مخمرها انجام می شود. در خمیر ترش، باکتری های مولد اسید و مخمرها به طور همزیست فعالیت می نمایند.

سه عمل عمده میکروارگانیزم های خمیر ترش عبارتند از:

۱- تشکیل گاز دی اکسید کربن به منظور 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 به شمار می آیند

تا به حال گونه های بسـیاری باکتری از خمیر ترش جدا شـده اند که نام تعدادی از آن ها در جدول ۴ دیده می شـود. صـرف نظر از این باکتری ها، اسـترپتوکوک هایی مانند لوکونوسـتوک مزنتروئید و پدیوکوکوس سـروزیا نیز در خمیر ترش دیده شده اند. مخمر یا به صورت خالص و معمولاً از گونه ساکارومیسس سرویزیا مورد استفاده قرار می گیرد و یـا از آن کـه انواعی از مخمرهـا همراه با باکتری های 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*،

سارکارومیسس الیپسوئیدوس، سارکارومیسس تگورومیس، سارکارومیسس 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 به واسطه تخمیر کسب می کنند و بیشتر به صورت خشک و یا فشرده به بازار عرضه می گردند.

نمک طعام

نمک طعام یکی از موادی است که در تهیه نان به کار می رود. درصد کمی کلرور سدیم ، خمیر را سفت نموده و حالت چسبندگی آن را 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 آن را نیز زیاد می کند، در حالی که 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. اگر از یک الکترولیت مناسب مانند نمک که بتواند همچون سپر بین بارهای همنام قرار گیرد، استفاده شود، مولکول های پروتئین تا حدی به هم نزدیک شده و پروتئین سفت می شود. نمک بر طعم نان نیز موثر است و به همین جهت در حد یک تا حداکثر دو درصد به ترکیب خمیر نان اضافه می شود.

افزودنی ها

افزودنی به ماده ای اطلاق می شود که جزء اصلی تهیه یک فرآورده محسوب نشده اما در جهت بهبود کیفی و یا کمی محصول اثر مشخصی از خود به جای می گذارد. در مورد نان نیز استفاده از افزودنی ها 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. به عنوان مثال نان از نظر بعضی اسیدهای آمینه خصوصاً لیزین و متیونین فقیر است. همچنین مقدار بعضی ویتامین ها مانند B_{12} و برخی املاح مانند آهن نیز در آن کم است و بنابراین لازم است که این کمبودها به

نحوی جبران شوند. امروزه استفاده از منابع پروتئینی ارزان قیمت و با کیفیت خوب مانند استفاده از حبوبات، دانه های روغنی، و یا املاح (فرو سولفات) و ویتامین ها به منظور بالا بردن ارزش غذایی نان مورد توجه می باشد.

بهبود خواص تکنولوژیک

استفاده از مواد افزودنی به منظور بهبود خواص تکنولوژیکی معمولاً بستگی به کیفیت آرد مصرفی دارد. به عنوان مثال در انواع آرد های ضعیف استفاده از مواد اکسیدکننده مانند اسید اسکوربیک می تواند نتایج درخشانی دربر داشته باشد. علاوه براین در آردهایی که فعالیت آنزیمی کمی دارند افزودن مستقیم آنزیم و یا آرد جوانه گندم ، اثرات مثبتی را به دنبال خواهد داشت. گاهی خمیر بیش از حد الاستیک است در این گونه مواقع افزودن مواد احیاءکننده مانند سیستئین مناسب می باشد. در حالت اخیر استفاده از پروتئازها هم امکان پذیر است اما باید به مقدار آنزیم اضافه شده توجه کافی شود زیرا در غیر این صورت ممکن است نان بلافاصله یا کمی پس از نگه داری تلخ مزه شود.

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 پیگمان های (رنگیزه های) آرد یعنی کاروتنوئیدها باعث روشن تر شدن رنگ آرد و در نهایت بافت نان می شود. نمک از جمله افزودنی هایی است که کاربرد آن بسیار مرسوم است و باعث بهبود طعم و مزه نان می گردد. نان بی نمک، مطبوع نبوده و 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 آن را بهتر نموده و قابلیت نگه داری آن را بیشتر نماید، به طوری که نان را می توان تا چند روز نگه داری نمود.

افزایش عمر نگهداری

از مواد مختلفی به منظور طولانی تر کردن عمر نگه داری محصولات نانوایی استفاده می گردد که در میان مهم ترین آن ها پروپیونات ها ، سوربات ها و دی استات ها را می توان نام برد. پروپیونات ها برای مصرف در نان و فرآورده های تخمیری شیرین به عنوان نگه دارنده کاملاً مناسب هستند و اثر آن ها بیشتر بر روی قارچ هاست و عملاً هیچ گونه تاثیری بر مخمرها ندارند. فعالیت آن ها وابسته به pH بوده و معمولاً در فراورده هایی که pH آن ها تا حدود ۵ است،

استفاده از آن ها توصیه می شود. میزان مصرف آن تابع ضوابط و مقررات هر کشور است ولی معمولاً نمک کلسیم آن را به مقدار ۰/۱ تا ۰/۲ درصد به آرد می افزایند. در کیک بیشتر از پروپیونات سدیم استفاده می شود و علت آن جلوگیری از مزاحمت احتمالی نمک کلسیم بر روی پودر نانوایی (baking powder) استفاده 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 آن ها در تهیه انواع کیک استفاده می گردد. با توجه به اثر سوربات ها بر روی مخمرها، آنها برای استفاده درفراورده های تخمیری مناسب نمی باشند و نمی توان مانند پروپیونات ها از آن ها استفاده نمود. دی استات سدیم نیز مانند پروپیونات ها روی قارچ ها 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 آن مانع بزرگی خواهد بود.

فرآیندهای فیزیکو 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 به خود می گیرد. (در صورتی که مقدار آرد بسیار زیاد باشد). با ادامه بهم زدن تغییرات قابل ملاحظه دیگری اتفاق خواهد افتاد. مجموعه مخلوط آب و آرد شکل اولیه خود را از دست داده و به نظر می رسد که آب در سیستم به کلی 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 به وسیله آب به سرعت احاطه می شود، اما از آن جا که در ابتدا مقدارآب بیش از سطح ذرات است، سیستم حالت کاملاً مایع و آبکی داشته و به کشش نیز مقاومت نمی نماید و به سرعت توده تشکیل شده از هم متلاشی می شود. در صورتی که عمل اختلاط به طور کامل انجام نشود، بروز تغییرات در خمیر خصوصاً اگر دانه گندم از نوع سخت باشد ناچیز خواهد بود. اصولا نفوذآب به درون ذرات

حاصل از گندم سخت به کندی و صرفا به روش دیفوزیون صورت می پذیرد. با بهم زدن خمیر سرعت نفوذ آب به درون ذرات بیشتر شده و آن را کاملاً هیدراته می نمایند. همچنان که آب به درون ذرات نفوذ می نماید مقاومت به کشش نیز به تدریج افزایش می یابد. جنبه مهم دیگر در پدیده مخلوط شدن، مشارکت هوا است. به تدریج که 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،گلوتن موجود در آرد نیز شروع به جذب آب نموده و بر حجم خود می افزاید. با جذب آب، گلوتن ابتدا تشکیل یک شبکه دو بعدی را می دهد که قادر به حفظ و نگه داری گاز نمی باشد. با کمی به هم زدن که اصطلاحاً به آن ورز دادن (kneading) گفته می شود، کار تبدیل شبکه دو بعدی به سه بعدی انجام خواهد شد.

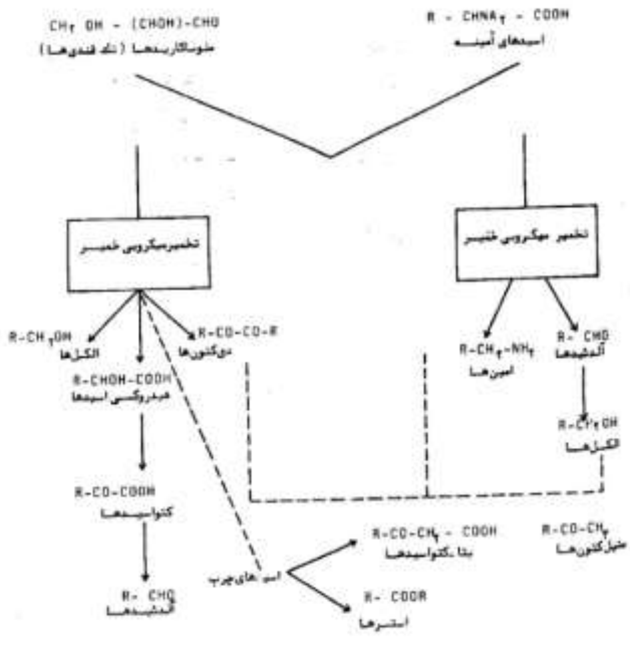
اثر آنزیم بر نشاسته

آنزیم های آرد که بر نشاسته اثر می گذارند شامل α و β آمیلاز هستند. این آنزیم ها، نشاسته را شکسته و آن را تبدیل به قندهای ساده یعنی دکستروز، دکسترین، مالتوز و در نهایت گلوکز می کند. شیرین شدن تدریجی نان در روی زبان ناشی از اثر همین آنزیم های موجود در بزاق می باشد. قند تولیدی به مصرف مخمر رسیده که تولید گاز می نماید. علاوه براین مقداری از قندها نیز تحت تاثیر حرارت کاراملیزه می گردند. این واکنش خصوصاً در سطح نان نوعی رنگ مناسب ایجاد می نماید و حالت برشته 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 این صورت 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 شوند.

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 و عطر بسیار مطبوعی است که پس از مدتی به دلیل ماهیت فرّار مواد معطر، از دست می رود و ناپدید می شود. معمولاً قسمتی از مواد معطر، در بخش هایی 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 به وجود می آیند. البته در این که طعم و مزه نهایی نان متاثر از الکل ها باشد ، خود جای بحث دارد، زیرا بخش اعظم آن ها 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 به نظر نمی رسد ولی از بین آن ها، می توان کربونیل ها را نام برد که معمولاً در دوره پخت به وجود می آیند. محققین متعقدند که این ترکیبات مهمترین اجزاء 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 کربونیل هایی که به وفور در نان دیده می شوند هیدروکسی متیل فورفورال است. عامل مهم در تشکیل این مواد، انجام واکنش های قهوه ای شدن غیرآنزیمی موسوم به واکنش های مایلارد است. طی این واکنش انواع ترکیبات کربونیل دار خصوصاً ، فورفورال ، هیدروکسی متیل فورفورال و سایر آلدئید ها به وجود 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 ۵۵). در جدول ۶ نیز تعدادی از این اسیدهای آمینه و آلدئیدهای حاصل از تبدیل آن ها مشاهده می شوند. گذشته از آنچه گفته شد، عوامل دیگری نیز برنوع و مقدار مواد معطر در نان تاثیر می گذارند. به عنوان مثال هر چه زمان تخمیر کوتاه تر باشد، مقدار آن ها نیز کمتر خواهد بود. از دیگر عوامل موثر در ایجاد و پایداری مواد معطر می توان به وجود درجه



شکل ۵۵- نحوه تشکیل مواد معطره در خمیر نان

حرارت شـدید و ناگهانی،که می تواند منجر به از دســت رفتن مقدار زیادی مواد معطر شـود، اشـاره کرد . نوع گندم نیز عامل مهم دیگری است زیرا عموماً گندم های سخت و نیمه سخت عطر و طعم بهتری را در مقایسه با گندم های نرم ایجاد می نمایند و وجود ناخالصی ها در آرد، مانند تخم علف های هرز و یا تخم بعضی دانه ها، که بر طعم اثر سوء می گذارند، می تواند موثر باشد. و از این رو دقت در عملیات بوجاری بسیار حایز اهمیت می باشد.

تولید گاز در خمیر

فرآیند بی هوازی تخمیر قندها توســط مخمر و تولید محصــولاتی مانند گاز کربنیک و الکل را می توان به اختصــار و به شکل زیر نشان داد:

$C_6H_{12}O_6$+مخمر-----------------$2C_2H_5OH + 2Co_2$

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

اسیدهای آمینه	آلدئیدهای تولید شده
آلانین	استالدئیک
گلایسین	فرمالدئید
ایزولوسین	۲-متیل بوتانال
لوسین	ایزووالرآلدئید
متیونین	متیونال
فنیل آلانین	فنیل استالدئید
ترونین	۲-هیدروکسی پروپانال
سرین	گلایوکسال

تولید و رشد سلول‌های گاز

مرحله‌ی اختلاط در ضــمن ترکیب مواد اولیه و رشــد شــبکه‌ی گلوتنی منجر به ورود حباب‌های هوا در داخل خمیر جهت ایجاد هســته‌ی گاز دی اکســید کربن و نیز اکســیژن برای اکســیداســیون و فعالیت مخمر می‌گردد. تعداد سـلول‌های گازی بلافاصـله بعد از مخلوط کردن قابل توجه بوده و سـلول‌ها باید به اندازه‌ی کافی بزرگ باشند؛ این تعداد بین 10^{11} الی 10^{13} بر متر مکعب تخمین زده می‌شــود. گاز کربن دی‌اکســید در نتیجه‌ی فعالیت مخمر، در فاز آبی خمیر تولید می‌گردد. سپس این گاز در سرتاسر فاز آبی پخش شده، به سمت حباب‌های گاز حرکت کرده و به درون آن‌ها راه

می‌یابد. این عمل در نهایت منجر به تولید فشار زیادی می‌شود که نیروی محرکه‌ی رانشی موردنیاز برای انبساط خمیر را تامین می کند. گاز کربن دی‌اکسید امکان خروج از سلول‌های گازی را ندارد زیرا فاز آبی احاطه‌کننده‌ی این سلول‌ها اشباع است. اشباعیت فاز آبی مادامی که مخمر به تولید مقادیر بیشتر کربن دی‌اکسید ادامه می‌دهد، برقرار است. پس از گذشت مدت زمانی از شروع تخمیر، مخمر دیگر قادر به تولید سلول‌های گازی جدید در خمیر نمی‌باشد، با این حال طی مراحل مشت دادن و چانه کردن خمیر، تقسیم مجدد سلول‌ها رخ می‌دهد. در هر حال مقدار کمی از گاز می‌تواند به واسطه ی تبخیر از سطح قطعه‌ی خمیر به اتمسفر احاطه‌کننده‌ی آن منتشر شود، در نتیجه یک رهایش آهسته‌ی گاز از خمیر حاصل می‌شود. در هنگام ورآمدن، شبکه‌ی گلوتنی و مواد فعال سطحی موجود در لایه‌ی نازک مایعی که در حدفاصل گاز – خمیر واقع شده است (شامل پروتئین، چربی‌های قطبی و سورفاکتانت‌های ترکیبی) به تثبیت سلول‌های گازی کمک می کنند. کریستال‌های چربی به نگهداری گاز در مدت ورآمدن و به خصوص در هنگام پخت کمک می کنند. رشد حباب در طول ورآمدن، تحت تاثیر ۴ عامل قرار می گیرد: ۱)سرعت تولید گاز کربن دی‌اکسید به وسیله‌ی مخمر ۲)میزان گاز کربن دی‌اکسید باقیمانده در خمیر ۳) سرعت انتشار کربن دی‌اکسید از داخل فاز مایع(اشباع) نسبت به هسته‌های نیتروژن ۴)سرعت بهم آمیختگی حباب‌ها

تثبیت و نگه داری سلول‌های گاز

در مراحل پیشرفته‌ی فرآیند خمیر نان، نگه داشتن سلول‌های گازی سالم، اهمیت بسزایی برای جلوگیری از افت گاز خمیر دارد؛ که به موجب آن تولید نانی با بافت درونی روشن و هموار صورت می گیرد. در شرایط معمول پخت نان، افت اولیه‌ی گاز به آهستگی صورت می گیرد، در عین حال یک افزایش سریع در سرعت افت نسبت به پایان حجیم شدن ناگهانی خمیر در طول پخت، قابل مشاهده است. افت اولیه‌ی گاز به واسطه‌ی انتشار آن به سطح خارجی خمیر، به وسیله‌ی تبخیر ادامه یابد. درحالی که افت سریع گاز به شکست شبکه‌ی نشاسته - پروتئین که سلول‌های گازی را احاطه کرده است، نسبت داده می‌شود. تصور بر این است که در مورد اخیر با رخداد برگردانی اتصال داخلی سلول‌های گازی، شرایط فرار مستقیم گاز از خمیر فراهم شده و در نهایت ساختار حبابدار خمیر به یک اسفنج باز تغییر می‌یابد. شکست شبکه‌ی نشاسته - پروتئین تحت تاثیر افزایش سریع و زیاد ویسکوزیته‌ی خمیر رخ می‌دهد؛ این افزایش عمدتاً در نتیجه‌ی ژلاتینه شدن نشاسته صورت می گیرد. از سوی دیگر در نتیجه‌ی تغییر پیوند سولفیدریل - دی سولفید، مولکول‌های

گلوتنین پلیمریزه شـده و نتیجتا افزایش سـریع اسـترس کشـشی شبکه‌ی نشاسته - پروتئین روی حرارت را به دنبال خواهد داشت که در نهایت منجر به شکست فاز توده و فقدان نگهداری گاز می‌شود. برخی محققان تسریع افت در پایان پخت را به افزایش سـرعت پخش گاز در فاز آبی خمیر نسبت داده‌اند. در حالی که دیگران آن را ناشـی از شـکسته شدن شبکه‌ی نشاسـته - پروتئین می‌دانند. مطالعات نشـان داده اسـت که بازاء 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 ایی و با اسـتفاده از مخمر فشـرده (دارای ۲۹ درصـد ماده خشـک) که به میزان ۲ درصد وزن آرد به خمیر اضافه شده است، مقدار ۱/۷۵ تا۶/۸۲ گرم قند در هر ۱۰۰ گرم مورد نیاز اسـت. و این به معنی فعالیت مناسـب آنزیمی در آرد می باشـد، معمولاً به طور متوسـط در هر یکصـد گرم آرد حدود ۳/۵ درصـد قند مورد نیاز خواهد بود البته باید توجه نمود که برحسـب روش خمیر کردن، میزان قند مصـرفی نیز متفاوت اسـت. در صـورتی که از روش مسـتقیم اسـتفاده شود، به دلیل آن که مخمرتا حدودی تحت تاثیر فشـار و اسـترس قرار می گیرد، نمی تواند تمامی قند را به مصـرف برسـاند. به هر حال در صورتی که فرض شـود تمامی قند تبدیل به گاز گردد CO_2 حاصـله وزنی برابر با ۱/۹۵ گرم یا ۱۰× ۴/۴۴ مول خواهد داشت که این مقدار گاز در درجه حرارت ۲۸$^{\circ}$C، فضائی معادل با ۱۰۹۷سانتی متر مکعب را اشغال می نماید.

