تکنولوژی فرآورده‌های غلات

جلد اول

آشنایی با غلات

تکنولوژی آسیاب کاری گندم

تکنولوژی نیشکر تان

تألیف:
دکتر سید هادی پیغمبر دوست
عضو هیأت علمی گروه علوم و صنایع غذایی
دانشگاه تبریز

تکنولوژی فرآورده های غلات (جلد اول)
دکتر سید هادی پیغمبر دوست

بسم الله الرحمن الرحیم

تکنولوژی فرآورده‌های غلات

(جلد ۱)

آشنایی با غلات

تکنولوژی آسیاب کردن گندم

تکنولوژی تولید نان

تألیف:

دکتر سیدهادی پیغمبردوست

گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

انتشارات دانشگاه علوم پزشکی تبریز

سرشناسه	:	پیغمبردوست، هادی، ۱۳۵۰ -
عنوان و نام پدیدآور	:	تکنولوژی فرآورده‌های غلات/ تالیف هادی پیغمبردوست.
مشخصات نشر	:	تبریز: دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی‌درمانی تبریز، ۱۳۸۸ -
مشخصات ظاهری	:	ج.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	:	دوره: ۹۷۸-۹۶٤-۸۹۸۷-۳۷-۹ ٤ ۵۰۰۰۰ ریال : ج.۱ : ۹۷۸-۹٦٤-۸۹۸۷-۳٦-۲
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	ص.ع. به انگلیسی: S.H. Peighambardoust. Technology of cereal products.
یادداشت	:	ج.۱ (چاپ اول: ۱۳۸۸) (فیپا).
یادداشت	:	کتابنامه.
مندرجات	:	ج.۱. آشنایی با غلات، تکنولوژی آسیاب کردن گندم، تکنولوژی تولید نان.-
موضوع	:	غلات
موضوع	:	غلات -- تولید
موضوع	:	نان -- صنعت و تجارت
شناسه افزوده	:	دانشگاه علوم پزشکی وخدمات بهداشتی درمانی تبریز
رده بندی کنگره	:	TS۲۱۴۵/پ۹ت۸ ۱۳۸۸
رده بندی دیویی	:	۶۶۴/۷
شماره کتابشناسی ملی	:	۴۹۰۳۸۸۱

نام کتاب : تکنولوژی فراورده های غلات جلد ۱

ناشر : دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی‌درمانی تبریز

مولف : دکتر سید هادی پیغمبر دوست

سال چاپ : ۱۳۸۸

تیراژ: ۱۵۰۰

نوبت چاپ : اول

قطع : وزیری

قیمت : ۵۰۰۰تومان

شابک : ۲-۳٦-۸۹۸۷-۹٦٤-۹۷۸

شابک دوره : ۹-۳۷-۸۹۸۷-۹٦٤-۹۷۸

فهرست مطالب

پیش گفتار..... ۱۳

فصل ۱) کلیات..... ۱۹

۱-۱= آشنایی با غلات..... ۱۹

۱-۱-۱- مورفولوژی ساختمان دانه غلات..... ۲۰

۱-۱-۱-۱- جوانه..... ۲۱

۱-۱-۱-۲- آندوسپرم..... ۲۱

۱-۱-۱-۳- پوسته..... ۲۱

۱-۱-۲- انواع غلات و گونه های مختلف آن..... ۲۳

۱-۱-۲-۱- گندم..... ۲۳

۱-۱-۲-۱-۱- طبقه بندی گندم..... ۲۳

۱-۱-۲-۱-۱-۱- طبقه بندی بتانیک..... ۲۳

۱-۱-۲-۱-۱-۲- طبقه بندی تجاری..... ۲۴

۱-۱-۲-۱-۱-۳- طبقه بندی بر اساس فصول کشت..... ۲۴

۱-۱-۲-۱-۱-۴- طبقه بندی از لحاظ نوع کاربرد..... ۲۴

۱-۱-۲-۲- برنج..... ۲۶

۱-۱-۲-۲-۱- ساختمان دانه برنج..... ۲۷

۱-۱-۲-۲-۲- انواع برنج ۲۸
۱-۱-۲-۲-۳- طبقه بندی برنج ۲۸
۱-۱-۲-۲-۴- طبقه بندی کیفی برنج ۲۹
۱-۱-۲-۲-۵- آسیاب کردن برنج ۳۲
۱-۱-۲-۲-۶- فرآیند تولید برنج نیم پز ۳۴
۱-۱-۲-۲-۶-۱- اهداف و مزایای نیم پز کردن برنج ۳۴
۱-۱-۲-۳- ذرت ۳۶
۱-۱-۲-۳-۱- انواع ذرت و ترکیبات آنها ۳۷
۱-۱-۲-۴- جو ۳۹
۱-۱-۲-۴-۱- جو مخصوص مالت سازی ۴۰
۱-۱-۲-۵- چاودار ۴۰
۱-۱-۲-۵-۱- طبقه بندی چاودار ۴۰
۱-۱-۲-۵-۲- شرایط رشد ۴۰
۱-۱-۲-۵-۳- کاربردهای غذایی چاودار ۴۰
۱-۱-۲-۵-۴- مواد اولیه مورد استفاده در نان چاودار ۴۱
۱-۱-۲-۵-۵- کاربردهای صنعتی چاودار ۴۱
۱-۱-۲-۶- سورگوم ۴۱
۱-۱-۲-۶-۱- کاربردهای غذایی سورگوم ۴۲
۱-۱-۲-۶-۲- کاربرد سورگوم در محصولات نانوائی و تخمیری ۴۲
۱-۱-۲-۶-۳- انواع سورگوم تجارتی ۴۲
۱-۱-۲-۷- ارزن ۴۳
۱-۱-۲-۷-۱- کاربردهای غذایی ارزن ۴۳
۱-۱-۲-۸- یولاف (جو دو سر) ۴۳
۱-۲- تکنولوژی گندم ۴۴
۱-۲-۱- عوامل مؤثر بر کیفیت گندم ۴۴
۱-۲-۱-۱- خواص بتانیکی گندم ۴۴
۱-۲-۱-۲- عوامل فیزیکی مؤثر بر کیفیت گندم ۴۵
۱-۲-۱-۲-۱- وزن واحد حجم یا وزن هکتولیتر ۴۵
۱-۲-۱-۲-۲- وزن هزاردانه ۴۵
۱-۲-۱-۲-۳- اندازه و شکل دانه ۴۵
۱-۲-۱-۲-۴- سختی دانه ۴۶
۱-۲-۱-۲-۵- شیشه‌ای بودن ۴۶
۱-۲-۱-۲-۶- رنگ ۴۶
۱-۲-۱-۲-۷- میزان دانه های آسیب دیده ۴۶
۱-۲-۱-۲-۸- ناخالصی‌ها ۴۷
۱-۲-۱-۲-۹- کیفیت آسیاب شدن ۴۷
۱-۲-۱-۳- عوامل شیمیایی مؤثر بر کیفیت گندم ۴۷
۱-۲-۱-۳-۱- مقدار رطوبت ۴۷
۱-۲-۱-۳-۲- مقدار پروتئین ۴۸
۱-۲-۱-۳-۳- کیفیت پروتئین ۴۸
۱-۲-۱-۳-۴- فعالیت آنزیمی ۴۹
۱-۲-۱-۳-۵- اسیدیته چربی ۴۹