گازکربنیک تولید شده در خمیر در ۲ فاز جای می گیرد:

الف) در درون سلول های موجود در بافت خمیر

ب) به صورت محلول در فاز آبی خمیر

مقدار گاز محلول در فاز آبی خمیر، به درجه حرارت آن بسـتگی دارد. با افزایش درجه حرارت، این حلالیت کاهش می یابد. فرض بر آن اسـت که یک صـد گرم خمیر دارای ۷۱ سـانتیمتر مکعب آب اسـت که می تواند به عنوان حلال برای CO_2 عمل نماید. در pH خمیر، قسمت اعظم گاز کربنیک به صورت CO_2 و کمتر به صورت H_2CO_3 وجود دارد. بخشی از گاز، در لایه ها و غشا سـلول ها محبوس می شـود. این سلول ها و لایه ها هستند که مسئول ایجاد خواص رئولوژیکی و نگه داری گاز می باشـند. به هنگام مخلوط نمودن آب و آرد و به دلیل خاصـیت منحصـر به فرد پروتئین آرد گندم یعنی گلوتن، شـبکه سـه بعدی به وجود می آید. این گاز برای ایجاد تخلخل، پوکی، حجم و کیفیت نهایی نان اثر مهمی دارد. باید توجه نمود که بخشـی از گاز طی مراحل مختلف مانند ورز دادن ثانویه، چانه کردن و پهن نمودن خارج می شود که

مقدار آن ممکن است به حدود ۶۰ درصد هم برسد. عدم دقت در انجام صحیح هر یک از مراحل فوق، منجر به از دست دادن مقدار زیادی گاز و در نتیجه کاهش حجم خمیر و نان می شود.

اثر تخمیر بر فیتیک اسید

در سال های اخیر تهیه نان آرد کامل مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. زیرا آرد کامل حاوی مقادیر زیادی فیبر است که به دلیل خاصیت رانش خود می تواند زمان توقف مواد در دستگاه گوارش را کاهش داده و نیز جذب گلوکز را کم نماید که این امر برای بیماران دیابتی می تواند بسیار مفید باشد. در عین حال باید توجه نمود که فیبر موجود در غلات حاوی مقدار قابل توجهی ترکیبات فسفردار مانند فیتیک اسید است که مصرف زیاد آن می تواند باعث کاهش جذب بعضی کاتیون ها و دفع آن ها از بدن گردد. تحقیقات نشان می دهد که فیتیک اسید موجود در جیره های حاوی فیبر فراوان، عامل عدم جذب روی، آهن و کلسیم از مواد غذایی می باشد. فیتیک اسید با املاح و اسیدهای آمینه بازی و اسیدی از طریق جذب الکترواستاتیکی پیوند برقرارکرده و قابلیت دسترسی به آن ها را کم می کند. فیتیک اسید همچنین ترکیبی نسبتا مقاوم به حرارت بوده و در درجه حرارت پخت نان از بین نمی رود و حتی ثابت شده است که تُست کردن نان می تواند قابلیت برقراری اتصال آن را با عناصر بیشتر نماید. امروزه به چند روش، می توان اسید فیتیک را از جیره غذایی حذف نمود. و یا حداقل مقدار آن را کاهش داد. از جمله این روش ها انجام تخمیر مناسب با استفاده از مخمر می باشد که در صورت بکارگیری مخمر فشرده کاهش pH در اثر فعالیت اسید، شدیدتر می گردد. آزمایشات نشان می دهد که انجام تخمیر به مدت 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 ارتوفسفات 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 سبوس به صورت مجزا و سپس افزودن آن به ترکیب خمیر، از دیگر راه های 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 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 آن ها نیز کوتاه است، قابل توجه می باشد.

ب- تغییرات ضمن پخت نان

ژلاتینه شدن نشاسته

مهم ترین ترکیب کربوهیدراتی آرد نشاسته است که هر چند در آب سرد نامحلول است اما در محیط آبی بخشی از آن به 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 غلطک ها، به طور 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 به عهده 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 آنزیم های آمیلاز برگرانول 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 زیادی نشاسته آسیب دیده، سبب کاهش حجم، و خرابی وضعیت مغز نان و خرابی بافت و نهایتاً تنزل کیفیت آن خواهد شد. تئوری مطرح شده در این زمینه آن است که نشاسته شدیداً آسیب دیده، بیش از حد ژلاتینه شده و سطح آن به شدت 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 به هنگام پخت، سفت می شود (setting) و با پیدا کردن حالت ثابت بخشی از هوا و گاز CO_2 را در خود محبوس می نماید و بدین ترتیب به سبک تر شدن نان کمک می کند. همچنین نشاسته ژلاتینه شده با حفظ بخشی از رطوبت، باعث نرمی و تازگی نان خواهد شد که البته به مرور 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 قرارمی گیرد، تا حدودی خود را جمع کرده و تشکیل پوسته می دهد. پوسته به این دلیل 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 نهایی ، به صورت شفاف باقی می ماند. در صورتی که هدف ایجاد پوسته ضخیم تر باشد، تزریق مقداری بخار آب به درون فر لازم می باشد. این بخار، سرعت تبخیر رطوبت از سطح نان را کاهش داده و باعث افزایش ضخامت پوسته می گردد. 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 این پدیده موثرند که عبارتند از:

۱-گرم شدن گازها و افزایش حجم آن ها 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 باقی مانده 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 به صورت کاملاً گرد و با سطح کم دیده می شوند. در برخی شرایط ممکن است سلول ها و حفرات به صورت بیضوی باشند که بیانگر اعمال نیرو بر آن هاست. به هرحال آخرین مرحله پخت هنگامی است که واکنش های قهوه ای شدن به طور کامل انجام گیرند. ظهور رنگ قهوه ای در سطح به دلیل واکنش قهوه ای غیرآنزیمی یا واکنش مایلارد 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 آن که قند ها تا حدودی کاراملیزه شوند. از این رو بدیهی است که نقش کاراملیزه شدن در پیدایش رنگ قهوه ای در نان هایی که برای عمل آوری آن ها از مخمر استفاده شده، جزیی باشد.

ج- تغییرات بعد از پخت نان

تنزل کیفیت و بیاتی نان

نان هر چند هنگام خروج از تنور و فر دارای کیفیت بسیار خوبی است، اما به تدریج و به مرور زمان، مطلوبیت خود را از دست می دهد. این نوع تغییرات را درمجموع، بیاتی (staling) 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 به وجود خواهند آمد، با تغییرات مغز نان، متفاوت هستند. سفتی پوسته عمدتاً در ارتباط با حرکت رطوبت از مغز نان به طرف پوسته است. اصولا بعد از پخت نان، پوسته خشک بوده و دارای ۲ تا ۵ درصد رطوبت است ولی به مرور، 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 به دلیل تبلور مجدد نشاسته می باشد که به آن تنزل کیفیت (retrogradation) می گویند. به نظر می رسد که در این زمینه رشته های آمیلوز و در مرحله بعد آمیلوپکتین هستند (مورد اخیر به ویژه در نشاسته های مومی) که مجددا متبلور می شوند ضمن آن که افزایش کدورت مغز نان نیز ناشی از رشد همین بلور هاست. 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 و بافت نرم میشود ولی سفتی بافت بعد از آن با شدت بیشتری باز خواهد گشت.

به منظور به تاخیر انداختن بیاتی نان از عوامل و مواد مختلفی می توان استفاده نمود. سورفاکتانت ها از جمله موادی هستند که به دلیل تشکیل کمپکلس 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 نگه داری نان هم از فاکتورهای مهم در زمینه بیاتی نان می باشد. درجه حرارت های بالا، بیاتی را به تاخیر انداخته ولی درجه حرارت پایین (بالاتر از صفر)، سرعت سفت شدن را بیشتر می نماید. به هر حال بیاتی نان و حتی برخی دیگر از محصولات نشاسته ای، هنوز هم به عنوان 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 آن را 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. گلوتن 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 روش های دیگری به کار برد که از جمله آن ها استفاده از اسیدهای آلی به میزان ۰/۱ تا ۰/۳ درصد و نمک به میزان ۱/۵ تا۲ درصد در موقع خمیر کردن آرد است زیرا اسیدهای یاد شدهpH خمیر را تا حدود ۵/۲-۴/۹ 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 استفاده نمود.

فصل هشتم

ارزیابی آرد و خمیر

به منظور ارزشیابی آرد و خمیر نان و شناخت خصوصیات آن ها از روش ها و وسایل مختلفی که هر یک به گونه ای وضعیت آرد و خمیر را مشخص می نمایند، استفاده می گردد که از جمله می توان به روش های سدیمانتاسیون یا تعیین عدد رسوبی (عدد زلنی) ، میزان فعالیت آلفا آمیلاز و خصوصیات رئولوژیک اشاره نمود. با توجه به اهمیت این روش ها، نکاتی درباره آن ها ذکر می شود.

رئولوژی علمی است که به شکل‌پذیری و جریان مواد می‌پردازد. خواص رئولوژیکی خمیر، نقشی کلیدی در کنترل وزن و شکل، درهم‌آمیختن و کار کردن با خمیر، گسترش در طی پخت و کیفیت نان ایفا می‌کنند. دامنه‌ی تغییرات ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر به طور عمده از شروع مخلوط کردن خمیر تا پایان پخت می‌باشد. در زمینه‌ی دستیابی به خواص رئولوژیکی خمیر دستگاه‌های متعددی اعم از فارینوگراف، میکسوگراف، ویسکوگراف، آلوئوگراف، اکستنسوگراف، والوریگراف، رئوفرمنتومتر و دوکوردر(Do-Corder) معرفی شده‌اند.

عدد رسوبی:

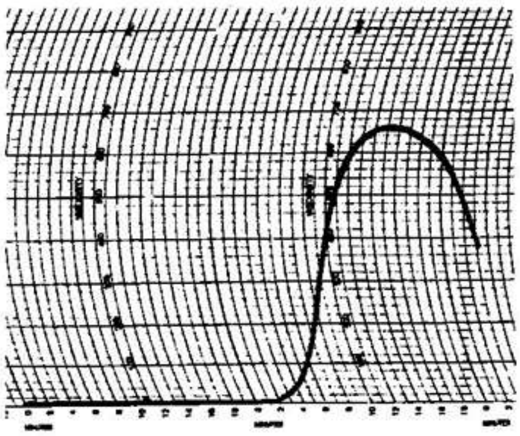
روشی است که به وسیله آن کیفیت گلوتن آرد گندم آشکار خواهد شد و مبتنی بر میزان رسوب ذرات آرد در محلول موسوم به محلولی زلنی (مخلوط ایزوپرپانل و اسید لاکتیک) است. بدیهی است که هر چه درجه هیدراته شدن ذرات در محلول فوق بیشتر باشد و به ارتفاع بالاتری دست یابند، گلوتن از کیفیت بهتری برخوردار می باشد.

فعالیت آنزیم:

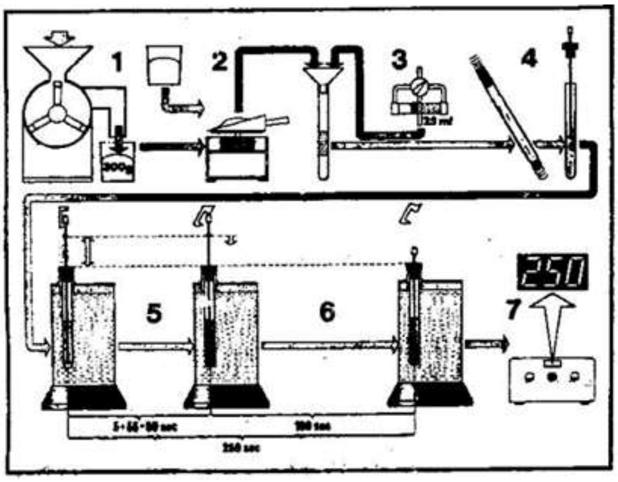
فعالیت آنزیم به شدت می تواند بر کیفیت محصول نهایی اثر بگذارد. برای تعیین این فعالیت از دو وسیله به نام های آمیلوگراف و فالینگ نامبر استفاده می گردد که اساس کار در هر دو مورد شبیه به هم است و آن عبارت است از افزایش ویسکوزیته مخلوط آب و آرد ناشی از ژلاتینه شدن نشاسته آرد در حضور حرارت و سپس بررسی نحوه کاهش ویسکوزیته تحت تاثیر فعالیت آنزیم. در شکل شماره۵۶ آمیلوگرام 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 شماره۵۷ 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 دو یا چند آرد تا نیل به فعالیت آنزیمی مناسب را محاسبه نمود. (شکل۵۸)

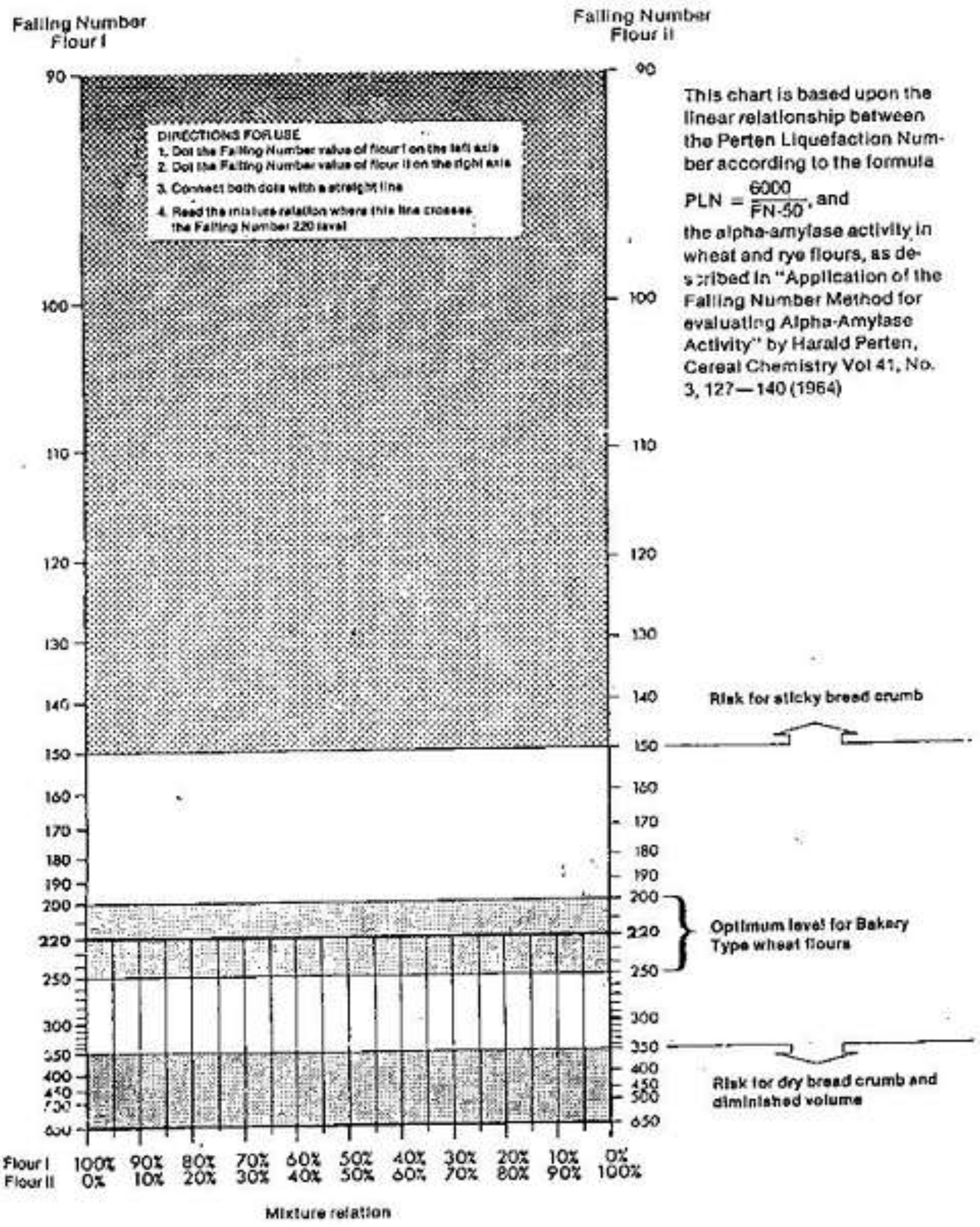
در صورتی که فعالیت آنزیمی آرد پایین باشد، لازم است برای اصلاح آن مقداری آنزیم به آرد افزوده شود که در این حالت معمولا پودر مالت در حد ۱ درصد به آرد اضافه می شود.(یعنی ۰,۰۷ گرم پودر مالت با ۶,۹۳ گرم آرد مخلوط شود). در مرحله بعد فالینگ نامبر آرد بدون مالت بر روی محور سمت چپ و فالینگ نامبر آرد حاوی یک درصد پودر مالت بر روی محور سمت راست مشخص می شوند. از اتصال این دو نقطه به یکدیگر و محل تقاطع این خط با خط ۲۲۰ ، براحتی می توان درصد استفاده از هر یک از این دو آرد را بدست آورد. بدیهی است آرد جدید دارای فالینگ نامبر ۲۲۰ خواهد بود.(شکل۵۹)



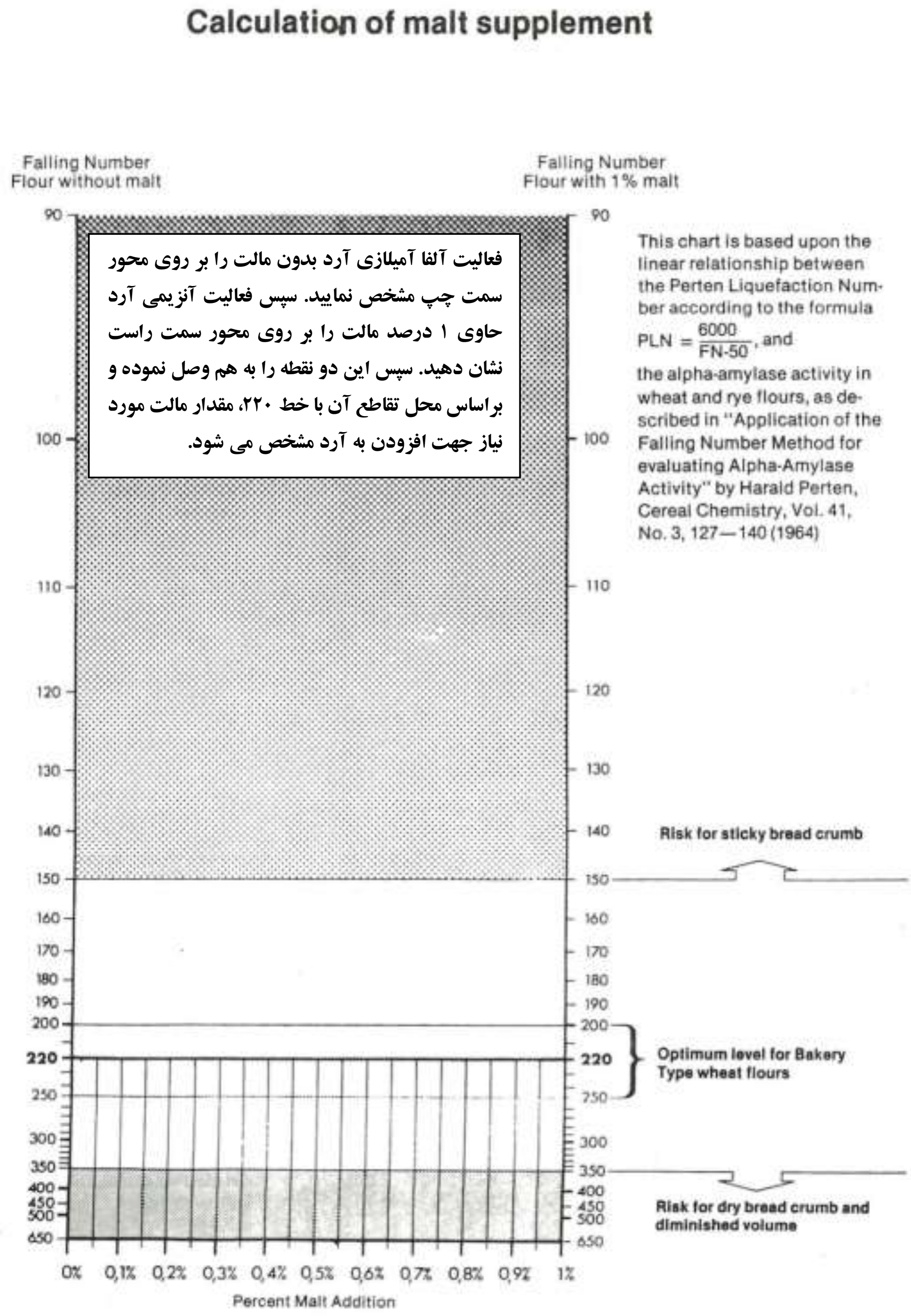
شکل۵۶- منحنی آمیلوگرام



شکل ۵۷- مراحل مختلف کار با دستگاه فالینگ نامبر



شکل۵۸- چارت تعیین نسبت مخلوط کردن آردهای مختلف تا نیل به فعالیت آمیلازی مناسب:



شکل ۵۹-نحوه محاسبه مقدار مالت مورد نیاز جهت اصلاح آنزیمی آرد

خصوصیات رئولوژیکی:

در این زمینه از دستگاه های مختلفی مانند ماچوروگراف (Maturograph) ، میکسوگراف (Mixograph)، فارینوگراف (Farinograph) و اکستنسوگراف (Extensisgraph)، آلوئوگراف(Alveograph) آکه هر یک به نوعی این نوع خصوصیات را ارزیابی می نمایند استفاده می شود که به دو مورد اخیر اشاره می شود.

الف- آلوئوگراف

آزمون آلوئوگرافی از انواع جدید آزمون‌های رئولوژیکی می‌باشد که ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر حاصل از مخلوط کردن آرد و آب‌نمک را طی تغییر شکل ارزیابی می کند. در این روش یک قطعه خمیر گِرد در معرض جریان ثابت هوا قرار می گیرد؛ در ابتدا مقاومت نشان می‌دهد و سپس بر اساس قابلیت کشش و گسیختگی به صورت یک حباب متورم می‌شود. تغییرات در خمیر به صورت یک منحنی رسم شده که آلوئوگرام نامیده می‌شود. دستگاه آلوئوگراف در دهه ۱۹۲۰ به عنوان یک ابزار تجربی برای اندازه‌گیری کیفیت آرد ابداع گشت. اساس کار این دستگاه بر این است که ابتدا ورقه‌ای گرد و صاف (سکه مانند) از خمیر تهیه و مدتی به آن استراحت داده می‌شود و سپس در محل مخصوصی از دستگاه قرار می گیرد. پس از آن، دستگاه شروع به کار کرده و با فشار هوا ورقه را به شکل حباب در می‌آورد. مقدار فشار لازم برای باد کردن حباب توسط دستگاه اندازه‌گیری می‌شود. به نظر می‌رسد که ایده طراحی این دستگاه، شبیه‌سازی انبساط حباب‌های گاز خمیر در طی فرایند تخمیر است. با در نظر گرفتن آلوئوگرام خمیر نان، در نگاه اول چنین به نظر می‌رسد که آلوئوگرام یک منحنی نیرو-زمان و یا بارگذاری-کشش است که مشابه منحنی‌های حاصل از اکستنسوگراف یا سایر دستگاه‌های مشابه می‌باشد. اما واقعیت این نیست، چرا که اکستنسوگراف خمیر را در جهت یک محور تحت کشش قرار می‌دهد، در حالی که آلوئوگراف ورقه‌ی خمیر را در دو جهت(دو محور) عمود بر هم تحت کشش قرار می‌دهد. مزیت این نحوه‌ی عمل دستگاه این است که مشابه سامانه‌ی خمیر می‌باشد، زیرا حباب‌های موجود در خمیر در هنگام تخمیر از دو جهت (دو محور) تحت فشار گاز قرار گرفته و اتساع می‌یابند.

پارامترهایی که از آزمون آلوئوگرافی حاصل می‌شود مشتمل بر عدد بیشینه‌ی فشار (pressure)، میانگین طول در نقطه‌ی پارگی (Length)، شاخص تورم (G)، انرژی تغییر شکل (W)، نسبت (P/L) و اندیس الاستیسیته(I.e.) می‌باشد. در ادامه به شرح هریک از این پارامترها می‌پردازیم.

۱- پارامتر P: این عدد معادل بیشترین فشار[1] موردنیاز برای ترکیدن حباب خمیر[2] است که با بیشینه‌ی فشار حباب[3] رابطه‌ی مستقیم دارد. این عدد شاخص سفتی خمیر بوده و نشان‌دهنده‌ی میزان مقاومت خمیر در برابر تغییر شکل است. نمونه‌های آرد با مقادیر بالاتر این پارامتر مناسب برای تهیه‌ی نان بوده و آنهایی که واجد مقدار پایین‌تری از این پارامتر هستند برای تهیه‌ی بیسکویت انتخاب می‌شوند.

۲- پارامتر L: این پارامتر در منابع به دو صورت تعریف می‌گردد. در یکی از تعاریف برابر با مدت زمان مورد نیاز برای ترکیدن حباب خمیر است و در تعریف دیگر معادل بیشترین حجم هوایی است که حباب قادر به نگهداری آن می‌باشد. این پارامتر بر روی منحنی آلوئوگرام، مقدار طول منحنی در نقطه‌ی پارگی می‌باشد و بر حسب میلی‌متر روی خط صفر اندازه‌گیری می‌شود. این فاکتور معیاری از قابلیت کشش و توسعه‌پذیری خمیر است.

۳- پارامتر G: یا شاخص تورم، معادل مقدار ریشه‌ی دوم حجم هوای لازم برای متورم شدن حباب خمیر تا زمان ترکیدن بوده و بر حسب میلی‌لیتر بیان می‌شود. این شاخص در ارتباط با اندازه‌ی حباب خمیر می‌باشد.

۴- پارامتر W: معادل انرژی لازم برای ترکاندن حباب خمیر است که با محاسبه‌ی سطح زیر منحنی بدست می‌آید و بر حسب ژول بیان می‌شود. این شاخص معیاری از قوت آرد و نشانگر استقامت پخت خمیر می‌باشد. مقادیر بالای این پارامتر(بیشتر از ۱۷۰ ژول) در آردهای قوی مشاهده می‌گردد که مخصوص تهیه‌ی نان هستند. آردهایی که انرژی تغییر شکل آن ها بطور چشمگیری کم است(محدوده ی ۸۰ تا ۱۲۰ ژول) برای تهیه‌ی بیسکویت مناسب هستند.

---

[1] فشار هوایی که به درون خمیر دمیده می شود

[2] حباب ایجاد شده در اثر دمیدن هوا درون قطعه ی خمیر

[3] فشار داخلی حباب خمیر

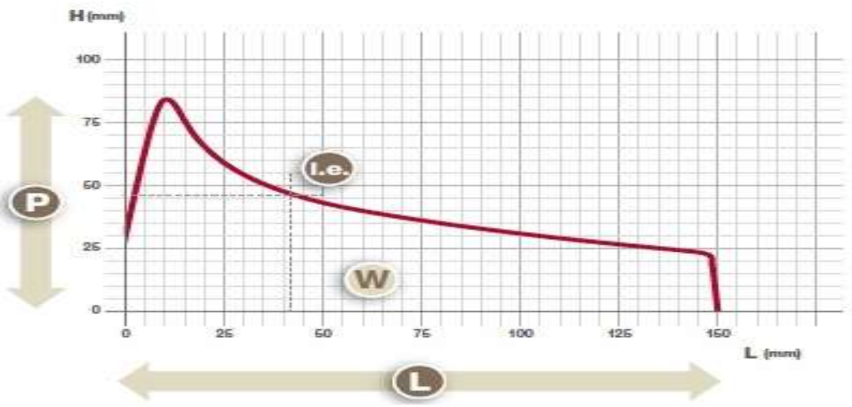
۵- نسبت (P/L): این عدد برابر با نسبت ارتفاع منحنی به طول آن است که شکل یا ترکیب منحنی نامیده می‌شود. این پارامتر نشان‌دهنده‌ی تعادل ویژگی‌های الاستیک و ویسکوز در خمیر است. مقادیر پایین این نسبت به معنای خمیری با کشش‌پذیری بسیار زیاد و مقاومت محدود است.

۶- اندیس .I.e: اندیس الاستیسیته برابر با حاصل تقسیم P۲۰۰ به P می باشد؛ که در آن P۲۰۰ معادل فشار در ۴ سانتی متر پس از شروع منحنی آلوئوگرام است. این اندیس شاخصی از وضعیت الاستیک خمیر است.

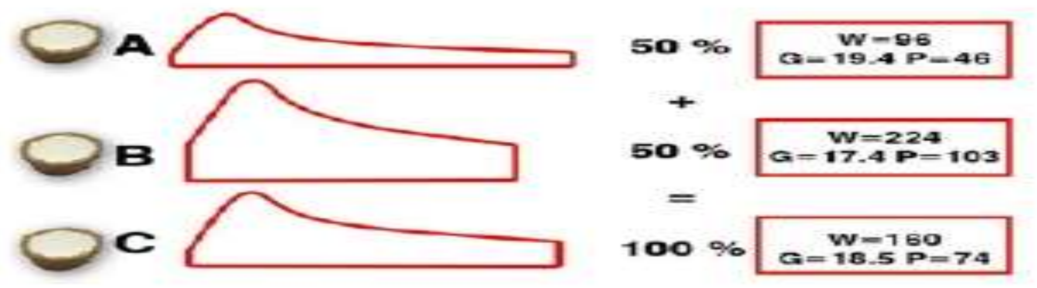
پروتکل آزمون آلوئوگرافی

۲۵۰ گرم آرد توزین شده و بر حسب درصد رطوبت آرد، آب‌نمک ۲/۵ درصد افزوده گشته و در مخلوط کن دستگاه در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد همزده می شود. سپس خمیر حاصله به ۵ قطعه‌ی گِرد تقسیم شده و هر یک از قطعات بطور جداگانه در محفظه‌ی دستگاه قرار داده شده تا درون آن هوا دمیده شود. با روشن کردن دستگاه خمیر هوادهی می‌شود و مانومتر شروع به ثبت منحنی می کند و تا ترکیدن حباب خمیر، ثبت داده را ادامه می‌دهد. در نهایت ۵ منحنی آلوئوگرام حاصل می‌شود که انواع غیرنرمال حذف می گردد. آزمون آلوئوگرافی با تبعیت از استانداردهای AACC ۵۴-۳۰، AACC ۵۴-۵۰، ICC ۱۲۱ و ICC ۱۷۱ صورت می گیرد.