۱-۲-۱-۳-۶- فیبر خام و خاکستر ۴۹

۱-۲-۲- نگهداری غلات ۵۰

۱-۲-۲-۱- اهداف و مزایای نگهداری غلات ۵۰

۱-۲-۲-۲- روش های مختلف نگهداری غلات ۵۱

۱-۲-۲-۲-۱- خود نگهداری ۵۱

۱-۲-۲-۲-۲- نگهداری با استفاده از گازهای پرکننده ۵۱

۱-۲-۲-۲-۳- نگهداری با استفاده از مواد شیمیایی ۵۱

۱-۲-۲-۲-۴- نگهداری با استفاده از اوره ۵۲

۱-۲-۲-۳- انبارهای مختلف نگهداری ۵۳

۱-۲-۲-۳-۱- انبارهای ساده ۵۳

۱-۲-۲-۳-۲- انبارهای مجهز یا مکانیزه ۵۴

۱-۲-۲-۳-۳- انبارهای فنی ۵۷

۱-۲-۲-۳-۴- انبارهای زمینی ۵۷

۱-۲-۲-۳-۵- نگهداری گندم در کیسه های پلی اتیلنی ۵۷

۱-۲-۲-۳-۶- نگهداری غله در فضای باز ۵۸

۱-۲-۲-۳-۷- سیلوها ۵۸

۱-۲-۲-۳-۷-۱- سیلوهای بتونی ۵۸

۱-۲-۲-۳-۷-۲- سیلوهای فلزی ۶۱

فصل ۲) تکنولوژی آسیاب کردن گندم ۶۵

۲-۱- تاریخچه ۶۵

۲-۲- مراحل مختلف آسیاب کردن ۶۷

۲-۲-۱- دریافت و ذخیره سازی گندم ۶۷

۲-۲-۲- تمیز کردن و آماده سازی گندم برای آسیاب کردن ۷۰

۲-۲-۲-۱- تمیز کردن (بوجاری) گندم ۷۰

۲-۲-۲-۱-۱- خصوصیات مورد استفاده در جداسازی ناخالصی ها از گندم ۷۱

۲-۲-۲-۱-۱-۱- اندازه ۷۱

۲-۲-۲-۱-۱-۲- ثقل ویژه ۷۲

۲-۲-۲-۱-۱-۳- شکل ۷۴

۲-۲-۲-۱-۱-۴- ویژگی طبیعی ۷۶

۲-۲-۲-۱-۱-۵- مقاومت در برابر جریان هوا ۷۶

۲-۲-۲-۲- واجد شرایط کردن گندم ۷۹

۲-۲-۲-۲-۱- اهداف واجد شرایط کردن گندم ۷۹

۲-۲-۲-۲-۲- روش‌های واجد شرایط کردن ۸۱

۲-۲-۲-۲-۳- تجهیزات مورد استفاده در فرآیند واجد شرایط کردن ۸۲

۲-۲-۳- فرآیند آسیاب کردن گندم ۸۵

۲-۲-۳-۱- سیستم خرد کننده ۸۸

۲-۲-۳-۲- سیستم درجه بندی و پوسته گیری ۹۳

۲-۲-۳-۳- سیستم خالص سازی یا مغز گیری..... ۹۵

۲-۲-۳-۴- سیستم خراشنده یا دانه بندی..... ۹۹

۲-۲-۳-۵- سیستم نرم کننده..... ۱۰۰

۲-۲-۳-۶- سیستم پیرایش آرد..... ۱۰۱

۲-۲-۳-۷- سیستم تولید خوراک دام..... ۱۰۲

۲-۲-۴- فرآورش آرد از قبل بسته بندی..... ۱۰۳

۲-۲-۴-۱- افزودن مواد افزودنی مختلف به آرد (عمل‌آوری آرد) ۱۰۳

۲-۲-۴-۱-۱- مواد سفیدکننده..... ۱۰۵

۲-۲-۴-۱-۲- مواد رنگبر و رساننده..... ۱۰۵

۲-۲-۴-۱-۳- اصلاح کننده‌های آرد..... ۱۰۶

۲-۲-۴-۱-۴- آنزیم‌ها..... ۱۰۶

۲-۲-۴-۱-۵- ویتامین‌ها و مواد معدنی..... ۱۰۶

۲-۲-۴-۲- مخلوط‌کردن آردها (تقسیم‌بندی آردها) ۱۰۷

۲-۲-۴-۳- الک‌کردن نهایی آرد یا پیرایش مجدد آرد..... ۱۱۱

۲-۲-۴-۴- نابودکردن مکانیکی حشرات..... ۱۱۲

فصل ۳) تکنولوژی تولید نان..... ۱۱۷

۳-۱- تاریخچه..... ۱۱۷

۳-۲- اهمیت گندم و نان..... ۱۱۸

۳-۳- تقسیم بندی نان..... ۱۱۸

۳-۴- چرخه نانوایی..... ۱۲۱

۳-۵- مواد اولیه نان..... ۱۲۲

۳-۵-۱- مواد اولیه اصلی..... ۱۲۲

۳-۵-۱-۱- آرد گندم..... ۱۲۲

۳-۵-۱-۲- آب..... ۱۲۳

۳-۵-۱-۲-۱- عملکرد آب در تهیه نان..... ۱۲۴

۳-۵-۱-۲-۲- نسبت آب به آرد در فرمول خمیر..... ۱۲۵

۳-۵-۱-۳- مخمر نانوایی..... ۱۲۵

۳-۵-۱-۳-۱- نقش مخمر در نانوائی..... ۱۲۶

۳-۵-۱-۴- خمیر ترش..... ۱۲۷

۳-۵-۱-۴-۱- مزایای استفاده از خمیر ترش در تولید نان..... ۱۲۹

۳-۵-۱-۴-۲- معایب استفاده از خمیر ترش..... ۱۲۹

۳-۵-۱-۴-۳- نحوه تهیه خمیر ترش..... ۱۳۰

۳-۵-۱-۴-۴- انواع خمیر ترش..... ۱۳۲

۳-۵-۱-۵- نمک طعام..... ۱۳۶

۳-۵-۱-۵-۱- نقش نمک در تهیه نان..... ۱۳۶

۳-۵-۲- مواد اولیه فرعی..... ۱۳۶

۳-۵-۲-۱- شیر..... ۱۳۶

۳-۵-۲-۱-۱- نقش شیر در تهیه خمیر و نان..... ۱۳۶

۳-۵-۲-۲- شکر..... ۱۳۷

۳-۵-۲-۲-۱- نقش شکر در تهیه خمیر و نان..... ۱۳۷

۳-۵-۲-۳- چربی..... ۱۳۷

۳-۵-۲-۳-۱- نقش چربی در تولید نان ۱۳۷

۳-۵-۲-۴- بهبود دهنده‌های نانوایی ۱۳۹

۳-۵-۲-۴-۱- نقش مواد بهبود دهنده در تکنولوژی نان ۱۳۹

۳-۶- انواع فرمول نان ۱۴۱

۳-۷- توسعه یا گسترش خمیر ۱۴۲

۳-۷-۱- مخلوط کردن خمیر ۱۴۲

۳-۷-۱-۱- عملکرد یا نقش مخلوط‌کن نانوائی ۱۴۳

۳-۷-۱-۲- نقش مخلوط کردن در فرآیند توسعه خمیر ۱۴۴

۳-۷-۱-۳- شناخت مرحله مخلوط کردن خمیر نان ۱۴۴

۳-۷-۱-۴- انواع میکسرهای نانوایی ۱۴۶

۳-۷-۱-۵- مدت زمان بهینه مخلوط‌کردن ۱۴۶

۳-۷-۱-۶- بازدهی خمیر ۱۵۲

۳-۷-۲- رساندن یا عمل آوری خمیر ۱۵۲

۳-۷-۲-۱- عمل آوری خمیر با استفاده از تخمیر ۱۵۳

۳-۷-۲-۱-۱- تخمیر با روش دومرحله ای یا روش «اسفنج و خمیر» ۱۵۳

۳-۷-۲-۱-۱-۱- مزایا و معایب روش تخمیر دومرحله ای ۱۵۵

۳-۷-۲-۱-۲- تخمیر با روش یک مرحله ای ۱۵۶

۳-۷-۲-۱-۲-۱- مزایا و معایب روش تخمیر یک مرحله ای ۱۵۷

۳-۷-۲-۲- عمل آوری خمیر با استفاده از عوامل مکانیکی ۱۵۹

۳-۷-۲-۳- عمل آوری خمیر با استفاده از مواد شیمیایی ۱۵۹

۳-۸- شکل دادن به خمیر ۱۵۹

۳-۸-۱- چانه گیری ۱۶۰

۳-۸-۲- گرد کردن خمیر ۱۶۰

۳-۹- تخمیر میانی ۱۶۲

۳-۱۰- شکل دادن نهایی و قالب گیری ۱۶۳

۳-۱۱- تخمیر نهایی ۱۶۴

۳-۱۲- پخت نان ۱۶۴

۳-۱۳- فرهای نانوائی ۱۶۶

۳-۱۳-۱- انواع فرهای نانوائی ۱۶۷

۳-۱۴- معایب نان و عوامل موثر در آن ۱۷۰

۳-۱۴-۱- تغییرات حجم نان ۱۷۰

۳-۱۴-۲- تغییرات در رنگ پوسته نان ۱۷۱

۳-۱۴-۳- تغییرات در طعم، مزه و بو ۱۷۲

۳-۱۴-۴- نقص در تقارن ۱۷۲

۳-۱۴-۵-ترک خوردن سطح نان ۱۷۲

۳-۱۴-۶- پوسته پوسته شدن سطح نان ۱۷۲

۳-۱۴-۷- بیات شدن نان ۱۷۲

۳-۱۴-۷-۱- نقش نشاسته در پدیده بیات شدن نان ۱۷۳

۳-۱۴-۷-۲- نقش پروتئین در پدیده بیات شدن نان ۱۷۴

۳-۱۴-۷-۳- نقش پنتوزان‌ها در پدیده بیاتی ۱۷۴

۳-۱۴-۸- روش های جلوگیری از بیات شدن نان ۱۷۵

۳-۱۴-۸-۱- به تأخیر انداختن بیاتی در اثر اقدامات تکنولوژیکی ۱۷۵

۳-۱۴-۸-۲- به تأخیر انداختن بیاتی با استفاده از مواد افزودنی..... ۱۷۶

۳-۱۴-۸-۳- تأثیر بسته‌بندی و شرایط نگهداری در بیاتی نان..... ۱۷۶

فهرست منابع..... ۱۷۹

صفحه عنوان انگلیسی..... ۱۸۶

پیش گفتار

اهمیت محصولات غلات و در رأس آن نان به عنوان غذای اصلی مردم بویژه در کشورهای در حال توسعه بر کسی پوشیده نیست. سهولت کاشت، داشت و نگهداری گندم و سهولت فرآوری آن برای رسیدن به طیف وسیعی از غذاهای با ارزش غذایی بالا و لذیذ، تعادل ترکیبات تشکیل دهنده آن از لحاظ مواد مغذی مورد نیاز بدن باعث گردیده که فرآورده‌های غلات در مقایسه سایر مواد غذایی ارزش بیشتری پیدا کنند.

نان غذای اصلی و پایه مردم بسیاری از کشورهای جهان را تشکیل داده و روزانه بخش مهمی از انرژی، پروتئین، فیبر، املاح معدنی و نیز برخی از ویتامین های گروه B مورد نیاز آنها را تأمین می‌کند. گرچه با ارتقاء سطح زندگی در کشورهای صنعتی از میزان مصرف نان کاسته شده است، اما فرآورده‌های غلات و بویژه نان هنوز هم بخش عمده‌ای از انرژی روزانه مردم کشورهای مختلف از جمله ایران را تأمین می کند. مصرف سرانه نان در ایران با رقمی در حدود ۱۴۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم در حدود سه برابر متوسط کشورهای پیشرفته اروپایی است. در سالهای اخیر هم مصرف نان در کشور به دلایل متعدد از جمله بالا رفتن هزینه‌های سایر مواد غذایی و ثابت ماندن قیمت نان افزایش چشمگیری یافته است. لذا نقش گندم و نان در رژیم غذایی مردم ایران در مقایسه با دیگر مردم دیگر نقاط جهان حائز اهمیت است.

تاریخچه تولید نان نشان می‌دهد که نان در گذشته بسیار دور به علت عدم دسترسی بشر به تجهیزات و فقدان دانش مربوطه به‌صورت مسطح و سنتی تهیه می گردید و به‌تدریج با ابداع وسایل و تجهیز بشر به تکنولوژی و دانش مربوطه از حالت سنتی خود به صورت مدرن با تولید نان حجیم و صنعتی تبدیل گردیده است. در کشور ما آهنگ پیشرفت تکنولوژی نان همگام با سایر تکنولوژی‌ها و پا به پای ملل دیگر کشورها پیش نرفته است و متأسفانه نوع تولید و مصرف نان بصورت یک فرهنگ - به ظاهر - غیر قابل تغییر و متکی بر ذائقه و عادات غذایی مردم درآمده است. اینکه هنوز بعد از گذشت این همه زمان از تاریخ پیدایش نان، این محصول در کشور ما بر خلاف بسیاری از کشورها، هنوز هم به شکل سنتی تولید و عرضه می‌شود، مسئله ای بسیار قابل تأمل و تعمق می‌باشد. طبق آمار پژوهشکده غله و نان ایران، سهم بسیار عمده (بالغ بر ۹۵ درصد) مصرف نان در ایران مربوط به نانهای مسطح (لواش با ۴۰٪، بربری با ۲۵٪، تافتون با ۲۵٪ و سنگک با ۶٪) بوده و نانهای حجیم تنها ۴٪ مصرف را بخود اختصاص داده اند. هرچند در بسیاری از کشورها نانوائی های دستی و سنتی هنوز هم نان مورد نیاز بخشی از مردم را تأمین می‌نمایند، اما در اغلب کشورهای صنعتی کارخانجات نان بیشترین سهم بازار را در اختیار داشته و بیش از نیمی از نان بطورت حجیم و صنعتی تولید و عرضه می شود.

به‌خاطر مصرف زیاد فرآورده‌های نانوائی، تولید داخلی گندم کفاف مصرف سالیانه کشور را نمی‌کند و همه ساله مبالغ هنگفتی ارز صرف خرید گندم وارداتی می‌شود. بعلاوه دولت مبالغ قابل توجهی یارانه برای پائین نگه داشتن قیمت نان اختصاص می دهد.

ضایعات نان‌های سنتی در ایران یکی از چالش های بسیار جدی صنعت نانوائی و دغدغه خاطر متخصصان و مسئولین این بخش بوده و هست. طبق برآوردها متوسط درصد ضایعات نان‌های سنتی ایران بالغ بر ۲۵

درصد می باشد که با توجه به اختصاص یارانه های سنگین (در حدود ۳۰۰۰ میلیارد تومان در سال) برای نان سالانه مبالغ هنگفتی از پول بیت المال به‌صورت ضایعات هدر می‌رود. نکته قابل توجه اینجاست که بخش اعظم یارانه های پرداختی دولت به آرد و نان اختصاص می‌یابد که پس از انرژی، بزرگترین حجم یارانه کشور را تشکیل می دهد. در حال حاضر قیمت تمام شده هر کیلو آرد برای دولت رقمی در حدود ۴۰۰۰ ریال است اما هر کیلو آرد را با قیمت ۷۵ ریال به نانوائی‌های سنتی و با قیمت ۴۵۰ ریال به نانوائی های نان فانتزی تحویل داده می شود که سهم بسیار ناچیزی (کمتر از ۱۰٪) از قیمت نهایی فرآورده را تشکیل می دهد! لذا گرایش‌های بسیاری برای هدر دادن نان بصورت خواسته یا ناخواسته از تولید، توزیع تا مصرف آن دیده می شود.

با نگاهی به آمار کتب، مقالات، پایان نامه‌ها، گزارش‌های علمی مختلف در دانشگاه‌ها، آموزشکده‌ها، پژوهشکده‌های دولتی و غیردولتی ایران و نیز مجلات علمی- تخصصی مرتبط با غلات، آرد و نان و حضور دانشمندان، محققین و متخصصین زیادی در این زمینه در ایران در می‌یابیم که اکثر قریب به اتفاق متون علمی و نتایج تحقیقات منتشر شده مورد استفاده بخش نانوایی قرار نگرفته و این صنعت با مشکل بسیار جدی فقدان کیفیت و ضایعات که نتیجه آن هدررفت منابع ملی است، هنوز هم دست و پنجه نرم می‌کند. علت احتمالی را می‌توان در بین عوامل متعددی ازجمله سیاست‌های حمایتی دولت از این بخش که باعث غیر رقابتی شدن محصول نان شده است، عدم صنعتی و مدرن بودن واحدهای تولیدی نان و عدم احساس نیاز به فراگرفتن و کاربرد پیشرفت‌های علمی در این زمینه توسط دست اندرکاران بخش تولید، عدم بکارگرفتن نیروهای ماهر و نیمه ماهر در این بخش، عدم وجود برنامه های آموزشی مناسب و کافی توسط ارگان‌های ذیربط برای آموزش قشر عامه در زمینه فرهنگ صحیح تهیه و مصرف نان و عوامل متعدد دیگر جستجو نمود.

از طرف دیگر اگر به نحوه جمع آوری و مصرف ضایعات نان در کشور نگاهی دقیق بیاندازیم متوجه خواهیم شد که در اکثر موارد ضایعات نان کپک زده و آلوده به سموم قارچی نظیر آفلاتوکسین از دامداری ها سر در آورده و صرف تغذیه دام شده که در نهایت باعث آلوده شدن شیر و گوشت آنان به این سموم می شود. سموم مزبور با توجه به مقاومت بالای حرارتی که دماهای فرآورش غذایی را تحمل می نمایند از طریق مصرف فرآورده های لبنی و گوشتی آلوده در نهایت به بدن انسان راه می‌یابند. شاید خطرات این فاجعه در کوتاه مدت نمایان نباشد اما در آینده مشکلات و بیماری‌های عدیده ای گریبان‌گیر مردم خواهد شد، کما اینکه امروزه کشور ما با آمار بسیار زیادی از انواع بیماری‌های سرطان دست و پنجه نرم می‌کند. لذا بر متخصصین علوم و تکنولوژی غلات و نیز مسئولین ذیربط می‌باشد تا با تلفیق دانش و مدیریت صحیح و فرهنگ سازی مناسب از اتلاف منابع ملی به این شکل و نیز خطراتی که در این راه متوجه سلامتی مردم می باشد جلوگیری نمایند.

خوشبختانه در چند سال گذشته اهتمام دولت به امر ارتقاء کیفیت نان (تبصره ۱۵ قانون بودجه سال ۸۶ و ۸۷) و تلاش برای صنعتی کردن نان به طور کاملا محسوس آغاز شده و در پائیز سال ۱۳۸۸ لایحه هدفمند کردن یارانه‌ها توسط دولت مهرورز تقدیم مجلس محترم گردیده است. امید می‌رود تا با حمایت‌ها و تلاش مسئولین ذیربط مشکل نان در کشور بطور جدی حل شده و این صنعت به سمت ارتقاء کیفیت گام بردارد. به‌نظر می‌رسد با سیاست‌های اخیر دولت محترم، صنعت نان کشور در آستانه یک دگرگونی اساسی قرار گرفته و در سالهای آینده امید زیادی به پیشرفت کیفی آن وجود دارد.

کتاب حاضر با توجه به تقاضا و نیاز دانشجویان صنایع غذایی و علوم تغذیه در مقاطع و گرایش های مختلف در دو جلد تنظیم گردیده است. **جلد اول** در سه فصل شامل کلیاتی بر آشنایی با انواع غلات و کاربردهای آنها، تکنولوژی آسیاب کردن آرد و تکنولوژی تولید نان به رشته تحریر درآمده است. در **جلد دوم** بقیه تکنولوژی‌های مرتبط با سرفصل‌های درس تکنولوژی غلات شامل تکنولوژی بیسکویت، تکنولوژی ویفر، تکنولوژی ماکارونی، تکنولوژی کیک، تکنولوژی نشاسته و شیرین کننده‌های نشاسته‌ای و تکنولوژی مالت سازی تنظیم گردیده است.

در اینجا برخود وظیفه می دانم از اساتید ارجمندم جناب آقای مهندس **رسول پایان** در دوره کارشناسی دانشگاه تبریز، آقایان دکتر **سیدمهدی سیدین اردبیلی** و دکتر **محمدحسین عزیزی** در دوره کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس و پژوهشکده غله و نان تهران، و نیز آقای پرفسور «**Rob J. Hamer**» در دوره دکتری تخصصی و دوره فوق‌دکتری در دانشگاه واگنینگن هلند که در محضر همه این بزرگواران علوم و فنون غلات را آموخته ام به نیکی یاد کرده و احترامات فائقه خود را تقدیم آنان نمایم.

از جمعی از دانشجویان علوم و صنایع غذایی ورودی ۸۵ دانشگاه تبریز به جهت کمک های ارزنده شان در تایپ مجدد مطالب کتاب و نیز از خانم مهندس **مهسا پورامینی** که با حوصله و دقت فراوان کمک شایانی در بازخوانی نسخه‌های تایپ شده و فرمت بندی صفحات کتاب داشتند صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری می‌نمایم.

از حمایت‌های فکری و تشویق‌های مؤثر دوست و همکار ارجمندم جناب آقای دکتر **صدیف آزاد مرد** و همکار ارجمندم جناب آقای دکتر **عزیز همایونی راد** در به ثمر رسیدن این مجموعه صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم. از آقای مهندس **کامیار راد** به جهت قبول زحمت طراحی طرح روی جلد کتاب تشکر می‌نمایم. در نهایت از انتشارات دانشگاه علوم پزشکی تبریز و بویژه جناب آقای **انصاری** به جهت مساعدت در چاپ این مجموعه سپاسگزاری می‌نمایم.

بهار ۱۳۸۹

سید هادی پیغمبردوست

عضو هیأت علمی گروه علوم و صنایع غذایی

تبریز، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی

peighambardoust@tabrizu.ac.ir

۰۴۱۱ - ۳۳۹۲۰۸۲

فصل ۱

کلیات

- مقدمه
- ساختمان و مورفولوژی دانه غلات
- انواع غلات و گونه های مختلف آن
- گندم. برنج. ذرت. جو. چاودار. سورگوم. ارزن. یولاف
- تکنولوژی گندم
- روش‌های نگهداری غلات

۱– کلیات

۱–۱–آشنایی با غلات

غلات بذور علف‌های زراعی موسوم به گرامینه[1] می‌باشند و عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از: گندم، چاودار، جو، جودوسر(یولاف)، برنج، ذرت، ارزن و سورگوم. از بین غلات فوق، چهار غله اول جزو غلات اصلی طبقه‌بندی می‌شوند. البته تریتیکاله نیز جدیداً معرفی شده است که محصول هیبرید گندم و چاودار می‌باشد. گاهی اوقات دانه باک‌ویت[2] با نام علمی فاگوپایروم[3] نیز جزو غلات محسوب می‌شود اما از لحاظ گیاه‌شناسی این گیاه از خانواده پلی‌گوناسه[4] بوده یا جزو ناتوید[5] طبقه‌بندی می‌شود. با توجه به این‌که پوشینه این گیاه به دانه چسبیده است و از نظر ترکیبات، نحوه آماده‌سازی، فرآیندهای تکنولوژیکی، مراحل پوست‌گیری، فرآیندهای عمل‌آوری و نگهداری و سایر خواص، با دانه غلات مشابهت دارد، آن را در گونه غلات قرار می‌دهند.

استفاده از غلات از سالیان دور شناخته شده بوده و در بررسی‌های باستان‌شناسی انجام گرفته، اجداد این گیاهان در کشور عراق (که قبلاً مزوپوتامیا[6] نام داشت) یافت شده‌اند. امروزه مشخص شده است که گونه‌های وحشی غلات در حدود ۹۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح توسط بشر مورد استفاده قرار گرفته است. برخی از گونه‌های وحشی گندم هنوز هم در خاورمیانه وجود دارند که از جمله می‌توان به گندم اینکورن[7] و گندم امر[8] اشاره نمود. به دلیل این که دانه‌های این نوع گندم‌ها پس از رسیدن از سنبله یا خوشه ریزش می‌کنند و برداشت آن‌ها با اشکال مواجه می‌شود، لذا امروزه زراعت این گونه‌ها محدود گشته است.

بشر در طول ۵۰۰۰ سال گذشته و یا حتی بیشتر، در همان زمان شروع به انتخاب گیاهان و دانه‌های غذایی مورد نظر خود نمود. حتی هنوز هم پروسه پیشرفت در حال تکامل می‌باشد، در مواردی بشر به دنبال واریته‌های مقاوم به امراض و آفات و یا واریته‌های با عملکرد خوب می‌باشد. فرآورده‌های غلات بخش عمده‌ای از نیازهای غذایی روزانه افراد را تشکیل می‌دهند. به عنوان مثال حدود ۶۵ الی ۷۰ درصد از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و همچنین قسمت زیادی از ویتامین‌های گروه B، املاح و عناصر کم مقدار رژیم غذایی روزانه افراد از طریق غلات و فرآورده‌های آن تأمین می‌شود. این امر بیشتر به دلایل زیر می باشد :

بازده(عملکرد در هکتار) بالای غلات نسبت به سایر محصولات، قابلیت ماندگاری خوب، حمل و نقل آسان، ارزش غذایی بالا، مزه خنثی[9]

---

[1] Gramineae
[2] Buckwheat
[3] Fagopyrum
[4] Polygonaceae
[5] Knotweed
[6] Mesopotamia
[7] Einkorn (T. monococcum)
[8] Emmer (T. dicoccum)
[9] Neutral taste

۱- ۱-۱- مورفولوژی ساختمان دانه غلات

دانه غلات از لحاظ گیاه‌شناسی کاریوپس[1] نامیده می‌شود. به میوه‌های خشک ناشکوفا و تک‌دانه کاریوپس می‌گویند. به طور کلی به منظور مشخص‌کردن و نشان‌دادن ساختمان دانه غلات، دانه گندم را ملاک قرار داده و سایر دانه‌های غلات را با آن مقایسه می کنند. دانه غلات از سه قسمت اصلی تشکیل است (شکل ۱-۱).

۱- ۱-۱-۱- جوانه یا جنین[2]

جوانه در حدود ۳ الی ۵ درصد دانه غلات را تشکیل داده و مهمترین عضو دانه و منشأ تولید گیاه جدید بوده و در قسمت انتهایی دانه قرار داشته و از اجزاء زیر تشکیل شده است:

- ریشه چه یا رادیکولا [3]
- محل غنچه یا برگ یا پلومولا [4]
- لپه گیاهک یا اسکوتلوم[5]
- اپیتل استوانه‌ای[6]

۱- ۱-۱-۲- اندوسپرم

اندوسپرم در حدود ۷۵ تا ۹۰ درصد دانه غلات را تشکیل می‌دهد. قسمت اعظم دانه را اندوسپرم تشکیل داده که مهمترین بخش خوراکی دانه را شامل می‌شود و محتوی مقادیر زیادی نشاسته با اشکال و اندازه‌های گوناگون می‌باشد. جداره سلول‌های آندوسپرم از مواد پروتئینی تشکیل شده که ذرات نشاسته را در بر گرفته‌اند. ساختمان اندوسپرم غیریکنواخت بوده و هر چه به مرکز دانه نزدیک‌تر می‌شویم مقدار پروتئین کم می‌شود.

اندوسپرم از قسمت‌های مختلف زیر تشکیل شده است:

- سلول‌های نشاسته ای که منبع ذخیره نشاسته می‌باشند.
- سلول‌های حاوی مواد پروتئینی مانند گلیادین (پرولامین)، گلوتلین، آلبومین و گلوبولین و غیره (لایه آلرون: این لایه در گندم، چاودار و یولاف از یک لایه و در جو از ۲ تا ۴ لایه سلول تشکیل شده است.)
- سلول‌های لایه آلرون به صورت منظم و یکنواخت بوده که در برش عرضی به صورت چهار گوش و در برش طولی اغلب پنج‌ضلعی به نظر می‌رسند. لایه آلرون مانند کمربندی اطراف اندوسپرم را احاطه کرده‌است. در سلول‌های آلرون ذخیره‌سازی نشاسته صورت نمی‌گیرد. سلول‌های این لایه حاوی

[1] Caryopsis
[2] Embryo
[3] Radicula
[4] Plumula
[5] Scutellum
[6] Cylinderepithel

دانه‌های ظریف پروتئینی آلرون بوده که از نظر طبقه‌بندی عمدتاً جزء گلوبولین‌ها به شمار می‌آیند. ذرات آلرون همچنین حاوی مقداری اسید فتیک می‌باشد که با آهن و کلسیم تشکیل کمپلکس‌های غیر قابل جذب در بدن کرده و این عناصر را از دسترس بدن خارج می‌سازند. در لایه آلرون علاوه بر پروتئین، چربی، مواد حاوی لیسیتین، مواد رنگی، ویتامین‌ها و آنزیم‌های مختلف نیز ذخیره می گردند.

۱- ۱-۱-۳- پوسته

پوسته به صورت لایه یا قشر نازکی اطراف دانه غلات را احاطه کرده و عضو محافظی برای جوانه و اندوسپرم بوده و از دو لایه تشکیل یافته است. پوسته بسته به نوع گندم بین ۷ تا ۲۰ درصد دانه غلات را تشکیل می‌دهد.

پریکارپ[1] یا اولین پوسته، **تستا**[2] یا دومین پوسته

اولین پوسته یا پریکارپ خود از چهار لایه تشکیل شده است که به ترتیب از خارج به داخل عبارتند از:

الف) اپیدرمیس: خارجی‌ترین لایه دانه بوده که از یک الی سه ردیف سلول تشکیل شده است. سلول‌های اپیدرمیس در مقایسه با سه لایه دیگر بزرگتر بوده و با داشتن دیواره‌ای ضخیم از ترکیب الکل و چربی تشکیل شده‌اند.