شکل ۶۰- دستگاه آلوئوگراف

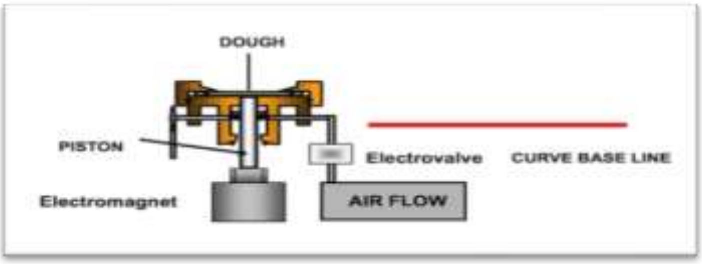


شکل ۶۱- آلوئوگرام و پارامترهای مربوط به آن

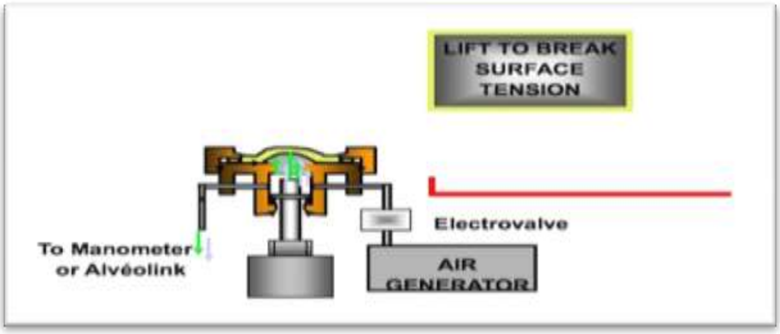


شکل ۶۲

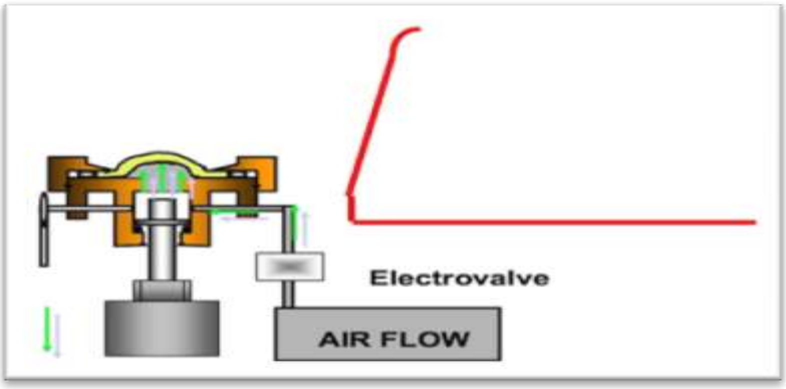
شکل فوق(شکل ۶۲) مربوط به آلوئوگرام و پارامترهای آلوئوگرافی سه نمونه آرد است که نمونه‌های اول و دوم به لحاظ پارامترهای مربوطه، در وضعیت ایده‌آلی قرار ندارند؛ لذا با مخلوط کردن آن‌ها، آرد سوم بدست آمده که آلوئوگرام آن تعدیل شده است. بدین ترتیب می‌توان از این دستگاه جهت دستیابی به مخلوط بهینه‌ی چند نمونه‌ی آرد نامطلوب استفاده کرد. در شکل‌های ذیل نحوه‌ی عملکرد دستگاه آلوئوگراف، اجزای آن و شیوه ی رسم آلوئوگرام به صورت شماتیک نمایش داده شده است:



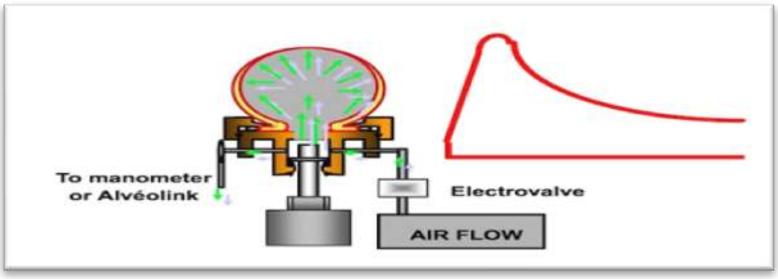
شکل ۶۳ -(۱)



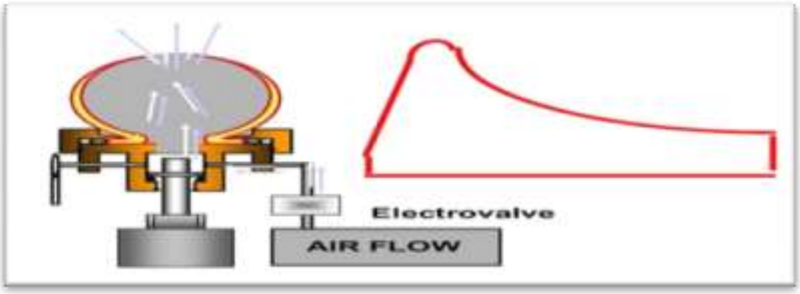
شکل ۶۴ -(۲)



شکل ۶۵- (۳)



شکل ۶۶- (۴)



شکل ۶۷- (۵)

ب- رئوفرمنتومتر

آزمون رئوفرمنتومتر در باب نقش عملکردی خمیر با عطف به دو موضوع توسعه‌ی خمیر و توانایی گازدهی آن درحین تخمیر اطلاعات می‌دهد. در حقیقت این دستگاه به تعیین مقادیر حجم نمونه و گاز CO_2 و ظرفیت نگهداری گاز در خمیر پرداخته و تلاشی شبکه پروتئینی خمیر در پروسه‌ی تخمیر را ارزیابی می‌کند. در این روش نمونه‌ی خمیر بلافاصله پس از فرآیند اختلاط در دستگاه قرار می‌گیرد و سپس روی آن یک وزنه واقع می‌شود و در نهایت درب دستگاه بسته شده و رصد کردن ویژگی‌ها توسط دستگاه آغاز می‌گردد. اساس کار این روش بر مبنای اندازه‌گیری تغییرات فشار هوای موجود در بالای خمیر است و از سویی فشار گاز CO_2 رهاشده از خمیر نیز اندازه‌گیری می‌شود. حاصل اندازه‌گیری دستگاه به صورت دو نمودار توسعه‌ی خمیر و رهایش گاز ارائه می‌گردد. حجم نهایی در فرآورده‌های پخته‌شده به حجم CO_2 تولید شده بوسیله‌ی مخمر و ویژگی‌های رئولوژیکی خود خمیر بستگی دارد. رئوفرمنتومتر قادر است تنها در یک تست، تولید و ابقای CO_2 را در حین تخمیر اندازه‌گیری نماید. در حقیقت دستگاه رئوفرمنتومتر با هدف سنجش رفتار خمیر در حین فرآیند تخمیر ابداع شده است؛ که برای کاربر امکان بهینه‌یابی زمان تخمیر، تعیین زمان بهینه برای شروع پخت در آون و انتخاب و تنظیم فعالیت مخمرها را ایجاد می‌کند. بوسیله‌ی آزمون با این دستگاه می‌توان به چهار پارامتر اساسی دست یافت: توسعه‌ی خمیر، تخلخل خمیر و نشت‌پذیری آن، تولید گاز به سبب فعالیت مخمر، و قدرت تحمل خمیر در طول ورآمدن. رئوفرمنتومتر واجد یک محفظه‌ی غیر قابل نفوذ به هوا می‌باشد که از نظر دما کنترل شده است؛ دستگاه هر ۴۵ ثانیه یک بار فشار خمیر موجود در محفظه را اندازه می‌گیرد. یک حسگر در بالای بخش قرارگیری خمیر واقع شده، که توسعه و پایداری خمیر را نشان می‌دهد و از این طریق بهینه‌ی زمان پخت تعیین می‌گردد.

پارامترهای بدست آمده از آزمون رئوفرمنتومتری شامل حداکثر ارتفاع (توسعه) خمیر (H_m)، حداکثر رهایش گاز در لحظه (H')، میزان توسعه در پایان زمان آزمون (h)، حجم گاز رها شده (Vl)، حجم گاز حفظ شده (Vr)، حجم کل گاز تولید شده (Vt)، زمان رسیدن به حداکثرتوسعه خمیر (T)، زمان رسیدن به حداکثر رهایش گاز در لحظه (T') می‌باشد. در میان پارامترها واحد مواردی که به ارتفاع اشاره دارند میلی‌متر، مواردی که به حجم اشاره دارند میلی‌لیتر و زمان‌ها دقیقه می‌باشد. مواردی که به حجم گاز اشاره دارند از طریق محاسبه‌ی سطح زیر نمودارها حاصل می‌گردند.

فاکتورهایی که از نمودار توسعه خمیر بدست می‌آیند شامل:

۱- فاکتور h: میزان توسعه در پایان زمان آزمون است.
۲- فاکتور H_m: بیشینه‌ی ارتفاع منحنی خمیر(معادل بیشینه‌ی توسعه‌ی خمیر) است که در ارتباط با حجم نان می‌باشد.
۳- فاکتور T: مدت زمانی است که منحنی توسعه به ماکزیمم ارتفاع خود می‌رسد. این فاکتور در ارتباط با فعالیت مخمر بوده و با آن رابطه‌ی غیرمستقیم دارد.
۴- فاکتور ΔT: یا بیشینه‌ی زمان پایداری نسبی که حاصل $T_2-T'_2$بوده و در ارتباط با تحمل خمیر و زمان بهینه‌ی شروع به پخت است.
فاکتورهایی که از نمودار رهایش گاز بدست می‌آیند:

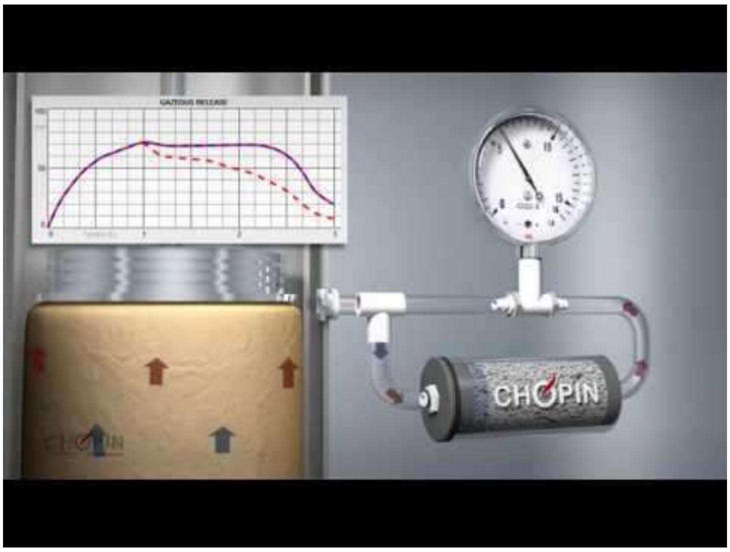
۱- فاکتور H': نقطه‌ای است که نمودار در انتهای زمان آزمون به آن می‌رسد.
۲- فاکتور T': برابر با مدت زمان دستیابی به نقطه‌ی ماکزیمم نمودار است.
۳-فاکتور T_x: زمان پیدایش تخلخل در خمیر بوده و نشانگر زمانی است که خمیر شروع به رهایش گاز می‌کند. هر قدر این فاکتور مقدار کمتری داشته باشد، خمیر مقاومت بیشتری داشته و قدرت نگهداری گاز آن بالاتر است.
۴- H_m-h/H_m: این فاکتور درصد افت توسعه پس از ۳ ساعت بوده و با T_1 مقایسه می‌گردد.
۵- فاکتور Vr: حجم گاز حفظ شده درون خمیر است که با محاسبه‌ی سطح زیر نمودار رهایش، حاصل می‌شود(A_1). هرقدر حجم گاز باقیمانده در خمیر بیشتر باشد، نان حاصل از کیفیت بهتری برخوردار بوده و حجم بیشتری خواهد داشت.
۶- فاکتور Vl: برابر با حجم گازی است که از خمیر خارج می‌شود(سطح A_2). این فاکتور به طور مستقیم با طبیعت متخلخل خمیر در ارتباط است و با کیفیت شبکه‌ی پروتئینی آن رابطه‌ی غیرمستقیم دارد.
۷- فاکتور V_t: کل مقدار گاز تولید شده است که در رابطه با فعالیت مخمر می‌باشد؛ حجم کل گاز تولید شده حاصل مجموع دو حجم نامبرده‌ی قبلی است (A_1+A_2).
۸- ضریب R: با بدست آوردن ضریب رگرسیون منحنی می‌توان درصد حجم گاز باقیمانده درون خمیر و حجم کل گاز تولید شده در طول آزمون را مقایسه نمود.

پروتکل آزمون رئوفرمنتومتری

با توجه به دستورالعمل پیشنهادی دستگاه، از هر نمونه آرد، خمیر تهیه می‌گردد(۱/۲ درصد مخمر، ۲ درصد نمک و برحسب عدد جذب فارینوگراف، آب). سپس یک قطعه‌ی ۳۱۵ گرمی از خمیر بلافاصله بعد از مرحله‌ی اختلاط درون محفظه‌ی دستگاه قرار داده می‌شود. پس از قرارگیری خمیر در دستگاه، یک وزنه‌ی ۵۰۰ گرمی(از اجزای دستگاه) بر روی خمیر قرار گرفته و درب دستگاه بسته می‌شود. پس از آن فرایند تخمیر در دمای ۲۸/۵ درجه و به مدت ۲ الی ۳

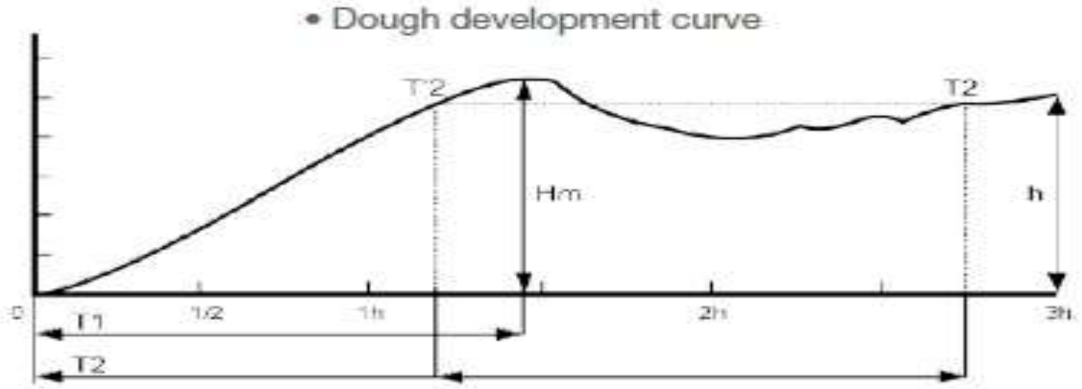
ساعت مورد بررسی قرار می‌گیرد. حاصل بررسی دستگاه دو نمودار است که یکی مربوط به توسعه‌ی خمیر و دیگری با تولید و رهایش گاز در ارتباط است. رئوفرمنتومتر از استاندارد AACC ۸۹-۰۱,۰۱ برای اندازه‌گیری فعالیت مخمر و تولید گاز تبعیت می‌کند.