ب) سلول‌های طولی: این سلول‌ها نیز در طول دانه از یک تا سه ردیف سلول تشکیل شده‌اند و به صورت دراز و مستطیلی شکل دیده می‌شوند. دیواره سلول‌های طولی در جو و یولاف نازک و ظریف و در چاودار کمی ضخیم و در گندم اغلب ضخیم می‌باشد.

ج) سلول‌های عرضی: در زیر سلول‌های طولی قرار گرفته و چهار گوش به نظر می‌رسند. سلول‌های عرضی در دانه جو از دو لایه و در گندم از دیواره ضخیمی تشکیل شده که در انتها دیواره آن نازک می شود.

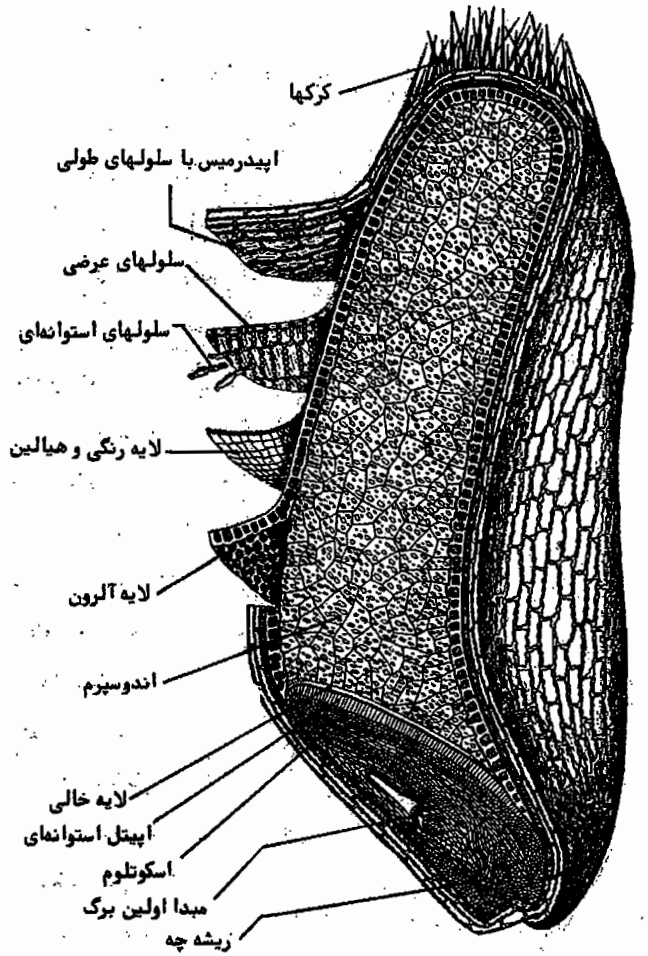
د) سلول‌های استوانه‌ای: به طور کلی وظیفه سلول‌های استوانه‌ای رساندن مواد غذایی به اندوسپرم می‌باشد. سلول‌های استوانه‌ای در گندم، چاودار، جو، یولاف به صورت منفرد دیده می‌شوند.

دومین پوسته یا لایه **تستا** نیز از دو قسمت تشکیل شده است:

الف) لایه قهوه‌ای: از دو لایه سلول طولی و بسیار متراکم تشکیل شده است. این لایه در برش عرضی، قهوه‌ای به نظر می‌رسد چون حاوی مواد رنگی قهوه‌ای می‌باشد.

ب) لایه هیالین: این لایه بین تستا و لایه آلرون قرار داشته و بی‌رنگ می‌باشد. لایه هیالین از یک سو به سلول‌های استوانه‌ای لایه پریکارپ و از سوی دیگر به سلول‌های لایه آلرون متصل می‌باشد.

[1] Pericarp
[2] Testa



شکل ۱-۱. بخش‌های تشکیل دهنده ساختمان دانه گندم در برش طولی

کرک‌ها یا تارهای مویی[1]

کرک‌ها یا تارهای مویی در قسمت فوقانی یا رأس دانه و در نقطه مقابل جوانه قرار دارند. این تارها به شکل کوتاه یا بلند، راست یا خمیده، متراکم یا منفرد و به رنگ‌های مختلف ظاهر می‌شوند و از روی همین ویژگی‌ها می‌توان غلات مختلف را از یکدیگر متمایز ساخت.

پوشینه(گلومل)[2]

پوشینه جزء اصلی دانه به شمار نمی‌آید. درصد آن نسبت به کل دانه به نوع، جنس، گونه و مدت زمان رشد گیاه بستگی دارد. در برخی از منابع درصد پوسته و پوشینه را توأماً ذکر می‌کنند. پوشینه در جو، برنج و گندم گروه دیپلوئید، به طور محکم به دانه چسبیده و به آسانی جدا نمی‌شود در حالی‌که در یولاف می‌توان آن را نسبتاً به آسانی جدا نمود. اصولاً پوشینه، دانه را در مقابل عوامل و صدمات خارجی و همچنین نفوذ میکروارگانیسم‌ها به درون دانه حفاظت می‌کند. فساد در دانه غلات که دارای پوشینه می‌باشند در مقایسه با غلات بدون پوشینه به مراتب دیرتر و کمتر صورت می‌گیرد.

۱-۱-۲- انواع غلات و گونه‌های مختلف آن

۱-۱-۲-۱- گندم

گندم مهمترین دانه غذایی در جهان محسوب می‌شود و حدود ۲۰ در صد کل کالری و پروتئین مورد نیاز مردم جهان را تأمین می‌کند. بعلت راندمان تولید زیاد و نیز امکان کشت آن در اکثر نقاط دنیا و همچنین قابلیت پخت و خواص منحصر به فرد تغذیه‌ای و صنعتی و کیفیت فوق العاده گلوتن آن، هیچ غله‌ای نمی‌تواند با آن رقابت نماید. بر اساس آمار فائو در سال زراعی ۹۲-۱۹۹۲ در جهان ۵۳۹ میلیون تن گندم (۳۰/۰۸٪ تولید کل غلات) تولید گردیده است .

۱-۱-۲-۱-۱- طبقه‌بندی گندم

۱-۱-۲-۱-۱-۱- طبقه‌بندی بتانیک

گندم متعلق به خانواده گرامینه‌آ[3]، تیره هورده‌آ[4]، جنسح تریتیکوم[5] و گونه‌های متعددی می‌باشد. عمده‌ترین گونه‌های تجارتی گندم محدود به چهار گونه از تریتیکوم به شرح ذیل می‌باشد:

۱- تریتیکوم منوکوکوم[6] (گندم دیپلوئید 2n=2x=14)

---

[1] Hairs
[2] Glumel
[3] Poaceae Gramineae
[4] Hordeae
[5] Triticum
[6] Triticum monococcum

۲- تریتیکوم تورجیدوم[1] (گندم تتراپلوئید 2n=4x=28)
۳- تریتیکوم دوروم[2] (گندم تتراپلوئید 2n=4x=28)
۴- تریتیکوم آئستیووم[3] (گندم هگزاپلوئید 2n=6x=42)

از بین چهارگونه فوق،گونه آئستیووم گندم معمول جهت پخت نان می‌باشد و گونه‌های تورجیدوم و دوروم گندم‌های مخصوص فرآورده‌های ماکارونی می‌باشند.

۱- ۱-۲-۱-۱-۲- طبقه‌بندی تجارتی

برای اهداف تجارتی، طبقه‌بندی دیگری غیراز طبقه‌بندی بتانیکی (گیاه‌شناسی) فوق‌الذکر لازم است تا خواص مختلف گندم‌ها را با یکدیگر مورد مقایسه قرار دهد. به این نوع طبقه‌بندی، طبقه‌بندی تجارتی اطلاق می‌شود که در آن فاکتورهای عمده‌ای از قبیل سختی و نرمی دانه، زمستانه یا بهاره بودن، قرمز یا سفید بودن پوسته و فاکتورهایی که اخیراً مورد توجه می‌باشد از جمله کمیت و کیفیت پروتئین گلوتن، جهت تفکیک گندم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱- ۱-۲-۱-۱-۳- طبقه‌بندی بر اساس فصول کشت

طبقه‌بندی گندم به دو نوع زمستانه و بهاره مربوط به فصولی است که در طول آن گندم رشد می‌کند. گندم زمستانه در مناطقی که خاک زیاد در معرض یخبندان قرار نمی‌گیرد نظیر اروپای شمال‌غربی، کاشته می‌شود. گندم زمستانه در اواخر فصل تابستان کاشته می‌شود و در پائیز و تا رسیدن زمستان جوانه زده و در طول فصل سرما در فاز رویشی باقی مانده و در اوایل بهار سال بعد به رشد خود ادامه می‌دهد. این نوع گندم در مناطقی کشت می‌شود که زمستان خیلی سرد نداشته باشد چون در اثر یخ زدن زمین احتمال از بین رفتن جوانه وجود دارد.

گندم بهاره همان‌طور که از نامش پیداست در فصل بهار کاشته شده و در اواخر فصل تابستان و یا پائیز برداشت می‌شود. در مناطقی نظیر شمال کانادا و روسیه که زمستان‌های بسیار سرد دارند گندم را در اولین فرصت ممکن در بهار می‌کارند. چنین گندم‌هایی به دلیل شرایط آب و هوایی زودرس بوده و اندوسپرم بلوری با مقدار پروتئین بالایی ارائه می‌دهند و از لحاظ کیفیت نانوایی جزو دسته گندم‌های مرغوب قرار می‌گیرند.

۱-۱-۲-۱-۱-۴- طبقه‌بندی گندم از نظر نوع کاربرد

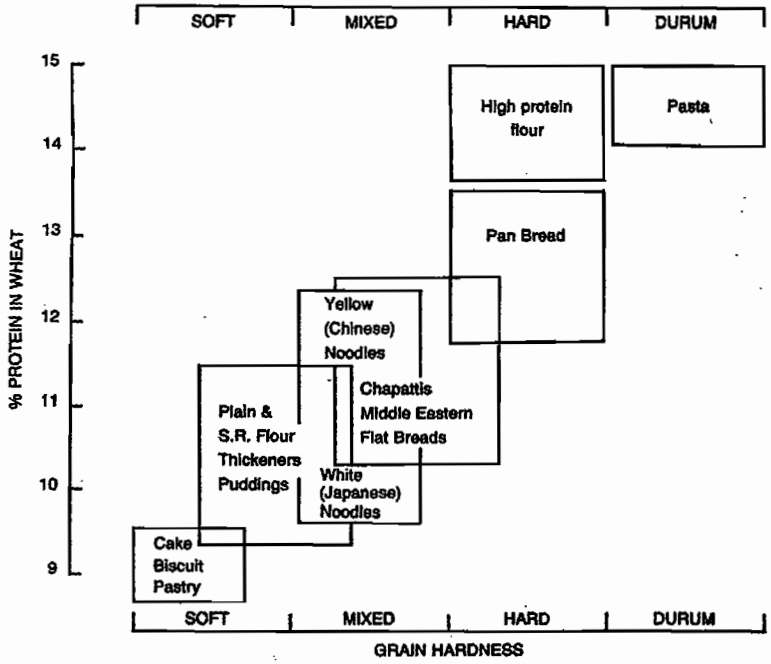
با توجه به اینکه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گندم‌های مختلف، متفاوت می‌باشد می‌توان نوع مصرف گندم جهت تولید فرآورده نهایی خاصی را معین نمود. به عنوان مثال موارد کاربرد گندم‌های مختلف با

[1] Triticum turgidum
[2] Triticum durum
[3] Triticum aestivum

توجه به سختی دانه و میزان پروتئین آن متفاوت می‌باشد و از روی این ویژگی‌ها نوع استفاده از گندم جهت تولید یک فرآورده خاص، مشخص می‌شود. این امر در شکل ۱-۲ دیده می‌شود.
در یک طبقه‌بندی کلی، گندم از نظر مصارف مختلف به صورت زیر طبقه‌بندی شده است:

گندم مخصوص محصولات ماکارونی

گندم مخصوص جهت تولید فرآورده‌هایی از قبیل ماکارونی، اسپاگتی، نودل، ورمیشل و ... از نوع گندم‌های سخت و یا دوروم با مقدار پروتئین بیش از ۱۲/۵درصد و گلوتن مرطوب بیش از ۳۰ درصد بوده و خمیر حاصل از آن‌ها باید واکنش خوبی در هنگام پرس یا اکسترود شدن از خود نشان دهد. محصول حاصل از این گندم‌ها باید در طی فرآیند پخت شکل فیزیکی خود را حفظ کرده، وانرفته و در هنگام جویدن به صورت خیلی سفت و لاستیکی و یا خیلی نرم در نیامده و به دندان‌ها نچسبد و ماده خشک خود را هنگام پخت در آب جوش کمتر از دست بدهد.



شکل ۱-۲. انواع گندم جهت مصارف نهایی متعدد

گندم مخصوص کیک، شیرینی و بیسکویت

گندم‌هایی که بدین منظور اختصاص داده می‌شوند اغلب از نوع گندم‌های نرم با مقدار پروتئین نسبتاً پایین می‌باشند. به عبارت دیگر این نوع گندم معمولاً به دلیل ایجاد بافت مناسب در محصول باید مقدار پروتئین بین ۷ تا ۹ درصد داشته باشند و گلوتن مرطوب آن ها کمتر از ۲۰ درصد باشد.

گندم مخصوص نان و محصولات تخمیری

کمیت و کیفیت پروتئین یا گلوتن گندم‌های مخصوص نان حائز اهمیت است. پروتئین گندم‌هایی که برای این منظور اختصاص داده می‌شوند، معمولاً بیش از ۱۱در صد، گلوتن مرطوب آن‌ها بیش از ۲۶ درصد می‌باشد.

گندم چند منظوره

گندمی است که برای مصارف مختلف از قبیل نان و محصولات خمیری و یا کیک و شیرینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نمونه بارز آن، گندم پرایری[1] کانادا می باشد که جهت تولید نان‌های مسطح و کراکر و نودل مناسب می‌باشد.

گندم مخصوص دام و طیور

اغلب گندم‌هایی که بدین منظور اختصاص داده می‌شوند، به نحوی صدمه دیده بوده و دارای نقاط ضعف می‌باشند، به عنوان مثال فعالیت آنزیمی چنین گندم‌هایی بالا، کیفیت گلوتن آن پایین و یا درصد دانه‌های صدمه دیده حرارتی و حشره یا آفت‌زده آن در حد بالایی می‌باشد.

طبقه‌بندی گندم از لحاظ نوع مصرف، جهت قیمت‌گذاری و اهداف تجارتی و صنعتی حائز اهمیت است. زیرا وجود دسته‌های مختلف گندم با توجه به خواص فیزیکی و شیمیایی خاص خود به خریداران این امکان را می‌دهد که با توجه به نیاز خاص خود جهت تولید فرآورده‌های مورد نظر، گندم را انتخاب و خریداری نمایند.

۱-۱-۲-۲- برنج[2]

قدمت برنج به ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد برمی‌گردد و اولین گونه‌های زراعتی آن در کشورهای هندوستان، اندونزی و چین توسط بشر کاشته شده است. برنج جزو غلاتی است که گستردگی وسیع جغرافیایی داشته و تقریباً در نقاط مختلف جهان تحت شرایط کاملاً متفاوت از سرزمین‌های خشک گرفته تا مناطقی که در آن عمق آب به ۶ متر می‌رسد کشت می‌شود. اما پرمحصول‌ترین نقاط جاهایی هستند که برنج در زمین‌های پوشیده از آب تا عمق کنترل شده، کشت می‌شود.

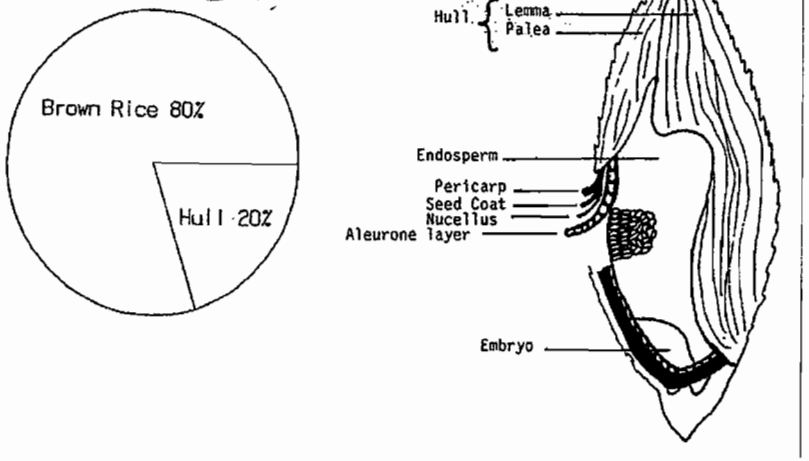
بر اساس آمار فائو در سال۹۳-۱۹۹۲ در جهان حدود ۵۱۹/۹ میلیون تن برنج تولید شده است که بعد از گندم مقام دوم را در بین غلات دارا می‌باشد و ۲۹/۰۲ درصد کل تولید غلات را شامل می‌شود.

[1] Prairie
[2] Oryza sativa

۱-۱-۲-۲-۱- ساختمان دانه برنج

برنج از لحاظ گیاه‌شناسی دانه برنج کاریوپس[1] بوده و توسط یک پوشش یا پوسته محافظ پوشانده شده است و دانه برنج به همراه همین پوسته برداشت می‌شود. پوسته خارجی برنج از یک ساختار دو قسمتی به نام لما[2] و پالئا[3] تشکیل شده است که به طور خیلی سفت به دانه چسبیده‌اند (شکل ۱-۳). پوسته مزبور عامل محافظت‌کننده برنج در مقابل بسیاری از آفات بوده و به عنوان مانعی برای تغییرات سریع رطوبت دانه در شرایط آب و هوایی مختلف می‌باشد. دانه برنج پس از مراحل برداشت شلتوک[4] گفته می‌شود که حاوی ۱۸ الی ۲۰ درصد پوسته خارجی می‌باشد (شکل ۱-۴).

بعد از حذف پوسته خارجی[5] دانه برنج بدست آمده را برنج قهوه‌ای[6] می‌نامند. دانه رسیده برنج قهوه‌ای تقریباً حاوی ۹۳ درصد اندوسپرم، ۴ درصد جوانه و ۳ درصد سبوس[7] می‌باشد.



شکل ۱-۳. اجزاء ساختمانی دانه برنج

شکل ۱-۴. اجزاء تشکیل دهنده شلتوک

[1] Caryopsis
[2] Lemma
[3] Palea
[4] Rough Rice or Paddy Rice
[5] Husk or Hull
[6] Brown Rice
[7] Bran

قسمت‌های مختلف تشکیل دهنده برنج و ترکیبات آن‌ها در شکل ۱-۵ آمده است.

اندوسپرم، داخلی‌ترین قسمت نشاسته‌ای دانه برنج می‌باشد که حاوی گرانول‌های نشاسته می‌باشد و تقریباً ۹۰ درصد اندوسپرم را نشاسته تشکیل می‌دهد. خارجی‌ترین قسمت اندوسپرم لایه آلرون می‌باشد. از لحاظ گیاه‌شناسی لایه آلرون جزئی از اندوسپرم می‌باشد اما در فرآیند آسیاب‌کردن برنج، به همراه سبوس جدا می‌گردد. ناحیه بین پوسته و اندوسپرم از سه لایه مشخص تشکیل یافته است: (شکل ۱- ۳)

- پریکارپ [1]
- پوشش دانه یا تگمن [2]
- نوسلوس [3]

این سه لایه به همراه لایه آلرون حدود ۳ ٪ از وزن دانه برنج قهوه‌ای را تشکیل می‌دهند و به مجموعه آن‌ها سبوس گفته می‌شود. ۴ ٪ باقیمانده را جوانه یا جنین تشکیل می‌دهد.

۱-۱-۲-۲-۲- انواع برنج

مهمترین جنس‌های برنج عبارتنداز:

- زیزانیا [4] یا برنج وحشی [5] : این نوع برنج بومی کشورهای آمریکای شمالی می‌باشد.
- اورایزه [6] : برنج چندمنظوره بوده و مورد استفاده انسان، دام و طیور قرار گرفته و در صنعت تهیه الکل نیز مصرف می‌گردد.
- لیرزیا [7] : برنج علوفه‌ای بوده و تنها در تغذیه دام و طیور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

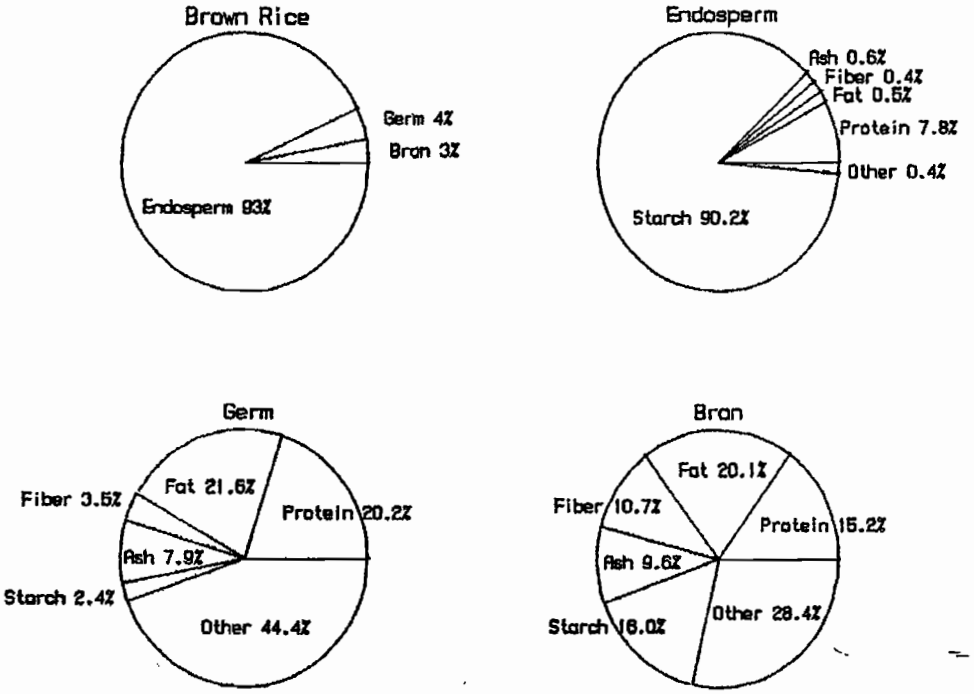
۱-۱-۲-۲-۳- طبقه‌بندی برنج

از جنس اورایزه، گونه ستیوا مورد استفاده زیادی داشته و سازمان خوار و بار و کشاورزی جهانی (فائو) این برنج را بر اساس درشتی دانه، نسبت طول به قطر و همچنین وزن هزار دانه به شرح ذیل طبقه‌بندی نموده است:

- برنج‌های دانه بلند (نسبت طول بیش از سه برابر قطر است): معمولاً دانه‌ها بلند و طول آن‌ها ۶ الی ۷ میلی‌متر و گاهی بیشتر می‌باشد.
- برنج‌های دانه متوسط(نسبت طول به قطر ۲/۴ الی ۳ می‌باشد): طول دانه‌ها معمولاً ۵ الی ۶ میلی‌متر است.

[1] Pericarp
[2] Tegmen or Seed Coat
[3] Nucellus
[4] Zizania
[5] Wild Rice
[6] Oryza
[7] Leersia

- برنج‌های دانه کوتاه یا دانه قطور (نسبت طول به قطر ۲ الی ۲/۳ است): طول دانه‌ها اغلب کمتر از ۵ میلی‌متر می‌باشد.
- برنج‌های دانه گرد (نسبت طول به قطر کمتر از ۲ می‌باشد): این نوع برنج را برنج آشی هم می‌نامند که در تهیه فرنی، شیر برنج و آش مورد استفاده قرار می‌گیرد. رنگ آن سفید گچی بوده و طول و عرض دانه اختلاف کمی با هم دارند. این نوع برنج در هنگام پخت، توده چسبنده‌ای را به وجود می‌آورد و در تولید محصولی به نام مالائو [1] که جزو تنقلات به شمار می‌آید، مصرف دارد.