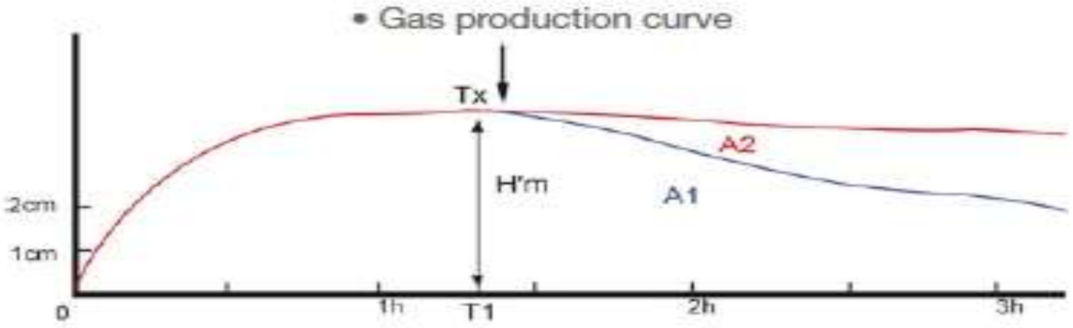
شکل ۶۸- دستگاه رئوفرمنتومتر



شکل ۶۹

شکل فوق نحوه‌ی عملکرد دستگاه رئوفرمنتومتر را نمایش می‌دهد. بدین ترتیب که فشار سنج به طور مستقیم فشار هوای بالای خمیر را قرائت می‌کند و از سویی به طور غیر مستقیم و با عبور از یک واسط شیمیایی، فشار گاز کربن‌دی‌اکسید را ثبت می‌نماید

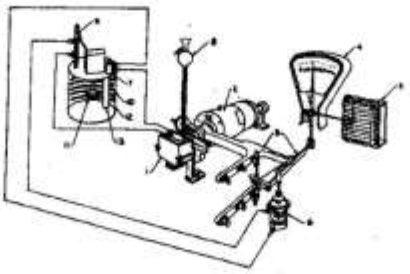




شکل۷۰- نمودارهای حاصل از دستگاه رئوفرمنتومتر و پارامترهای مربوطه

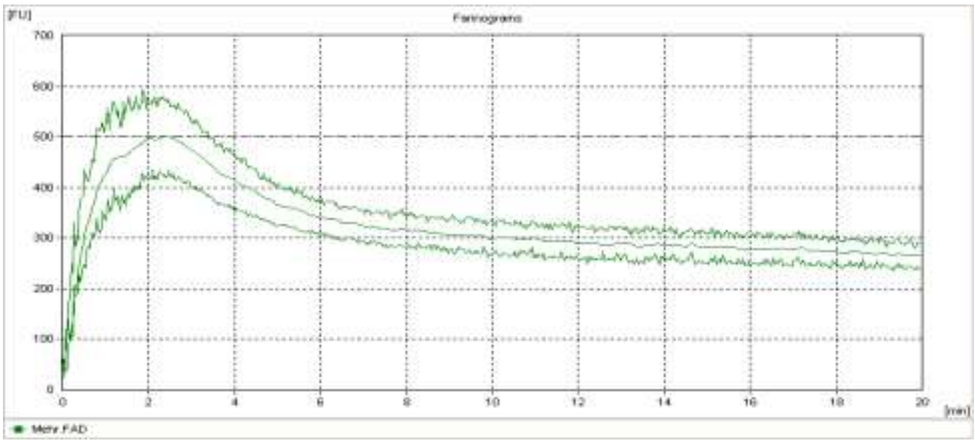
ج- فارینوگراف

فارینوگراف وسیله ای جهت سنجش خصوصیات فیزیکی- دینامیکی آرد بوده و اساساً نوعی مخلوط کن به شمار 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 به آرامی و به صورت ممتد به هم زده شده و مقاومت آن در مقابل حرکت تیغه ها به بخشی از دستگاه به نام دینامومتر که خود به بازو و سیستم سنجش و یک ثبات که قادر به رسم منحنی است ، منتقل می گردد. دستگاه همان گونه که در شکل شماره ۷۱ 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 به منظور 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.

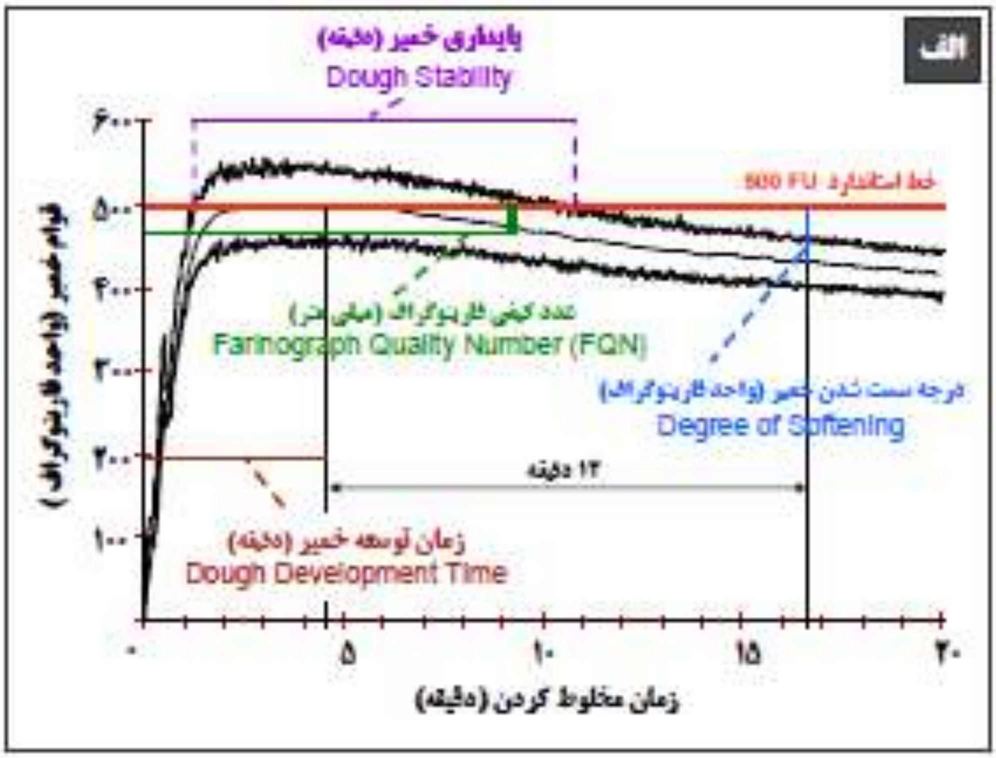


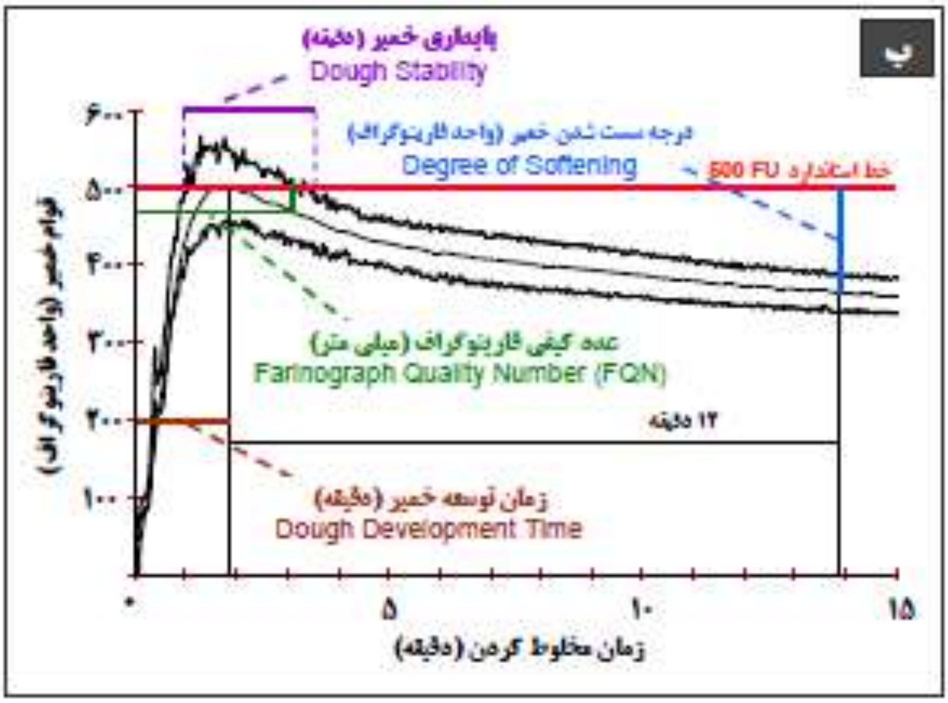
شکل ۷۱-بخش های مختلف دستگاه فارینوگراف

منحنی حاصـل از دستگاه فارینوگراف ، فارینوگرام نامیده می شود (شکل ۷۲). برای تفسیر فارینوگرام، شاخص های چندی مورد بررسی قرار می گیرند که به شرح تعدادی از آن ها پرداخته می شود.



شکل۷۲- منحنی فارینوگرام





۱-زمان دستیابی(Arrival time)

مدت زمانی که طی آن منحنی به خط مورد نظر (معمولاً ۵۰۰ برابندر) می رسد و نشان دهنده سرعت نفوذ آب در ذرات آرد است. یعنی هر چه این زمان کوتاه تر باشد ذرات آرد، آب را سریع تر جذب نموده اند. معمولاً در یک رقم خاص 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 آن را مجموع زمان های دستیابی و مقاومت خمیر دانست و هر چه این زمان طولانی تر باشد، آرد قوی تر است.

۳- زمان گسترش خمیر(Dough Development time)

مدت زمانی است که طی آن خمیر به حداکثر قوام خود و یا به عبارت دیگر کمترین تحرک، می رسد و می توان آن را به صورت نقطه ای که بلافاصله بعد از آن ، اولین علایم 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، به طوری 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 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. به عبارت دیگر هر قدر، عرض منحنی کمتر شود، مقاومت آرد نیز کمتر خواهد بود.

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

فاصله مرکز منحنی از خط مورد بعد نظر از ده یا بیست دقیقه را گویند و برحسب واحد برابندر بیان می شود. گاهی نیز آن را 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(Mixing Tolerance Index) (MTI)

تفاوت مابین قسمت بالای منحنی در نقطه اوج با قسمت بالای 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. به هر حال آردهایی 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 Breakdowm)

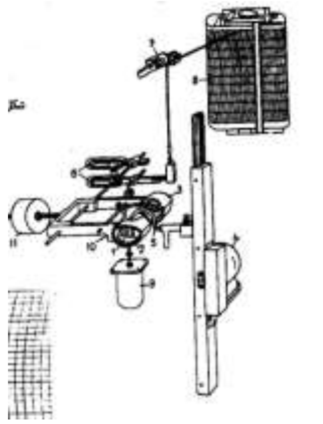
از جمله جدیدترین شاخص هایی است که از منحنی فارینوگرام بدست می آید و آن عبارت است از زمانی که طی آن مرکز منحنی به اندازه ۳۰ واحد برابندر از خط مورد نظر فاصله می گیرد. برای تعیین آن یک خط افقی به اندازه۳۰ واحد برابندر پایین تر از خط مورد نظر رسم می شود. این خط در نقطه ای مرکز منحنی را قطع خواهد نمود. فاصله این نقطه با شروع مخلوط نمودن آب و آرد را زمان شکست می نامند. در منحنی فارینوگرام که در شکل شماره۵۶ دیده می

شود مقادیر هر شاخص به صورت زمان دستیابی۲/۵دقیقه ، 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، تعیین شده اند.

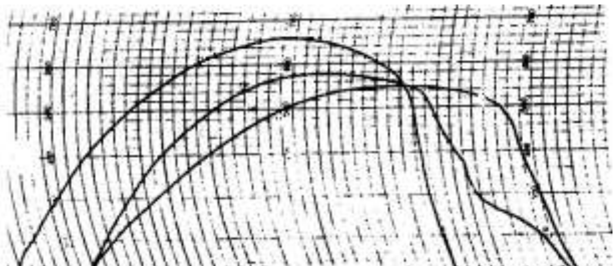
۵-اکستنسوگراف

وسیله ای است که با کشیدن خمیر تا هنگام پاره شدن، خصوصیاتی مانند مقاومت به کشش را اندازه گیری می نماید. همان گونه که در شکل شماره ۷۳ دیده می شود دستگاه از چندین قسمت تشکیل شده است. خمیر که ابتدا به صورت لوله در آمده در یک محفظه قرار گرفته و دو سر آن توسط گیره هایی 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 این 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).

در زمینه تفسیر اکستنسوگرام (شکل۷۴) نیز چند شاخص وجود دارد که در ارزیابی وضعیت خمیر نقش مهمی داشته و حتی در مواردی تحت تاثیر مواد اضافه شده به خمیر و یا تیمار های انجام شده قرار می گیرند.



شکل۷۳-بخش های مختلف دستگاه اکستسوگراف



شکل۷۴-منحنی اکستنسوگرام در سه زمان مختلف

۱-مساحت یا انرژی (Area)

سطح زیر منحنی را می گویند و به وسیله پلانی متر 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 برحسب واحد برابندر بیان می شود. مقاومت در ۵ دقیقه را با $R_۵$ و در نقطه حداکثر با R_{max} نشان می دهند.

۳-قابلیت کشش خمیر(Extensisbility)

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 ۷۴ اکستنسوگرام یک آرد در سه زمان ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ دقیقه تخمیر ، دیده می شوند. در این منحنی مقادیر هر شاخص عبارتند از:

۱۳۵دقیقه	۹۰دقیقه	۴۵دقیقه
R_{max}=۶۶۰BU	R_{max}=۵۸۰BU	R_{max}=۵۴۰BU
E=۱۸۷ mm	E=۱۹۷ mm	E=۲۰۹ mm
A=۱۶۴ $Cm^۲$	A=۱۵۱ $Cm^۲$	A=۱۵۳ $Cm^۲$
D=۳/۵۲$Cm^۲$	D=۲/۹۴	D=۲/۵۸

اصول عمل آوری و تولید گاز در خمیر توسط(Baking Powder (BP:

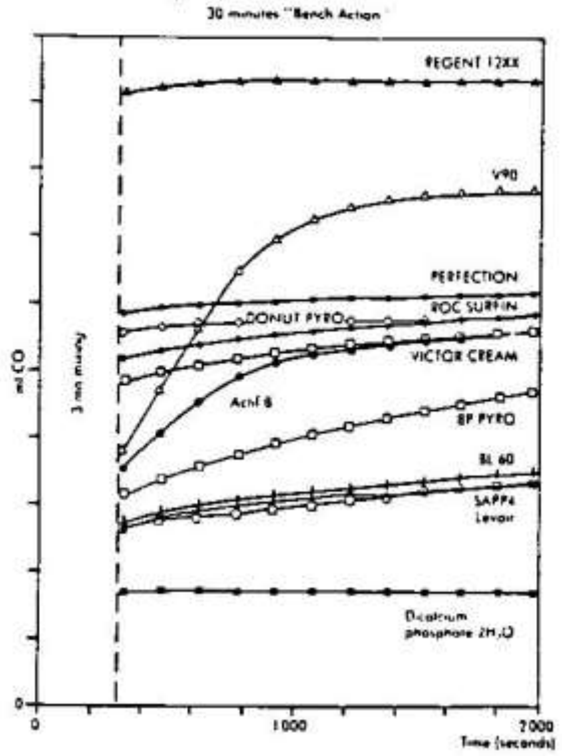
عمل آوری خمیر به فرآیند ورآمدن و تولید گاز در خمیر کیک batter و یا مخلوط های مشابه گفته می شود و طی آن محصول نهائی ساختاری متخلخل پیدا نموده و بافت و طعم و مزه آن در مقایسه با محصولات فطیر (ورنیامده) بهبود چشمگیری می یابد. مواد شیمیایی عمل آورنده که امروزه در ترکیبBP مورد استفاده قرار می گیرند، براساس واکنش بیکربنات سدیم قلیایی و نمک یک اسید و تولید گاز$CO_۲$، 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 شـود که به آن اصـطلاحاً bench action یا فعالیت در دوره اسـتراحت گفته می شـود. هر چند هر اسیدی می تواند در واکنش با بی کربنات سدیم، تولید گاز بنماید، اما انتخاب نهایی اسید به عواملی مانند سرعت آزاد شدن گاز ، تناسب آن با محصول و بالاخره مدت زمان مخلوط کردن، ور آمدن و پخت محصول دارد. به همین دلیل در بعضـی موارد مانند pancake اسـیدی انتخاب می شـود که واکنش آن با بی کربنات صـرفاً تحت تاثیر حرارت و در زمان نسـبتاً کوتاه صـــورت گیرد و واکنش کمتر تحت تاثیر رطوبت باشـــدتا به این ترتیب خمیر در دوره اسـتراحت، سـیالیت خود را حفظ نماید. بالعکس در مورد خمیر کیک *batter* که پخت آن نیم سـاعت و یا بیشتر به طول می انجامد اثر اسـید در هنگام پخت باید به کندی صـورت گیرد تا بدین ترتیب بافت کیک فرصـت شکل گیری و تثبیت (set) را پیدا نماید.

انتخاب اسید و عوامل موثر بر این انتخاب:

تولید گاز، سـرعت تولید گاز، عدد خنثی *(neutralizing value)* و pH محصـــول نهائی از عواملی هســـتند که در این رابطه قابل بحث و بررسـی می باشـند. قبلاً ذکر شد که هر نوع اسیدی به هنگام واکنش با بیکربنات سدیم (جوش شیرین) قادر به تولید گاز می باشـد و از این رو انواع اسـیدها 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 تشـکیل دهنده خمیر، مقدار رطوبت، pH و غیره بسـتگی دارد. سـرعت تولید گاز در خمیر را معمولاً به صـورت درصـد گاز $CO_۲$ آزاد شـده پس از مخلوط نمودن خمیر بمدت ۲ دقیقه بیان و به آن dough rate reaction (DRR) گفته می شـود. باید توجه نمود که انتخاب اسید، بستگی به نوع محصول، ترکیب آن، روش تهیه و از همه مهمتر، توانائی اسـید در تولید گاز در زمان مناسـب دارد.بررسی نحوه تولید گاز به هنگام مخلوط نمودنmixing و یا استراحت bench action می تواند به شـناخت چگونگی اثر اسـیدهای مختلف، کمک بسـیاری بنماید (شـکل۷۵). همان گونه که در شـکل۷۵ مشاهده می شود، ترکیبی با نام تجارتی V۹۰ (منوکلسیم فسفات) در دوره استراحت مقدار زیادی گاز تولید می کنـد، حال آن که *SAPP*۴ (سـدیم اسـید پیروفسـفات) در همین دوره گازچندانی تولید نخواهد نمود. به عبارت دیگر

ترکیب اخیر، بیشــتر در حین پخت و تحت تاثیر حرارت، گاز تولید می نماید. نکته ای که در این میان جالب اســت، این می باشد که DRR هر دو تقریباً یکسان است (جدول۱۱).