شکل ۱-۵- اجزاء تشکیل دهنده برنج قهوه‌ای، اندوسپرم، جوانه و سبوس

۱-۱-۲-۲-۴- طبقه‌بندی کیفی برنج

در رابطه با کیفیت برنج، چهار نوع طبقه‌بندی مطرح می‌باشد:

[1] Malau

۱- طبقه‌بندی برنج از لحاظ کیفیت آسیابانی
۲- طبقه‌بندی برنج از لحاظ کیفیت پخت، فرآیند و قابلیت خوراکی
۳- طبقه‌بندی برنج از لحاظ کیفیت تغذیه‌ای
۴- طبقه‌بندی برنج از لحاظ تعیین کیفیت ویژه با توجه به خواصی از قبیل عاری بودن از مواد خارجی، سالم بودن و خلوص

معیارهای تجارتی در مورد برنج ترکیبی از کیفیت آسیابانی و استانداردهای مربوط به تمیز بودن، سالم بودن و خلوص می‌باشد. این معیارها توجه کمی به کیفیت پخت، فرآیند و قابلیت خوراکی برنج دارند و اصولاً کیفیت تغذیه‌ای را مد نظر قرار نمی‌دهند.

کیفیت آسیابانی در واقع معیاری از درجه سالم بودن اندوسپرم در جریان جداسازی سبوس از دانه برنج می‌باشد. هر چه شدت آسیاب‌کردن افزایش پیدا کند احتمال آسیب‌دیدگی دانه‌ها و افزایش درصد شکستگی آن‌ها وجود دارد. بر عکس اگر بازدهی آسیابانی کم باشد احتمال باقی ماندن سبوس و جوانه وجود دارد که در این صورت روغن موجود در جوانه مستعد اکسیداسیون بوده و قابلیت ماندگاری[1] محصول را پایین می‌آورد. پس شدت آسیاب‌کردن یکی از پارامترهای مؤثر در کیفیت برنج می‌باشد و یک حد مطلوبی در این مورد باید رعایت گردد.

در رابطه با کیفیت پخت و فرآیند، معیارهای ویژه‌ای را مدنظر قرار داده و با توجه به آن‌ها کیفیت پخت و فرآیند را تعیین می‌کنند. برخی از این معیارها عبارتنداز:
درصد آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینه شدن، ویسکوزیته ژل نشاسته (که توسط دستگاه آمیلوگراف اندازه‌گیری می‌شود)، قابلیت پایداری برنج در مقابل فرآیند نیم‌پز کردن و کنسرو کردن، مقدار جذب آب و غیره.

در جدول ۱-۱- برخی از این معیارها در مورد برنج سفید از سه نوع دانه بلند، دانه متوسط و دانه کوتاه با همدیگر مورد مقایسه قرار گرفته است.

از لحاظ کیفیت تغذیه‌ای، برنج قهوه‌ای مواد مغذی (ویتامین‌ها، املاح و مواد معدنی) بیشتری نسبت به برنج سفید یا برنج آسیاب شده دارد. اما خود این مواد به تنهایی جوابگوی نیازهای تغذیه‌ای موجود از ماده غذایی نیستند. مقدار مواد مغذی در بین واریته‌های مختلف برنج، متفاوت است.

[1] Shelf life

جدول ۱-۱ خصوصیات پخت و فرآیند نوعی برنج سفید آمریکائی در سه نوع دانه بلند، متوسط و کوتاه

Characteristics	Long	Medium	Short
Alkali spreading value	3–5	6–7	6–7
Amylographic viscosity (BU)			
Peak viscosity	765–840	890–980	820–870
Hot paste viscosity	400–500	370–420	370–400
Cool paste viscosity	770–880	680–760	680–690
Amylose content (%)	23–26	15–20	16–20
Gelatinization temperature	71–74	65–68	65–67
Gelatinization temperature class	Intermediate	Low	Low
Parboiling-canning stability (% solids loss)	18–21	31–36	30–33
Water uptake at 77°C (mL/100 g)	121–136	300–340	310–360

برنج‌های ویژه[1]

این نوع برنج‌ها انواعی از برنج می‌باشند که از قلمرو برنج‌های معمولی خارج می‌باشند و کاربردهای اختصاصی دارند. دو نمونه از این برنج‌ها عبارتنداز:

الف) برنج معطر[2] این نوع برنج حاوی عطر و طعم ویژه‌ای بوده و موقع پخت عطر و بوی آن شبیه عطر و بوی پاپ کورن بو داده شده یا آجیل می‌باشد. این طعم خاص ناشی از ترکیبی به نام استیل پیرولین می‌باشد که در برنج‌های دیگر به مقدار خیلی جزئی موقع پخت ظاهر می‌شود. این ترکیب طعمی در طول درجه حرارت‌های معمولی پخت پایدار می‌باشد اما در فرآیند نیم‌پز کردن[3] که برنج در درجه حرارت‌های بالا تحت فشار قرار می‌گیرد از بین می‌رود.

ب) برنج روغنی، گلوتنی یا شیرین[4] این نوع برنج دارای اندوسپرم آردی می‌باشد در حالی که برنج معمولی[5] عاری از گلوتن می‌باشد. نشاسته این دو نوع برنج متفاوت از هم می‌باشد، بدین ترتیب که نشاسته برنج معمولی ترکیبی از آمیلوز و آمیلوپکتین بوده و با یُد رنگ آبی می‌دهد در حالی که نشاسته برنج گلوتنی دارای مقادیر بسیار ناچیز آمیلوز (کمتر از ۲ درصد) می‌باشد و با یُد رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای می‌دهد.

[1] Speciality Rices
[2] Scented Rice or Aromatic Rice
[3] Parboiling
[4] Waxy Rice / Glutinous Rice / Sweet Rice
[5] Oryza sativa

۱-۱-۲-۲-۵- آسیاب‌کردن برنج

بر خلاف آسیاب‌کردن گندم و سایر غلات که هدف اصلی آن بدست آوردن آرد می‌باشد در مورد برنج هدف از فرآیند آسیاب‌کردن، جدا کردن پوسته خارجی، سبوس، لایه آلرون و جوانه و بدست آوردن دانه‌های برنج سفید سالم با حداقل شکستگی می‌باشد. روش‌های آسیاب‌کردن برنج دردنیا از تنوع وسیعی برخوردار می‌باشد اما صرف‌نظر از روش مورد استفاده هدف اصلی همان حذف پوسته و سبوس از شلتوک می‌باشد.

در عمل آسیاب‌کردن برنج از ۱۰۰ واحد شلتوک، حدود ۷۰ واحد برنج سفید، ۲۰ واحد پوسته خارجی، ۸ واحد سبوس و ۲ واحد مواد روغنی[1] بدست می‌آید. گاهی به جای حذف کامل سبوس، نیمی از آن را جدا می‌کنند و نیم دیگر را باقی می‌گذارند که در این صورت محصول را « برنج نیمه آسیاب شده[2] » می‌نامند. که راندمان آن ۹۶٪ می‌باشد.

فرآیند آسیاب‌کردن برنج به طور شماتیک در شکل ۱-۶ آمده است.

شلتوک پس از برداشت حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد رطوبت دارد که بایستی مقدار رطوبت آن تا حدود ۱۲درصد که برای آسیاب‌کردن آن مناسب است کاهش داده شود. این مرحله خشک‌کردن شلتوک نامیده می‌شود و در خشک‌کن‌های ستونی، تونلی و غیره با استفاده از هوای گرم و شرایط مخصوص صورت می‌گیرد.

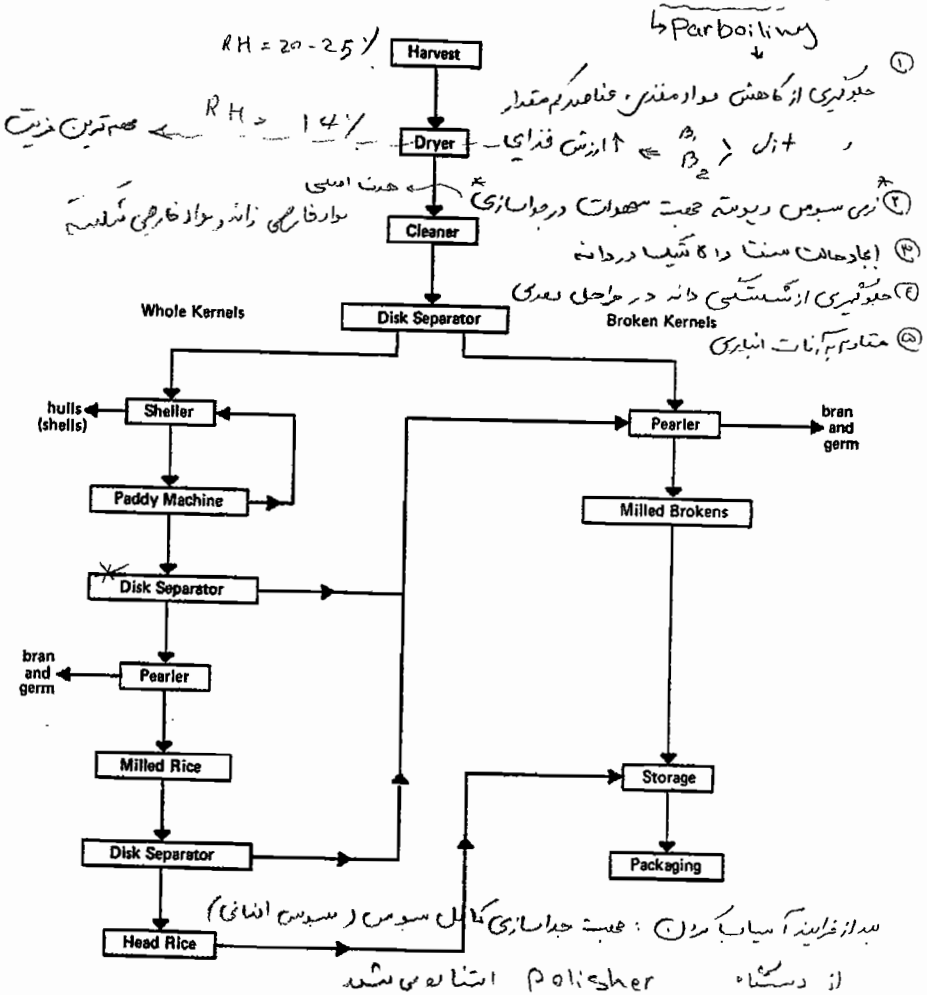
در روش‌های سنتی از چوب درختان جنگلی برای خشک‌کردن شلتوک استفاده می‌شود که در این صورت برنج حاصله را برنج دودی می‌گویند که طعم مطلوب‌تری داشته و قابلیت ماندگاری آن به دلیل حضور ترکیبات دود بیشتر است.

در هر حال عملیات مربوط به خشک‌کردن دانه‌ها باید به نحوی صورت گیرد که از شکسته شدن دانه جلوگیری شود و این عمل به خصوص در مورد مصارف خوراکی که دانه‌های درشت و کامل ارجحیت دارند، حائز اهمیت است.

بعد از مرحله خشک‌کردن، شلتوک از مواد خارجی زائد و دانه‌های شکسته جداسازی می‌شود که عمل جداسازی دانه‌های شکسته در جداکننده‌های صفحه‌ای مخصوص[3] صورت می‌گیرد. سپس دانه‌های شلتوک سالم برای جداسازی پوسته خارجی وارد دستگاه مخصوصی به نام شلر[4] یا پوسته‌گیر می‌شود و پوسته خارجی آن حذف می‌گردد. برنجی که از این مرحله حاصل می‌شود به دلیل داشتن لایه نازک قهوه‌ای سبوس، تیره رنگ می‌باشد و در مرحلهٔ بعدی بایستی این لایه قهوه‌ای رنگ یا سبوس از آن جدا گردد. جدا کردن سبوس با کاهش ارزش غذایی برنج همراه می‌باشد چون سبوس برنج سرشار از ویتامین‌های B_1, B_2 می باشد. از طرفی قسمت عمده املاح و عناصر کم‌مقدار در این قسمت متمرکز می‌باشند. برای جلوگیری

[1] Polish
[2] Half-milled Rice
[3] Disk Separator
[4] Sheller

از زایل شدن این مواد، تکنیک‌های ویژه‌ای در برخی از کشورها اعمال می‌شود که یکی از این روش‌ها فرآیند نیم‌پز کردن برنج[1] می‌باشد.



شکل ۱-۶. دیاگرام شماتیک فرآیند آسیاب‌کردن برنج

[1] Parboiling

عمل جداسازی سبوس از برنج قهوه‌ای در دستگاهی به نام پیرلر[1] صورت گرفته و برنج سفید بدست می‌آید. در طول مراحل جداسازی پوسته خارجی و سبوس ممکن است مقداری از دانه‌ها شکستگی پیدا کنند که بعد از هر مرحله جداکردن یک جداکننده صفحه‌ای برای جدا نمودن دانه‌های شکسته تعبیه شده است. در نهایت برنج سفید فاقد دانه‌های شکسته[2] حاصل می‌شود که جهت نگهداری به سیلوهای مخصوص انتقال یافته و در نهایت بسته‌بندی می‌شود.

۱-۱-۲-۲-۶- فرآیند تولید برنج نیم‌پز

نیم‌پز کردن برنج از صدها سال پیش در کشورهای جنوب شرقی آسیا متداول بوده است و روش سنتی آن بدین ترتیب بوده که شلتوک را به مدت یک ساعت در ظروف مخصوص پخته سپس آن را روی زمین پخش کرده و خشک می‌نمودند.

در فرآیند صنعتی، شلتوک تمیز شده را در تانک‌های مخصوص خیس کرده طوری که آب گرم از یک طرف وارد شده و آب حاصل از خیس خوردن[4] از طرف دیگر خارج می‌گردد. در این مرحله شلتوک بایستی در حدود ۳۲ الی ۳۸ درصد رطوبت جذب کرده باشد سپس شلتوک خیس خورده را وارد تانک‌های فشاری کرده و در آنجا تحت فشار در معرض بخار قرار می‌دهند طوری که دانه‌های نشاسته موجود ژلاتینه شوند، البته در برخی موارد نیز عمل ژلاتینه‌کردن نشاسته در فشار اتمسفری انجام می‌شود.

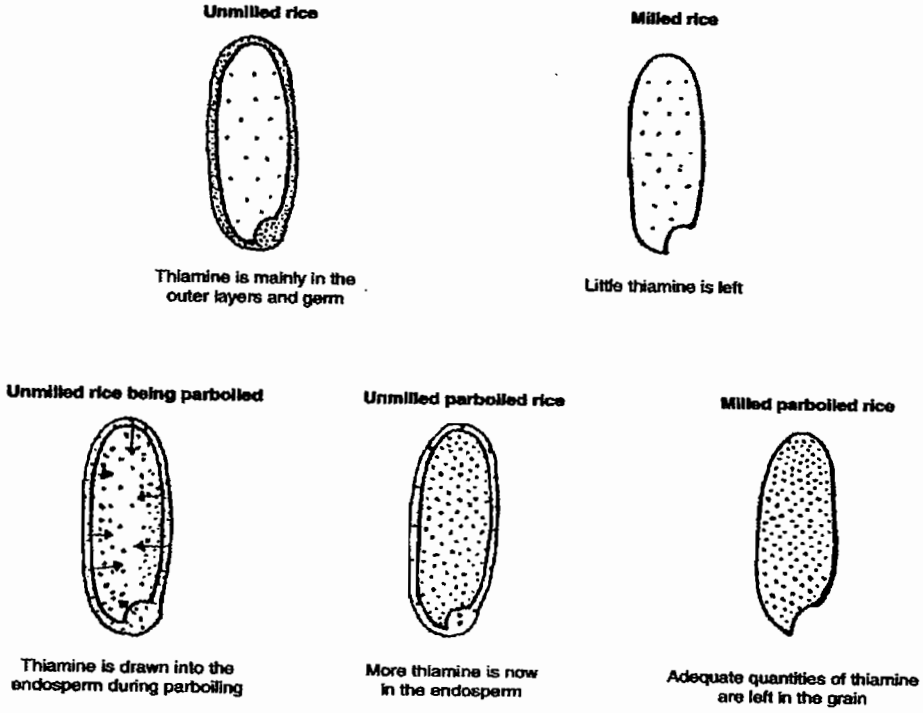
بعد از این مرحله محصول را به آرامی تا حد رطوبت مناسب برای آسیاب‌کردن، خشک نموده سپس آسیاب می‌کنند. در شروع آسیاب‌کردن مقدار رطوبت شلتوک باید حدود ۱۱ الی ۱۳ درصد باشد.

۱-۱-۲-۲-۶-۱- اهداف و مزایای نیم‌پز کردن شلتوک

هدف اصلی این فرآیند نرم شدن سبوس و پوسته جهت سهولت جداشدن آن‌ها می‌باشد، اما همزمان دارای مزایای دیگری نیز می‌باشد از جمله این که در طی این عملیات مقداری از ویتامین‌ها خصوصاً B_1 و B_2 و املاح محلول در آب موجود در پوسته و سبوس وارد مغز دانه می‌شود و در نتیجه ارزش غذایی محصول بالا می‌رود.

این عمل همچنین باعث می‌شود که دانه حالت سفت و لاستیکی پیدا کرده و از شکسته شدن آن طی عملیات بعدی جلوگیری شود و بالاخره این‌که برنج حاصل از این فرآیند در مقابل آفات انباری مقاوم‌تر می‌باشد. نحوه نفوذ تیامین از پوسته (در برنج حاوی سبوس) به داخل اندوسپرم برنج سفید در حین فرآیند نیم‌پز کردن در شکل ۱-۷ نشان داده شده است.

[1] Pearler
[2] Head Rice
[3] Parboiled Rice
[4] Steep Water



شکل ۱-۷- مزایای فرآیند نیم‌پز کردن در حفظ تیامین در برنج. **ردیف بالا سمت چپ:** برنج سبوس‌دار که تیامین عمدتاً در اطراف دانه متمرکز است. **ردیف بالا سمت راست:** آسیاب‌کردن باعث حذف پوسته و در نتیجه تیامین شده است. **ردیف پائین از چپ به راست:** نفوذ تیامین از پوسته به طرف اندوسپرم در اثر فرآیند نیم‌پز کردن.

در جدول ۱-۲ ترکیب شیمیایی برنج قهوه‌ای (سبوس‌دار)، برنج سفید (بدون سبوس) و برنج سفید نیم‌پز شده نشان داده شده است.

جدول ۱-۲- ترکیب شیمیایی برنج قهوه‌ای (سبوس‌دار)، سفید (بدون سبوس) و نیم‌پز شده

ترکیبات	برنج قهوه ای	برنج سفید خام	برنج سفید نیم پز شده
رطوبت (٪)	۱۲/۰	۱۲/۰	۱۰/۳
کالری (بازاء هر ۱۰۰ گرم)	۳۶۰	۳۶۳	۳۶۹
پروتئین (٪)	۷/۵	۶/۷	۷/۴
چربی (٪)	۱/۹	۰/۴	۰/۳
عصاره فاقد ازت (٪)	۷۷/۴	۸۰/۴	۸۱/۳
فیبر (٪)	۰/۹	۰/۳	۰/۲
خاکستر (٪)	۱/۲	۰/۵	۰/۷
تیامین (mg/100g)	۰/۳۴	۰/۰۷	۰/۴۴
ریبوفلاوین (mg/100g)	۰/۰۵	۰/۰۳	-
نیاسین (mg/100g)	۴/۷	۱/۶	۳/۵

۱-۱-۲-۳- ذرت[1]

ذرت گیاه بومی آمریکا بوده و اجداد وحشی این گیاه حدود پنج‌هزار سال قبل از میلاد مسیح در کشور مکزیک وجود داشته است. در تمدن مایان ذرت سمبل مذهب و موفقیت به شمار می‌رفت. از این نقطه (مکزیک) ذرت بتدریج از طرف شمال به کانادا و از طرف جنوب به آرژانتین گسترش یافته است.

تولید جهانی ذرت در سال ۹۳-۱۹۹۲ بالغ بر ۵۲۰ میلیون تن بوده است که در حدود ۲۹ درصد از کل تولید غلات جهان در همین سال‌ها را به خود اختصاص داده است. در بین غلات، دانه‌های ذرت درشت‌ترین دانه‌ها می‌باشند که وزن متوسط هر کدام در حدود ۲۵۰ الی ۳۰۰ میلی‌گرم می‌باشد.

دانه‌های ذرت به خاطر تحمل فشار وارده از سوی دانه‌های مجاور در طول رشد روی خوشه ذرت، از لحاظ فرم و شکل به صورت پهن درمی‌آیند. دانه‌ها دارای یک تاج بی‌نوک و پهن و یک قسمت تحتانی نوک‌تیز[2] هستند (شکل ۱-۸).

از لحاظ گیاه‌شناسی دانه‌های ذرت کاریوپس محسوب می‌شوند. هر دانه ذرت از چهار قسمت آناتومیکی زیر تشکیل یافته است:

۱- قسمت تحتانی نوک‌تیز که باعث اتصال دانه به خوشه می‌شود.

۲- پوسته که پوشش محافظ دانه می‌باشد.

۳- جوانه یا جنین که منشأ تولید گیاه جدید می‌باشد.

۴- اندوسپرم که منبع موادمغذی برای جوانه‌زدن و رویش دانه می‌باشد.

هرکدام از این چهار قسمت ترکیب جداگانه‌ای دارند که در شکل ۱- ۸ نشان داده شده است.

[1] Zea mays
[2] Tip Cap

۱-۱-۲-۳-۱- انواع ذرت و ترکیبات آن‌ها

انواع دانه‌های ذرت عمدتاً شش نوع می‌باشد:

- ذرت دندانه‌ای[1]
- ذرت شیشه‌ای (سخت)[2]
- ذرت آردی (نرم)[3]
- ذرت شیرین (ذرت بلال)
- ذرت پاپ‌کورن (آجیلی)[4]
- ذرت غلاف‌دار[5]

تفاوت‌های عمده بین این نوع ذرت‌ها مربوط به کیفیت، کمیت و نوع ترکیب اندوسپرم می‌باشد.

تصویر چهار نوع ذرت در شکل ۱-۹ آمده است.

اصولاً در اندوسپرم ذرت، دانه‌های نشاسته به دو فرم شاخی یا سخت[6] و یا نرم[7] وجود دارند.

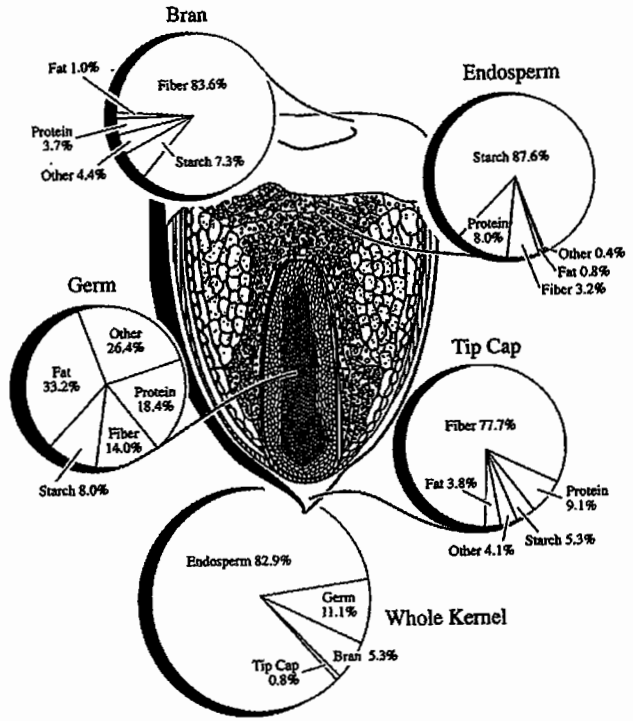
در ذرت دندانه‌ای، اندوسپرم شاخی در طرفین دانه و پشت دانه قرار دارد در حالی‌که اندوسپرم آردی در قسمت مرکزی بوده و به طرف تاج ذرت امتداد یافته است. وجود این نوع اندوسپرم در قسمت تاج دانه ذرت موقع خشک‌کردن دانه باعث فرورفتگی در این ناحیه می‌شود و در نتیجه دانه به شکل دندانه‌ای در می‌آید لذا به همین نام موسوم شده است. ذرت دندانه‌ای به دو نوع سفید و زرد وجود دارد که نوع سفید آن به دلیل سهولت کاربرد آن در صنعت آسیاب‌کردن خشک ذرت جهت تولید فرآورده‌های غذایی با رنگ روشن، از قیمت بالاتری برخوردار است.

ذرت شیشه‌ای دارای اندوسپرم ضخیم، سخت و شیشه‌ای بوده که قسمت مرکزی دانه را که حاوی جوانه و اندکی اندوسپرم آردی می‌باشد؛ احاطه نموده است مقادیر نسبی اندوسپرم شاخی و آردی ممکن است متفاوت باشد. خوشه‌های این نوع ذرت نسبت به ذرت دندانه‌ای، باریک و دراز می‌باشد.