شکل۷۵-نحوه آزاد شدن گاز دی اکسید کربن در خمیر

فاکتور بعدی که باید بدان اشاره نمود، عدد خنثی است و آن عبارت است از عددی که بیانگر نسبت بی کربنات سدیم بر حسب گرم یا کیلوگرم مورد نیاز جهت انجام واکنش با ۱۰۰ گرم یا کیلوگرم اسید و تبدیل آن به گاز $CO_۲$ می باشـد. بنابراین در صـورتی که ۱۰۰ کیلوگرم اسید جهت خنثی نمودن ۵۰ کیلوگرم بی کربنات سدیم مورد نیاز باشد، عدد خنثی بدین ترتیب محاسبه خواهد شد.

$$N.V.=\frac{a}{b}\times ۱۰۰$$

که در آن:

a:کیلو گرم بیکربنات سدیم خنثی شده

b: کیلو گرم اسید مصرفی

ارزش عملی این فرمول در آن اسـت که می توان بوسـیله آن مقدار اسـید لازم (با عدد خنثی مشخص درجدول۱۲) جهت بی اثر نمودن مقدار معینی جوش شیرین را تعیین نمود.

جدول۱۱-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	$CH_3CHOHCOOH$ (lactic acid)	Almost all	All bread or dough mixtures
Buttermilk	$CH_3CHOHCOOH$ (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)	$KHC_4H_4O_6$ (Potassium bitartrate) (Potassium acid tartrate)	About 70%	All mixtures
Tartaric acid with cream of tartar (1845-1850)	$[CH(OH)COOH]_2$	70-80%	General
Crude monocalcium phosphate, monohydrate, used in baking powders	Made of acidulated bone ash (contained free H_3PO_4)	60-70%	General
Sodium aluminium sulfate (1885)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot Na_2SO_4 \cdot 24H_2O$	None	General
Vinegar (usually with molasses) (early 1900's)	CH_3COOH (acetic acid)	100%	General
Sodium acid pyrophosphate (SAPP) (early 1900's)	$Na_2H_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$	Variable	General
Dried buttermilk or powdered cultured skimmed milk (1916)	$CH_3CHOHCOOH$ (lactic acid)	100%	All mixtures in which a buttermilk flavor is desired
PERFECTION®	$Na_2H_2P_20_7$ (Sodium acid) pyrophosphate - high purity	40%	Chiefly to speed reaction of slower acting SAPP's
DONUT PYRO®	$Na_2H_2P_2O_7$ (Sodium acid pyrophosphate)	36%	Prepared doughnut mixes for automatic machines
VICTOR CREAM®	$Na_2H_2P_2O_7$ (Sodium acid pyrophosphate)	32%	Varied; used in many prepared mixes
B.P. PYRO®	$Na_2H_2P_2O_7$ (Sodium acid pyrophosphate)	28%	Refrigerated canned biscuit doughs, baker's high-strength baking powder and baking cream
SAPP4	$Na_2H_2P_2O_7$ (Sodium acid pyrophosphate)	22%	Canned biscuits; especially effective when used in combination with LEVAIR
REGENT® 12XX (1937)	$CaH_4(PO_4)_2 \cdot H_2O$ (Monocalcium phosphate, monohydrate)	60%	Pancake mixes (often with V-90), cookie mixes, bread improvers, double-acting baking powders
V-90® (1939)	$CaH_4(PO_4)_2$ (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.	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	0%	Usually formulated with MCP or LEVAIR to adjust pH
LEVAIR® (1951)	$NaH_{14}Al_3(PO_4)_8 \cdot 4H_2O$ (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
actif-8®	Combination of Sodium aluminium phosphate, acidic and V-90 (above)	23%	Self-rising flour

he following list gives a brief systematic utline of typical leavening agents, ncluding 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 commun use today

جدول۱۲- عدد خنثی در برخی انواع اسیدهای مورد استفاده در پودر نانوایی

فسفاتها (نام تجاری)	نام شیمیایی	عدد خنثی	مقدار اسید مورد نیاز (کیلوگرم)	pH محصول نهایی
Regent ® ۱۲XX	منوکلسیم مونوفسفات هیدراته	۸۰	۱۲۵/۰	۷/۶ تا ۷/۳
VqO ®	منوکلسیم منوفسفات بدون آب	۸۳	۱۲۰/۵	۷/۶ تا ۷/۳
PERFECTION ®	سدیم اسید پیروفسفات	۷۲	۱۳۸	۸/۳ تا ۷/۷
DONUT PYRO ®	سدیم اسید پیروفسفات	۷۲	۱۳۸	۸/۳ تا ۷/۷
VICTOR CREAM	سدیم اسید پیروفسفات	۷۲	۱۳۸	۸/۳ تا ۷/۷
B.Q.PYRO ®	سدیم اسید پیروفسفات	۷۲	۱۳۸	۸/۳ تا ۷/۷
SAAPP۴	سدیم اسید پیروفسفات	۷۲	۱۳۸	۸/۳ تا ۷/۷
LEVAIR ®	سدیم آلومینیم فسفات اسید	۱۰۰	۱۰۰	۸/۳ تا ۷/۷
BL-۶۰ ®	سدیم آلومینیم فسفات اسید با آلومینیوم سولفات بدون آب	۱۰۰	۱۰۰	۷/۴ تا ۷/۲
Actif-B ®	سدیم.آلومینیم فسفات اسید با منوکلسیم منوفسفات بدون آب	۸۰	۱۲۵	۷/۰-۷/۲

به عنوان 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_2 مورد نیاز می باشد؟

با توجه به فرمول می توان نوشت:

$$(NV)\ (b) = (a)\ (۱۰۰)$$

$$۸۰y = ۱۲۰۰ \longrightarrow b = ۱۵$$

یعنی ۱۵ کیلوگرم اسید با NV=۸۰، قادر است ۱۲ کیلوگرم جوش شیرین را خنثی و تبدیل به گاز CO_2 نماید. در صورتی که هدف ایجاد طعم و مزه تند و تیز در محصول نهایی باشد، این عمل را می توان با افزودن مقدار بیشتری اسید و کاهش NV 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 نهایی خواهد شد و کم بودن مقدار آن سهم بی کربنات 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 نانوایی دیده می شود.

جدول ۱۳- ترکیب و فرمول چند نوع پودر نانوائی

Constituents	Straight Phosphate	Phosphate-Sodium aluminium 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 aluminium 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		

فصل نهم

روش ها، دستگاه ها ومواد مورد نیاز جهت تهیه و پخت نان

روش های تهیه خمیر

خمیر را می توان با استفاده از مخمر و یا ماده ای شیمیایی که تولید گاز بنماید (مانند بی کربنات 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 عبار تنداز 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 یک باره در درون تغارهمزن ریخته شده و با هم مخلوط می شوند.در تهیه خمیر به این روش باید به نکات ذیل توجه نمود:

الف) برای ایجاد پوکی بیشتر درخمیر، مقدار مخمر و درجه حرارت باید اندکی افزایش یابد.
ب)درجه حرارت آب مورد استفاده نسبتاً بالا باشد.
ج)حتی الامکان از به کارگیری آرد با کیفیت و کمیت پروتئینی ضعیف اجتناب شود.

این روش دارای مزایا و معایبی است از جمله مزایای فوق، جلوگیری از عمل آنزیم های پروتئولیتیک (در آرد های نسبتا ضعیف)، صرفه جویی در نیروی انسانی و زمان وکاهش تاثیر عوامل خارجی بر روی خمیر به علت 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 کاملا خوبی نخواهد داشت و حتی ممکن است طعم و بوی تخمیر در آن به مشام برسد. همچنین حجم نان تولیدی در این روش به مراتب 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 آن را به خمیر اصلی می افزایند. این روش نیز دارای مزایا و معایبی می باشد. مزایای آن شامل صرفه جویی در مصرف مخمر، کوتاه شدن مدت زمان تخمیر نهایی، 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 وسایل و فضای فیزیکی است. روش های دیگری نیز برای تهیه خمیر وجود دارد که از جمله آن ها روش مداوم تهیه خمیر است که در آن با مصرف اسید اسکوربیک (۱۵ میلی گرم)، سیستئین (۱۲میلی گرم) و کلرورآمونیم خمیر تهیه می شود. این روش موسوم به روش کارلی وود (Chorleywood) بوده و در مدت کوتاهی، خمیر مهیا می گردد و در فرمول آن ها موادی چون شکر (۷/۵ گرم) چربی (۳-۲ گرم) نیز به کار گرفته شده است. صرف نظر از روش به کار رفته پس از آن که خمیر به خوبی مخلوط شد، توسط دستگاهی شبیه به گیوتین به شکل توده هایی با اندازه های نسبتاً مساوی و حجم های تقریباً برابر، در می آید. در مرحله بعد یا خمیر مستقیماً وارد قالب می شود آنچنان که در نان های حجیم مرسوم است و یا آن که بلافاصله توسط چانه گیر به شکل 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 نان های 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 به دلیل 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 تولید شده توسط آن ها 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 بیاندازد و عمر نگه داری محصول را افزایش دهد. زایلاناز، آنزیم دیگری است

که می تواند همی سلولزهای نامحلول در آب را تجزیه کرده ، آن ها 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. پروتئازها 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 ترکردن رنگ آرد به کار می رود. امولسیفایرها و تثبیت کننده نیز می تواند خواص خمیر را بهتر نمایند. $\alpha-$سلولز در خمیرهایی که حالت چسبنده و لعاب مانند دارند مفید خواهد بود. مونو و دی گلیسریدها، اسید سیتریک و دی استیل تار تاریک اسید، سدیم/ کلسیم استئاروئیل ۲ لاکتیلات، و استئاریل تارتار در زمره امولسیفایرهایی هستند که در حد ۵۰۰۰mg/kg بکار می روند. امولسیفایرها با پوشاندن سلول ها 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 به عنوان بهبود دهنده مواد مختلفی را شامل می شوند ولی در اکثر موارد از گاز کلر بمقدار حداکثر ۲۵۰۰ $\frac{mg}{kg}$ (برای آرد کیکmg/kg ۱۸۰۰-۱۰۰۰)، استفاده می گردد که ضمن رنگ بری، توانایی تعدیل خواص نشاسته را هم دارد. دی اکسید کلر 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 محدودهmg/kg ۲۴-۱۲ استفاده می شود و آن را از طریق عبور گاز کلر از محلول آبی کلرید سدیم تهیه می نمایند. بنزوئیل پراکسید $(C_6H_5CO)_2O_2$ یا BzO_2نوعی ماده رنگبر جامد است که معمولاً به صورت مخلوط با مواد پر کننده 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 نوع۱۶ درصدی بیشتر معمول می باشد. از آن در حد۵۰-۴۵ میلی گرم برای هر کیلو گرم آرد استفاده می کنید و اثر آن در عرض۴۸ ساعت ظاهر می شود و اثری در بهبود خواص آرد نداشته و تنها عمل رنگبری انجام می دهد. در گذشته برومات پتاسیم تا حد mg/kg ۴۵ و بعنوان اکسید کننده به آرد اضافه می شد اما اکنون استفاده از آن در سراسر جهان منع شده است و افزودن اسید اسکوربیک (ویتامینC) 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 به

صورت واکنش بسیار سریع با گلوتاتیون 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 گلوتاتیونGSH، به دلیل خاصیت احیا کنندگی این ترکیب پیوندهای S-S باز شده ، خمیر نرم تر می شود. با اضافه کردن اسید اسکوربیک بخشی از گلوتاتیون حذف شده، گلوتن و بدنبال آن خمیر قوی تر می شوند.

$$pr - ss - pr + ۲GSH \rightarrow ۲pr - SH + G - ss - G$$

باید توجه نمود که افزودن اسید اسکوربیک باعث افزایش سرعت عمل آوری نخواهد شد و صرفاً میتواند با قوی تر نمودن گلوتن، به حفظ گاز کمک کرده، حجم خمیر و نان را بیشتر نماید. حداکثر مقدار مورد استفاده ۳۰۰mg/kg است، ولی معمولا در حد۲۰۰-۱۰۰mg/ kg توصیه می شود. ترکیب شیمیایی دیگر در این زمینه آزو دی کربنامید ADA (۱و۱ آزو بی فورمامید) با فرمول شیمیایی$NH_2CONNCONH_2$ است که نام های تجاری مختلفی مانند Genitron، Maturox و یا ۲۰٪ ADA دارد و معمولاً حاوی ۱۰ تا ۲۰ درصد ADA است. البته Genitron دارای ۲۰ تا۵۰ درصد آزو دی کربنامید می باشد. این محصول به صورت مخلوط با سولفات کلسیم و کربنات منیزم عرصه می گردد و توانایی اکسید کردن گروه های تیولSH-را دارد و بسیارسریع (حدود ۱۵ثانیه) این عمل را انجام می دهد و باقیمانده آن در آرد به صورت 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 به کار برده می شود. سیستئین یک ماده احیا کننده است که به صورت طبیعی و به صورت یک اسید آمینه وجود دارد. از آن به صورت سیستئین هیدروکلراید و یا سیستئین هیدروکلراید منوهیدرات و به مقدار حداکثر۷۵mg/kg در آرد نان و ۳۰۰ mg/kg درآرد بیسکویت استفاده می گردد و با نرم کردن خمیر، زمان لازم برای عمل آوری کامل خمیر را کاهش می دهد. جدول ذیل (شماره ۱۴) یک نمونه از ترکیب مجموعه ا ی از بهبود دهنده ها را نشان می دهد....

جدول ۱۴- 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	۲۰۰-۱۰۰(پی پی ام)
سیستئین	۷۵-۵۰ (پی پی ام)
اسیدهای آلی	۱
شکر	۱
SSL	۰/۲
گلوتن	۲
آرد سویا حرارت ندیده	۰/۵

فصل دهم

فرآورده های تهیه شده از آرد گندم های نرم

بر خلاف آرد گندم های سخت که عمدتاً به مصرف تولید نان می رسند، از آرد گندم های نرم محصولات مختلفی را می توان 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 آن ها عموماً از مواد شیمیایی جهت عمل آوری (*عمل آوری شیمیایی*) استفاده می گردد. در عمل آوری محصولات حاصل از آرد گندم های 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 ها 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 به شمار می آید که تولید دی اکسید کربن و اتانول می کند ولی در شیرینی ها 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 هایی شیمیایی نیز تهیه نمود. به عنوان مثال از واکنش بی کربنات 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 نمایند. از منابع بسیار معمول برای تولید گاز دی اکسید کربن، بی کربنات های سدیم و آمونیوم می باشند. بی کربنات آمونیوم تحت تاثیر حرارت تولید سه نوع گاز می نماید:

$$NH_۴HCO_۳ ----NH_۳ + CO_۲ + H_۲O$$

از بی کربنات آمونیوم تنها در محصولاتی که به صورت نسبتا خشکً تهیه می شوند، می توان استفاده نمود. در صورتی که درصد کمی رطوبت در محصول باقی بماند بوی نافذ آمونیاک نیز به مشام خواهد رسید، به طوری 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 از انواع کراکر استفاده می نمایند. مزیت مهم استفاده از آن، عدم تولید هرگونه نمک می باشد که

در صـورت وجود، بر طعم و رئولوژی خمیر اثر سـوئی می نهد. از بی کربنات پتاسـیم نیز هر چند می توان برای تولید دی اکسید کربن استفاده کرد، ولی به دلیل خاصیت هیگروسکوپی آن و نیز ایجاد طعم تلخ کمتر بهره گرفته می شود. بهترین ماده شـیمیایی در این زمینه، بی کربنات سـدیم (جوش شـیرین) اسـت. عوامل چندی از جمله ارزان قیمت بودن، سـهولت دسترسـی و اسـتفاده و خلوص بالا حتی در نوع تجارتی باعث شـده است تا از آن در موارد متعدد استفاده شود. به منظور درک بهتر از نحوه اثر دی اکسیدکربن، کمی به شیمی دی اکسید کربن باید پرداخت. این گاز با آب واکنش داده، تولید اسید کربنیک می نماید.

$$CO_{۲} + H_{۲} --- H_{۲}CO_{۳}$$

بنابراین گاز می تواند به صورت دی اکسید کربن آزاد و یا یون های HCO_3 و یا $HCO_{۳}^{=}$ هم دیده شود. مقدار هر یک از این سـه، توسـط pH تنظیم می شـود. در فاکتور بعدی که باید بدان اشـاره نمود، عدد خنثی است و آن عبارت اسـت از عددی که بیانگر نسبت بی کربنات سدیم بر حسب گرم یا کیلوگرم مورد نیاز جهت انجام واکنش با ۱۰۰ گرم یا کیلوگرم اسـید و تبدیل آن به گاز $CO_{۲}$ می باشـد. بنابراین در صـورتی که۱۰۰ کیلوگرم اسـید جهت خنثی نمودن ۵۰ کیلوگرم بی کربنات سدیم مورد نیاز باشد، عدد خنثی بدین ترتیب محاسبه خواهد شد.

$$N.V. = \frac{a}{b} \times ۱۰۰$$

که در آن:

a:کیلو گرم بیکربنات سدیم خنثی شده

b: کیلو گرم اسید مصرفی

ارزش عملی این فرمول در آن اسـت که می توان بوسـیله آن مقدار اسـید لازم (با عدد خنثی مشخص درجدول۱۲) جهت بی اثر نمودن مقدار معینی جوش شیرین را تعیین نمود. فراتر از ۸ ، گاز دی اکسیدکربن دیگر وجود نخواهد داشت. برای حصـول راندمان بهتر در تولید گاز و کنترل نمودن مقدار دی اکسـید کربن ، مقداری اسـید به خمیر اضـافه می شـود. بی کربنات سـدیم در آب کاملاً محلول بوده و به هنگام مخلوط نمودن خمیر سـریعاً در آب حل می شـود. بدین ترتیب pH خمیر تا نقطه ای که گاز دی اکسـید آزاد شـود، افزایش می یابد. برای آن که مقادیر زیادی گاز تولید شـود، باید خمیر حاوی اسید باشـد. برخی از مواد موجود در محصول خود دارای اسید هستند در غیر این صورت باید از موادی که حاوی

جوش شـیرین و یک اسـید هسـتند (به عنوان مثال baking powder) اسـتفاده 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 اکسیدکربن باشد. تنظیم این امر عمدتاً با کنترل مقدار جوش شیرین انجام می شود. ماده پرکننده معمولاً نشاسته است. پودر های فوق به دو صـورت *single* یا *double* تهیه می شـوند. در نوع *double* پودر حاوی دو اسـید اسـت که یکی در درجـه حرارت اتـاق و دیگری در درجـه حرارت پخـت واکنش می دهد. مقدار اســید لازم در فرمول baking powder بستگی به مقدار جوش شیرین و عدد خنثی اسید دارد. عدد خنثی را بدین ترتیب می توان محاسبه نمود:

۱۰۰ x ۱۰۰ گرم اسید/گرم جوش شیرین= عدد خنثی

pH محصـول نباید تحت تاثیر واکنش های فوق قرار گیرد. در صـورت عدم استفاده از مقدار مناسب اسید، جوش شیرین اضـافه نوعی طعم صـابونی را در محصـول به وجود می آورد. رنگ محصـول نیز بسـتگی زیادی به pH دارد. اسـیدهای مصـرفی در تهیه پودرهای مصـرفی در تهیه پودرهای نانوایی، در درجه حرارت های مختلف، سـرعت واکنش متفاوتی را دارند. از جمله این اسـیدها کرم تارتار یا نمک منو پتاسـیم اسید تارتاریک است. اما به دلیل گران قیمت بودن بیشتر از منو کلسیم فسـفات استفاده می گردد. ترکیبی که در درجه حرارت اتاق با جوش شیرین واکنش می دهد و به عنوان یکی از دو اسید پودرهای double به کار می رود. از انواع سـدیم اسـید پیروفسـفات هم می توان اسـتفاده نمود. مشکل عمده در رابطه با این نوع اسید بروز پدیده after taste است که بر روی دندان ها و در دهان باقی می گذارد. این طعم که اصطلاحا به آن طعم pyro گفته می شود ظاهراً به دلیل جایگزینی کلسیم سطح دندان با سدیم موجود در اسید می باشد. اسید دیگر سـدیم آلومینیوم فسفات است که جدیدترین اسید مصرفی جهت تولید گاز می باشد و اسیدی است که در درجه حرارت پخت عمل می کند. سـدیم آلومینیوم سـولفات هم از اسـیدهایی اسـت که در درجه حرارت پخت عمل 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 به مقدار نسبتاً زیاد، روغن و کمی آب تهیه می کنند. خمیر این محصـول نسـبتاً خشـک بوده و کمتر از ۲۰ درصـد آب داشته، فاقد الاستیسیته است و ترد و سفت می باشد. گلوتن خمیر

نباید دردوره مخلوط کردن تشکیل شبکه سه بعدی بدهد و قوام در آن بیشتر مربوط به حالت پلاستیکی روغن است. از جمله روش های تهیه این نوع فرآروده ها روش rotary-mold می باشد. در این روش عملیات نقش زنی و قالب زنی به صورت چرخشی و توام انجام می گیرد (شکل۷۶).

شکل۷۶- 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 به وجود آید. در هر حال نیاز به تشکیل سه بعدی توسط گلوتن نمی باشد زیرا در غیر این صورت محصول سفت شده و خمیر به خوبی پهن نخواهد شد. همچنین به دلیل استفاده زیاد از شکر و pH نسبتاً بالا، گلوتن 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 باقی مانده شکر در روغن است. با حل شدن 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 سبک تری 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 براثر تردکنندگی، به نگه داری

هوا در بافت کمک می نماید. نرم شـدن بافت کیک در اثر حرارت، ناشـی از ژلاتینه شـدن نشـاسـته اسـت. خمیر کیک سـیالیت زیادی داشته و به آن اصطلاحاً batter می گویند. همان گونه که ذکر شد، در فرمول کیک مقدار زیادی شکر به کار رفته اسـت که علاوه بر نقش شـیرین کننده، با ایجاد تاخیر در ژلاتینه شـدن نشـاسـته، باعث ایجاد تردی در بافت می گردد. عامل تولید سـلول های گاز در بافت کیک baking powder می باشـد. در جدول ۱۵ فرمول چند نوع کیک دیده می شود.

جدول۱۵- فرمول تهیه سه نوع کیک (درصد آرد)

اجزاء تشکیل دهنده	پاوند کیک	آنجل کیک	Rich white layer cake
آرد	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
شکر	۱۰۰	۵۰۰	۱۴۰
روغن	۵۰	–	۵۵
تخم مرغ			
سفیده	–	۵۰۰	۷۶
کامل	۵۰	–	۹۵
شیر	۵۰	–	۹۵
پودر نانوایی	۰/۵	۱	۱/۳

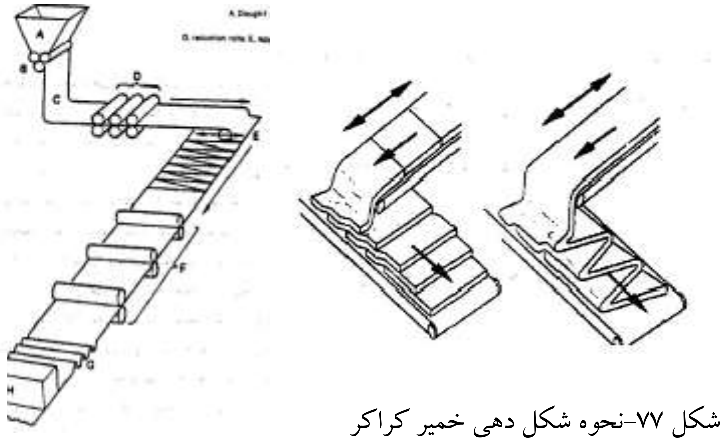
Crackers

به طور کلی کراکر محصولی است که یا حاوی شکر نبوده و یا مقدار شکر در آن کم می باشد. مقدار چربی آن ۱۰ تا ۲۰ درصـد بوده و دارای ۲۰ تا۳۰ درصـد آب می باشـد. ماده عمل آورنده آن، مواد شـیمیایی و یا بخار آب اسـت. کراکر نمکی، محصـولی است که در آن تخمیر به مدت طولانی انجام گرفته و دارای بافت سبک و لایه لایه می باشد. آن را به روشSponge and dough تهیه می نمایند. در مرحله اول که مرحله sponge اسـت تخمیر در حدود ۱۶ سـاعت به طول می انجامد. طی این دوره ، pH از ۶ به حدود ۴ تنزل می یابد. خمیر با این pH که در صـنعت به آن buffer گفته می شود، در واقع همان خمیر شب مانده است. در حین انجام تخمیر، خمیر خاصیت الاستیک خود را تا حدودی از دست می دهد. آنزیم های پروتئولیتیک طبیعی موجود در خمیر که درpH حدود۴/۱ فعال هسـتند، هر چند در تعدیل خصـوصـیات موثر هسـتند اما در این زمینه خاص ،کمتر دارای اثر می باشـند زیرا تغییر در خصـوصـیات الاستیک خمیر در ۵ ساعت اول تخمیر بروز می نماید و در این مدت pH هنوز بالا می باشد.

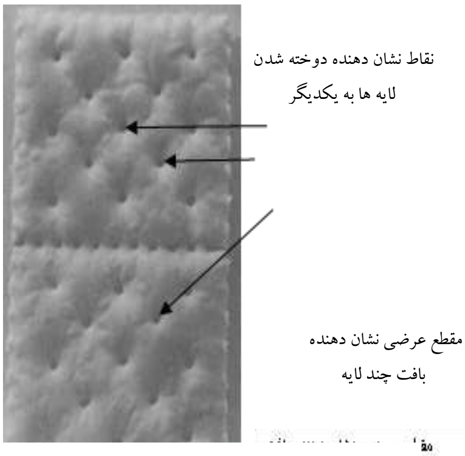
جدول۱۶-فرمول تهیه کراکر نمکی (درصد آرد)

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

بعد از انجام تخمیر، بقیه اجزاء به خمیر اضافه می شوند. در این مرحله، خمیر حاوی مقادیرکافی از بی کربنات سدیم است تا pH خمیر را به حدود ۷ برساند. برای آن که محصولی از نظر طعم و بافت دارای وضعیت مناسبی باشد، pH آن باید به حدود۷/۲ برسد. تخمیرdough نیز حدود ۶ ساعت به طول می انجامد. با توجه به pH بالا باکتری ها امکان رشد 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 به صورت لایه لایه (laminate) (مرحله E) در می آید (شکل ۷۷). 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 به هم چسبیدن کامل لایه ها جلوگیری شود. آخرین مرحله docking یا دوختن(مرحله H) است (شکل۷۸).



شکل ۷۷-نحوه شکل دهی خمیر کراکر



شکل۷۸-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، به راحتی از 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 این صورت، کراکر جمع شده شکل فنجان به خود می گیرد. زمان پخت حدود ۲/۵ دقیقه و درجه حرارت پخت ۲۳۰ درجه سانتی گراد است. اعمال سریع حرارت، آب درون خمیر را سریعاً تبخیر نموده و باعث پف کردن آن می گردد. بعد از پخت کراکر به منظور اجتناب از ترک برداشتن، باید به آهستگی خنک نمود.

Biscuits

فرآورده ای است که آن را از آرد و شکر و روغن تهیه می کنند. در آن عمل تبخیر انجام نمی گیرد و تخلخل محصول به واسطه وجود مواد شیمیایی است. عطر و طعم آن بیشتر تحت تاثیر جوش شیرین و اسیدهای مصرف شده در تهیه پودر نانوایی 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 به آرامی انجام گیرد زیرا سرد کردن سریع، باعث ترک برداشتن بیسکویت می شود. ترک های 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 قسمت های 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 صورتی که 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 به کندی 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 باشد 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 بین مرکز و لبه ها کندتر انجام شده و از انقباض بیسکویت تا حد زیادی جلوگیری می شود. از دیگر عوامل، نحوه خمیرکردن است. اگر مخلوط کردن خصوصاً در محصولاتی که روغن کمی دارند به خوبی انجام نگیرد، محصول ترک برخواهد داشت. نقش

مواد اولیه هم مهم است بدین ترتیب که :

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

۲- قند انورت به واسطه 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 می شوند 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 به مدت ۱۰ تا ۲۰ دقیقه به حال 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 همین دلیل گاهی به جای 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 به عنوان یکی از انواع cookies به شمار می آید، اما دارای تفاوت های اساسی با آن ها می باشد، زیرا فاقد شکر بوده و مقدار روغن در آن کم است و از آب به میزان بسیار زیاد در تهیه آن استفاده شده است (جدول شماره۱۷). 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 نهایی، باعث تنزل کیفیت آن می شود.

جدول۱۷- فرمول تهیه نان ویفر یا نان بستنی

اجزاء تشکیل دهنده	مقدار (براساس درصد آرد)
آرد	۱۰۰
آب	۱۳۵
بیکربنات سدیم	۰/۵
نمک	۰/۵
لیستین	۱/۵
روغن (نارگیل)	۱

قدرت آرد از دیگر عواملی است که بر کیفیت محصول اثر می نهد. در صورتی که آرد بسیار ضعیف باشد، محصول به شدت 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 آن که باید توجه نمود که بهم زدن بیش از حد خمیر و یا نگه داری آن به مدت طولانی، باعث جدا شـدن رشـته های گلوتن از فاز آبی خواهد شـد و بنابراین باید خمیر را به مقدار مناسـب تهیه نموده و در مدت زمان کوتاهی به مصرف رسانید. وجود بی کربنات سدیم در محصول صرفاً به دلیل تنظیم pH است و در این جا به عنوان عامل تولید گاز مطرح نمی باشـد. بلکه بخار آبی که در ضـمن پخت از محصـول متصـاعد می شـود به عنوان ماده پوک کننده عمل می نماید. عملیات پخت در یک سـیسـتم کاملاً بسـته که اجزایی شـبیه به اطو بخار دارد، انجام می گیرد. صـفحات زوجی لولادار به دنبال یکدیگر و بر روی یک زنجیره بی پایان و در درون محفظه حرارتی، حرکت می نمایند. این صفحات به طور خودکار باز شده و خمیر نان ویفر بر روی سطح شیاردار صفحه پایینی ریخته می شود و پس از بسته شـدن، وارد محفظه می شـوند. بعد از پخت ، نان حاصـله ضـمن آن که به صـورت ورقه هایی بر روی هم چیده می شـود ،کرم پرکننده بین لایه های آن قرار می گیرد. ماده پر کننده ً شـامل روغن، شـکر پودر شـده (pulverized sugar) ، مواد معطره و پودر خرده های نان ویفر می باشـد. لایه ها پس از عبور از یک تونل سرد یا یخچال با استفاده از چند ردیف سیم نازک به قطعات مناسـب بریده شده و بسته بندی می گردند. در این محصول شکنندگی خصوصاً در نان بستنی قیفی کاملا مشهود و مشخص می باشد.

رشته و انواع آن

خصـوصـیات رشـته تولیدی با توجه به مورد اسـتفاده آن متفاوت خواهد بود برای مثال رشـته آشی دارای رنگ سفید متمایل به شیری می باشد در صورتی که رشته پلویی رنگی تیره تر نسبت به رشته آشی دارد و نازک تر از رشته آش هم می باشـد. آرد مورد اسـتفاده برای رشـته آشـی(طبق اسـتاندارد ملی ایران شماره ۲۰۱۸) آرد ستاره می باشد که آردی است که ۲۱ ٪ از آن سبوس گرفته و بقیه بصورت آرد باشد و خاکستر این نوع آرد در حدود ۷۲٪ گرم می باشد. اما آرد مورد اسـتفاده برای تهیه رشـته پلویی آرد سبوس گرفته می باشد که آردی است که ۱۶٪ از آن سبوس گرفته شده باشد و خاکستر این نوع آرد در حد ۲ گرم در ۱۰۰ گرم می باشد. علاوه بر آرد از نمک هم برای تولید رشته استفاده می شود که برای کمک به بهبود کیفیت بافت، حالت ارتجاعی و چسـبندگی به آن اضـافه می گردد. علاوه بر مواد اولیه ذکر شده می توان از گلوتن، اسـید آسـکوربیک، آرد سویا، آرد بادام زمینی و لیستین هم در تهیه رشته استفاده کرد. برای تهیه آن ابتدا

آرد گندم، نمک و آب مخلوط و سپس خمیر ورزیده می شود و وارد خط تولید می گردد. پس از برش، در تونل خواب به مدت ۲۰ دقیقه مانده و در مسیر نوار آرد پاشی می شود و نازک می گردد. سپس مراحل شکل دهی، گرمخانه گذاری(با دمای ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ ساعت) و خنک کردن(توسط جریان هوا)، برش دادن رشته ها(متناسب با اندازه بسته های رشته آش) و بسته بندی انجام می گردد. رشته باید دارای مزه و بوی مخصوص به خود(آرد و خمیر) و فاقد مزه و بوی ترشیدگی، کپک زدگی و ماندگی و سایر بوهای غیرطبیعی باشد. رشته ها باید تا حد امکان یکنواخت، صاف به طول حداقل ۱۵ سانتی متر و فاقد لک و مواد خارجی باشند. رشته آشی باید سفید مایل به کرم و رشته پلویی باید قهوه ای روشن باشد.

فصل یازدهم

فرآورده 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 به صورت خشک آسیاب شده و طی این آن معمولاً اندوسپرم به دو قسمت شکسته می شود. قطعات درشت، مواد اولیه برای تهیه محصولی به نام corn flake به شمار 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 می شوند. شرایط پخت شامل فشار بخار ۱۸ PSI به مدت ۱۲۰ دقیقه است. ایجاد حالت نیمه شفاف و یکنواخت پس از پخت نمایانگر وضعیت مناسب پخت است و نشان می دهد که آب به خوبی تا مرکز قطعات نفوذ کرده است. پس از پخت توده های به هم 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 سانتی گراد) و ارتفاع برج گاهی تا چندین متر می رسد. این فرآیند قسمت خارجی قطعات را خشک کرده به طوری که به یکدیگر نچسبند. بعد از پخت قطعات دارای حدود ۵۰ درصد رطوبت هستند که در خشک کن به ۲۰ درصد می رسد. از آن جا که توزیع رطوبت یکسان نیست یک مرحله tempering (در حدود۲۴ساعت) 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 گریتس با غلطک ، فشار معادل ۴۰ تن است. پس از بیرون آمدن از غلطک ها، پرک ها را به مدت ۵۰ ثانیه و در ۳۰۰ سانتی گراد تُست 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 فرآورده های در این دسته، انواع پف کرده می باشند. برای تهیه آن ها به روش های خاصی دانسیته کاهش می یابد. روش های عمده تولید این محصولات عبارتند از :

۱- استفاده ناگهانی از حرارت، در فشار اتمسفری

در این روش بخار قبل از آن که 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 فضایی با فشار پایین ،که در نتیجه آب این امکان را می یابد که به طور ناگهانی تبخیر شود.

۳- بکارگیری اکسترودر که در آن از تغییرات فشار و درجه حرارت به صورت همزمان استفاده می شود.

در این روش ذرات نسبتاً درشت ذرت با بخار آب و اسید سیتریک مرطوب شده و به درون اکسترودر 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 می شود. درجه حرارت اکسترو در ۱۷۷ درجه سانتی گراد بوده و فشار در سراکسترودر به ۵۰۰ پاوند بر اینچ مربع می رسد. به محض خروج توده از دستگاه ، به دلیل آزاد شدن فشار، رطوبت سریعاً خارج شده و ضمن افزایش حجم ، باعث سرد شدن محصول می گردد.

چوب شور **Pretzel**

این دسته از غذاهای لب چره، فرآورده هایی منحصر به فرد از نظر شکل و سطح پخت می باشند و ترکیب آن را می توان در جدول ۱۰ مشاهده نمود که مخمر و بی کربنات آمونیوم در فرمول آن به کار رفته است و مقدار آب از آن چه برای تهیه نان به کار می رود کمتر است و از این رو خمیر تهیه شده سفت و خشک است. خمیر پس از تهیه به شکل یک طناب در می آید آن گاه به صورت 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 ازآن به درون حمام یک درصد هیدروکسید سدیم وارد می گردد و به مدت ۲۵ ثانیه در آن می ماند. درجه حرارت حمام ۹۳°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 شود. درجه حرارت فر ابتدا بالا بوده تا نشاسته ژلاتینه شده درسطح ،کاراملیزه گردد و رنگ قهوه ای در محصول ایجاد گردد، ضمن آن که از شدت حرارت رفته رفته کاسته می شود زیرا در غیر این صورت محصول خصوصاً در نواحی گره ها شکننده شده، در حین حمل و نقل ضایعات را افزایش می دهد. اخیراً به جای تهیه محصول به اشکال مارپیچی و بافته شده، آن را به صورت

یک چوب (چوب شور) در می آورند که در مرحله پخت می توان از درجه حرارت بالا و زمان کوتاه استفاده نمود. حال این سوال پیش می آیدکه چه اتفاقی برای هیدروکسید سدیم می افتد. هیدروکسید سدیم با دی اکسیدکربن واکنش داده تولید جوش شیرین می نماید. می توان به جای هیدروکسید سدیم از کربنات سدیم نیز استفاده نمود. در تهیه Bagel که آن هم از همین دسته است، خمیر پس از شکل گیری ، به مدت کوتاهی در آب جوش قرار گرفته و سپس و بعد از خروج از آب جوش، پخته می شود. برای تهیه pretzel ومحصولات مشابه آن معمولاً از آرد نرم، حاوی ۹/۵ درصد پروتئین استفاده می گردد.

فصل دوازدهم

گندم دروم و تهیه محصولات Pasta از آن:

تا این اواخر منشاء گندم دورم را کشورهای اتیوپی و مصر فعلی می دانستند که به مرور از آن جا به کشورهای حوزه مدیترانه منتقل شده است. اما اکنون مطالعات دقیق تر نشان می دهد که خانواده گرامینه، اعم از گندم های معمولی و دروم از مناطقی واقع در کوه های زاگرس، حد فاصل مرزهای فعلی ایران و عراق نشات 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 وسایل مختلفی جهت جدا سازی انواع ناخالصی ها شامل : قطعات آهن، ذرات شن و ماسه ، سنگ، دانه هایی نظیر جو و ذرت و غیره ، تخم علف های هرز، دانه های شکسته و غیره 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 به مدت زمان بیشتری جهت مشروط شدن نیاز دارند. امروزه عمل مشروط کردن برای گندم دروم سخت به مدت ۱۶ تا ۲۴ ساعت و در حد ۱۷ تا ۱۷/۵ درصد رطوبت و برای گندم دروم سفید به مدت ۱۲ تا۱۶ساعت و در حد۱۶/۵- 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 وآرد می گردد. در بخش دوم یا جداسازی، هدف خالص سازی سمولینا و قسمت های خرد شده دانه و جدا سازی سبوس متصل به آن ها می باشد که این عمل نیز توسط تعدادی غلطک انجام می گیرد. محصول حاصله به غربال ها رفته و از آن جا به purifier منتقل می شود. درpurifier 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

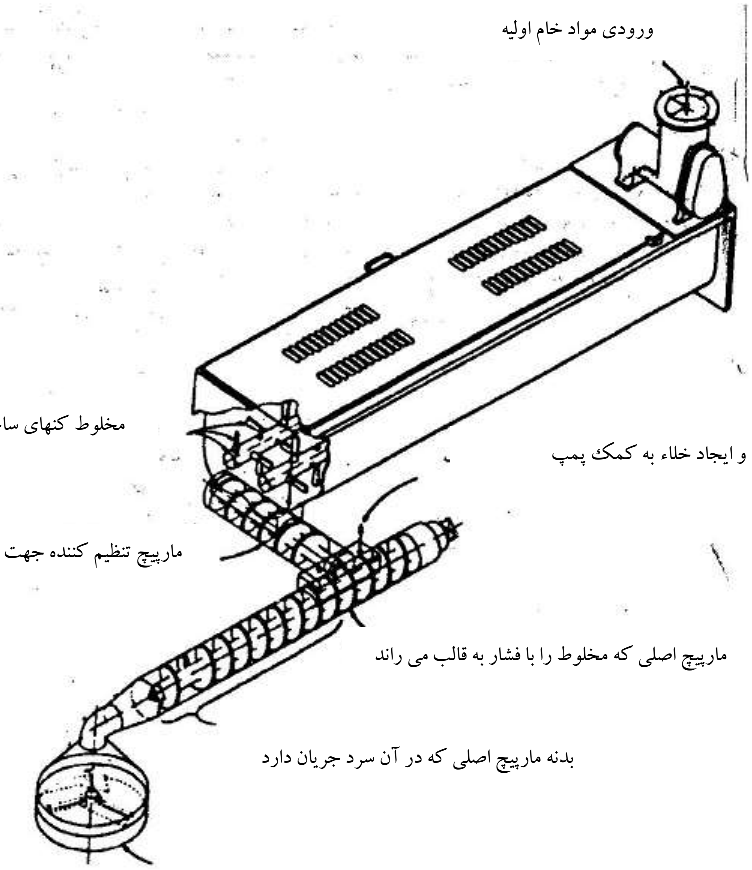
به محصولی با اندازه ذرات یکنواخت و البته تا حدودی ریز تبدیل شود. در جدول ۱، توزیع ذرات با اندازه های مختلف بر روی غربال هایی با مش های متفاوت دیده می شود.

جدول۱۸-اندازه ذرات سمولینا مناسب جهت تهیه انواع محصولات pasta

شماره غربال (مش)	قطر چشمه(میکرون)	درصد
روی ۲۰	۴۸۰	۰
روی ۴۰	۳۸۰	۲۲/۸
روی ۶۰	۲۳۰	۵۱/۶
روی۸۰	۱۸۰	۱۴/۶
روی ۱۰۰	۱۸۰	۹/۳
زیر ۱۰۰	-	۱/۷

به این 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 شماره۲۰ عبور نموده ولی نباید بیش از ۳ درصد ذرات آن از غربال شماره۱۰۰ عبور نماید. معمولاً از آردی که ذرات آن کمتر از ۱۴۰ میکرون است نوعی pasta به نام noodle توصیه می شود. از دلایل انتخاب گندم دروم به منظور تهیه انواع pasta می توان به سختی دانه، فعالیت کم آنزیم، وجود رنگ زرد کهربایی و مقدار پروتئین مناسب جهت فرآیندهای تهیه pasta اشاره نمود. در رابطه با سختی دانه انجام test weight (T.W.) می تواند مفید واقع شود. در صورتی که .T.W گندم دروم ۷۸ $\frac{kg}{lit}$ باشد این گندم بهترین حالت را خواهد داشت، چرا که اصولاً دانه های با .T.W بالا، حالت شیشه ای و در نتیجه سختی بیشتری دارند. رنگ زردکهربایی در گندم دروم به دلیل وجود پیگمان های کارتنوئیدی است. برخلاف گندم معمولی وجود این رنگیزه ها مثبت تلقی شده و سعی در حفظ آن ها می باشد. افزودن اسید آسکوربیک به مقدار ۳۰۰PPM می تواند از بی رنگ شدن و یا ایجاد رنگ قهوه ای، جلوگیری نماید. حذف هوا در مراحل مختلف فرآیند 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 به این امر مبذول شود. Pasta به محصولاتی که از گندم دروم و توسط دستگاهی به نام اکسترودر تهیه شده

اند، اطلاق می گردد. باید توجه داشــت که حتی با این تعریف، انواع مختلفی از این محصــولات ، حتی تا ۷۰ نوع امروزه تولید می شـوند. فرآیند تولید بسـیار سـاده اسـت. آب تا حدی که رطوبت خمیر به ۳۱ درصـد برسد به سمولینا افزوده می گردد. این مخلوط تا رسـیدن به یک خمیر یکنواخت ورز داده شـده و سـپس وارد اکسـترودر می گردد. پس از شـکل گیری، خشک شده و بسته بندی می شود. اکسترودر به گونه ای ساخته می شود که امکان نفوذ هوا در آن وجود نداشته و یا آن که خلاء در آن ایجاد می شـود. هوا به دو دلیل می تواند اثر سـوء بر محصـول داشـته باشـد. اول آن که در فاز آبی خمیر وارد شـده، هنگام خروج خمیر از اکسترودر که فشار شدیداً کاهش می یابد، به صورت حباب هایی در درون بافت ظاهر می گردد. این حباب ها علاوه بر آن که به محصـول ظاهر مات می دهند، امکان بروز شـکستگی در محصول خشک شـده را نیز افزایش خواهند داد. مشکل دومی که در ارتباط با وجود هوا مطرح است، مربوط به فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز اسـت. گندم دروم در مقایسـه با سـایر انواع گندم، آنزیم کمتری دارد اما به هر حال همین مقدار کم در حضور اکسیژن و اسـیدهای چرب غیر اشـباع می تواند باعث رنگ بری سـمولینا شـود. در ضمن حرکت خمیر در طول اکسترودر، مقداری گرما تحت تاثیر فشـار بالا تولید می گردد. برای گرفتن این گرما بدنه اکسـترودر به صـورت 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 نگه داشته می شود. فشـار اکسـترودر در حدود ۳۲۰۰-۲۸۰۰ PSI و میزان خلاء ۴۵۰ میلی مترجیوه اسـت. (شـکل ۷۹) در قسـمت انتهایی اکسـترود، قالب قرار دارد که وظیفه شـکل دهی به خمیر را دارد. سـطح داخلی قالب ها بر ظاهر محصـول و سـرعت اکسـترودر موثر بوده و جنس آن ها اغلب از برنز اسـت که به مرور زمان فرسـوده شـده و باعث تغییر شـکل محصول می شوند، بنابراین بازدید از آن ها ضروری است.



شکل۷۹-دیاگرام نشان دهنده بخش های مختلف اکسترودر تک مارپیچ

امروزه قالب ها یا از جنس استیل ضد زنگ ساخته شده و یا آن که سطح داخلی آن ها با تفلون پوشانده می شود. محصول خارج شده از قالب هنوز دارای ۳۰ درصد رطوبت است که باید به حدود۱۲درصد برسد. در صورتی که خشک کردن بسیارسریع انجام گیرد، محصول ممکن است دچار ترک خوردگی شود(checking) این ترک ها به صورت خطوط موئین در محصول ایجاد شده، باعث کاهش استحکام آن می شوند. اگر خشک کردن به صورت کند انجام گیرد، ضمن آن که 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 در صد رطوبت را خارج می نمایند. بدین ترتیب امکان رشد میکروب ها کم شده، از به هم چسبیدن رشته ها جلوگیری به عمل آمده، محصول دچار ترک خوردگی نخواهد شد. از این مرحله به عنوان case hardening یاد می شود و طی آن سطح خارجی رشته ها خشک شده ولی درون آن ها 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 به صورت یکنواخت توزیع گردد. زمان انجام این مرحله ۴-۲ ساعت در رطوبت نسبی ۹۰ درصـد می باشد. بعد از این مرحله، نوبت به مرحله نهایی خشک کردن محصول می رسد که بین ۱۰ تا ۱۶ ساعت به طول می انجامد و بدین ترتیب رطوبت به حدود ۱۲ درصد خواهد رسید.

از جمله محصــولات تولید شــده با این فرایند می توان به ماکارونی، اســپاگتی، ورمیشــل، لازانیا (*Lasagna*)، فِتّوچینی، (*Fettuceine*)، ریگاتونی(*Rigatoni*) که نوعی ماکارونی با قطر زیاد اســت ، صــدفی(*Shells*) ،پیچ دار (*Rotini*)، برنجی شـکل (*Orzo*)، پاپیونی (*Farfalle*) و انگشـتی (*Manicotti*) اشـاره نمود. ماکارونی محصـولی اسـت لوله ای شکل، توخالی، که قطر آن باید از ۲/۸ میلی متر بیشتر از و از ۶/۸ میلی متر کمتر باشد. اسپاگتی، نخی شکل و توپر بوده و قطر آن بیشـتر از ۱/۵ میلی متر و کمتر از ۲/۸ میلی متر اسـت.قطر ورمیشل کمتر از ۱/۵ میلی متر است. لازانیا و فتوچینی نواری شکل و با ضخامت نسبتاً کم بوده و تفاوت آن ها در عرض نوار می باشد. محصولاتpasta را علاوه بر اشـکال بلند و کوتاه، می توان به صـورت کلاف (skeins) و یا لانه گنجشـکی (nest) نیز تهیه نمود. از دیگر محصـولات pasta می توان به انواعnoodle 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 به کار رفته اسـت به طوری که محصـول نهایی 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 بررسـی نمود. در صورتی که مقدار مواد آلی ۱/۴ گرم به ازای هر یک صد گرم محصول خام باشد نشان دهنده کیفیت خوب و بین ۱/۴ تا ۲/۱، متوسط و بالاتر از ۲/۱، ضعیف می باشد.