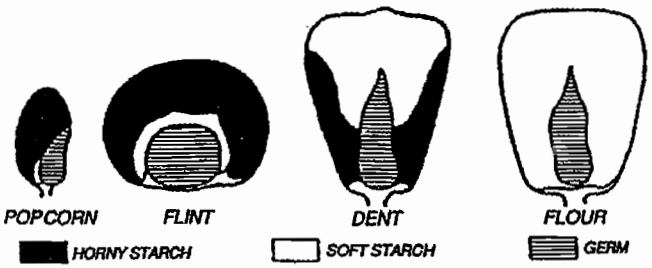
ابتدایی‌ترین نسل ذرت، پاپ‌کورن یا ذرت آجیلی می‌باشد. وجه مشخصه این نوع ذرت داشتن اندوسپرم خیلی سخت و شاخی می‌باشد اما نسبت به ذرت شیشه‌ای دانه‌های کوچکتری دارد. پاپ‌کورن معمولاً در تهیه تنقلات و اسنک ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ذرت آردی نیز یکی از قدیمی‌ترین ذرت‌ها می‌باشد. دانه‌های این نوع ذرت کلاً از نشاسته یا اندوسپرم آردی تشکیل یافته‌اند. دانه‌های این نوع ذرت مستعد خرد شدن و کپک‌زدگی در مناطق مرطوب هستند.

[1] Dent Corn
[2] Flint Corn
[3] Flour Corn
[4] Pop Corn
[5] Pod Corn
[6] Horny
[7] Floury



شکل ۱-۸- ترکیب ذرت معمولی دندانه‌ای و قسمت‌های آناتومیکی آن



شکل ۱-۹- انواع ذرت (از چپ به راست: ذرت پاپکورن، ذرت شیشه‌ای یا سخت، ذرت دندانه‌ای و ذرت آردی یا نرم). نسبت نشاسته شاخی به نشاسته آردی در این نوع ذرت‌ها کاملاً متفاوت است.

ذرت شیرین نوع دیگری از ذرت بوده که دارای ژن قندی[1] می‌باشد که مانع از تبدیل معمولی قند به نشاسته می‌شود و در داخل دانه ترکیبی به نام فیتوگلیکوژن متمرکز شده که یک نوع پلی‌ساکارید محلول در آب بوده و باعث تغییر دادن بافت این نوع ذرت شده و شیرینی آن را افزایش می‌دهد. مقدار ساکاریدهای محلول در ماده خشک ذرت شیرین در حدود ۱۲ درصد می‌باشد در حالی‌که در سایر انواع ذرت به ۲ الی ۳ درصد می‌رسد. ذرت شیرین معمولاً در مرحله شیری و نارس مورد مصرف قرار می‌گیرد. در ایران این نوع ذرت به ذرت بلال معروف است.

ذرت غلاف‌دار نوع تزئینی ذرت می‌باشد که در آن علاوه بر پوسته که هر خوشه را در بر گرفته است، غلاف یا پوشینه طویلی هر دانه را نیز پوشانده است. دانه‌های این نوع ذرت ممکن است به صورت دندانه‌ای، شیرین، واکسی(مومی)، پاپ‌کورن و شیشه‌ای باشند. ذرت غلاف‌دار در سطح تجاری کشت نمی‌شود و تنها جنبه زینتی دارد.

۱-۱-۲-۴- جو[2]

جو یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی می‌باشد که قدمت آن به بیش از پنج هزار سال قبل می‌رسد و در زمان‌های گذشته از آن به تنهایی نان تهیه می‌شد در حالی‌که امروزه در برخی از نقاط جهان از مخلوط آن با گندم نان تهیه می‌شود. تولید جهانی این غله بر اساس آمار در سال زراعی ۱۹۹۲، ۱۵۰ میلیون تن (حدود ۸/۵ درصد کل تولید غلات) بوده است. تمام گونه‌های وحشی جو از $n=7$ کروموزوم تشکیل شده‌اند. رنگ دانه جو زرد و در انتها نسبتاً تیز و پوشینه آن به دانه چسبیده است.

از لحاظ گیاه‌شناسی جو را به جو چند ردیفه، جو دو ردیفه و جو سخت (فاقد پوشینه) طبقه‌بندی می‌کنند، جو معمولی از نوع دوردیفه می‌باشد. از لحاظ فصل کشت نیز جو به دو دسته بهاره و پائیزه طبقه‌بندی می‌شود. جو دوردیفه عموماً از نوع بهاره می‌باشد و بیشتردر صنایع مالت‌سازی و آبجوسازی کاربرد دارد در حالی‌که جو چندردیفه که عموماً پائیزه می‌باشد و جهت خوراک دام و طیور مورد مصرف قرار می‌گیرد. جو بهاره نسبت به جو پائیزه حاوی پوشینه کمتری می‌باشد.

جو در تغذیه حیوانات، صنعت آبجوسازی و تهیه برخی از فرآورده‌های غذایی جهت مصرف انسان کاربرد دارد. اما قسمت اعظم جو تولیدی به مصرف تغذیه دام و طیور می‌رسد. خوش طعم بودن فرآورده‌هایی که از جو تهیه می‌شوند، قابلیت نگهداری خوب آن‌ها و همچنین خواص ویژه جو درفرآیند آسیاب‌کردن باعث شده است که مصرف جو در قرن اخیر افزایش یابد. جو به صورت پرک شده[3]، پف کرده یا بوداده[4] و جوانه جو[5] مورد استفاده قرار می‌گیرد همچنین در تهیه نشاسته و شیرین کننده‌ها، فرآورده‌های مالتی از قبیل شیر مالت‌دار، در تهیه غذای کودک و به عنوان ماده افزودنی در تهیه چای و قهوه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

---

[1] Sugary gene
[2] Barely(Hordeum Vulgare)
[3] Flake
[4] Popped barley
[5] Sprouts

۱-۱-۲-۴-۱- جو مخصوص فرآیند مالت‌سازی[1]

جو در فرآیند مالت‌سازی نسبت به گندم و چاودار ترجیح داده می‌شود و به خاطر اینکه پوسته‌ای که دانه را احاطه کرده است از ماده سیمانی و خیلی سفت تشکیل شده بدین‌ترتیب گیاهک موجود در داخل دانه را در طول پروسه جوانه‌زدن و در طول مراحل بعدی فیلتراسیون محافظت می‌کند، همچنین وجود این پوسته باعث سفت شدن دانه در رطوبت‌های بالا که مورد نیاز مرحلهٔ خیساندن در فرآیند مالت‌سازی[2] می‌باشد، می‌شود. پروسه مالت‌سازی در فصل‌های بعدی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۱-۲-۵- چاودار[3]

تاریخچه: چاودار نسبت به سایر غلات منشأ جدیدتری دارد. اجداد وحشی چاودار حدود هزار سال قبل از میلاد مسیح وجود داشته و سپس به سایر نقاط جهان گسترش یافته اند و امروزه در بین غلات گسترده‌ترین توزیع مربوط به چاودار می‌باشد. چاودار در مقیاس تولید جهانی از اهمیت کمتری برخوردار بوده و طبق آمار فائو در سال زراعی ۹۳-۱۹۹۲ در جهان حدود ۲۷/۲۵ میلیون تن چاودار تولید گردیده است که حدود ۱/۵۲ درصد از تولیدات غلات جهان را به خود اختصاص داده است.

۱-۱-۲-۵-۱- طبقه‌بندی چاودار

چاودار از خانواده گراس[4] و از جنس سکاله[5] می‌باشد. امروزه گونه سریاله[6] به طور گسترده کشت می‌شود. این غله، یک گیاه دیپلوئید(۱۴= ۲n) با هفت جفت کروموزوم سوماتیک می‌باشد. انواع تتراپلوئید حاوی ۱۴ جفت کروموزوم (۲۸= ۲n) می‌باشند. نوع تتراپلوئید فقط در اروپا و به مقدار خیلی محدود کشت می‌شود.

۱-۱-۲-۵-۲- شرایط رشد

چاودار اصولاً گیاه مخصوص مناطق سردسیری و غیر مرطوب می‌باشد. مقاومت آن نسبت به دماهای سرد زمستان بهتر از سایر غلات می‌باشد. شرایط تطبیق گیاه چاودار نسبت به خاک‌های ضعیف نیز بهتر می‌باشد.

۱-۱-۲-۵-۳- کاربردهای غذایی چاودار

چاودار عمدتاً در تهیه نان مورد استفاده قرار گرفته و کیفیت پخت آن بهتر از جو، یولاف، برنج، ارزن و ذرت می‌باشد. انواع گوناگونی از نان چاودار در مناطق مختلف جهان تولید می‌شود. آلمان‌غربی به تنهایی

[1] Malting Barley
[2] Malting
[3] Secale cereale
[4] Grass
[5] Secale
[6] Cereale

تولیدکننده بیش از ۲۰۰ نوع مختلف نان چاودار می‌باشد. انواع مختلف نان چاودار از لحاظ خصوصیات رنگ، شکل، طعم و مزه ممکن است متفاوت باشند.

رنگ نان‌های چاودار از سفید تا خیلی تیره، شکل آن‌ها از گرد تا دراز و از لحاظ طعم نیز طعم ترش ملایم تا قوی (که در این صورت مزه شخص اسیدی دارد) متغیر می‌باشد.

۱-۱-۲-۵-۴- مواد اولیه استفاده در تهیه نان چاودار

مواد اولیه اصلی: آردگندم و چاودار، آب، مخمر و نمک

مواد افزودنی: ملاس، آرد سیب‌زمینی ، شکر، شورتینینگ، دوغ کره‌زنی و...

افزودن مواد فوق علاوه بر آنکه باعث ایجاد رنگ و طعم ویژه در نان چاودار می‌شود از لحاظ حفظ کیفیت ماندگاری نیز مؤثر می‌باشد. به همین دلیل نان حاصل از چاودار خوشمزه‌تر از نان گندم بوده و قابلیت ماندگاری و همچنین برش دادن آن بهتر می‌باشد. نان کامل چاودار حاوی مقادیر بیشتری عناصر کم‌مقدار نسبت به سایر نان‌های تهیه شده از آرد گندم به ویژه آردهای روشن بوده و جهت تغذیه انسان مناسب می‌باشد. آرد چاودار همچنین به عنوان ماده پرکننده در سس‌ها و سوپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

درامریکا از فلیک‌های چاودار جهت تهیه غلات صبحانه‌ای استفاده می‌شود. می توان آردچاودار را توسط تکنیک‌های جداسازی پیشرفته نظیر جداسازی توسط نیروی هوا[1] به جزءهای غنی از پروتئین و فاقد پروتئین تفکیک نمود که جزءکم پروتئین در تهیه شکلات و مخلوط آرد تیره‌رنگ مورد استفاده قرارمی‌گیرد.

فرآیندکنندگان گوشت برخی اوقات آرد چاودار را به عنوان ماده پرکننده[2] و اتصال‌دهنده[3] در تهیه فرآورده های گوشتی مثل سوسیس مورد استفاده قرار می‌دهند.

۱-۱-۲-۵-۵- کاربردهای صنعتی چاودار

چاودار در تهیه کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد. صمغ‌های محلول و نامحلول چاودار جایگزین‌های خوبی برای سایر صمغ‌ها می‌توانند باشند. نشاسته چاودار به خاطر داشتن خاصیت جذب آب بالا جزء اصلی مواد چسبی می‌باشد. مقادیر کمی از چاودار نیز در تهیه چسب، کبریت و در صنایع پلاستیک‌سازی، در تهیه مغز قالب‌های ریخته‌گری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱- ۱-۲-۶- سورگوم[4]

گیاه سورگوم به خاطر تحمل آن به خشکسالی و سازگاری با شرایط آب و هوایی گرم یکی از غلات بی‌نظیر می‌باشد. به خاطر این خصوصیت، سورگوم عمدتاً در نواحی خشک دنیا به عنوان یک محصول معیشتی زراعت می‌شود.

[1] Air Classification
[2] Filler
[3] Binder
[4] Sorghum (Sorghum biocolor)

منشأ سورگوم آفریقا و قسمت‌هایی از آسیا می‌باشد و قدمت آن به بیش از ۲۰۰۰ سال می‌رسد. سورگوم در اوسط قرن گذشته به ایالات متحده آمریکا معرفی شده و در سال ۱۹۰۰ در مناطق جنوب‌غربی کالیفرنیا زراعت آن گسترش یافته است.

۱- ۱-۲-۶-۱- کاربردهای غذایی سورگوم

سورگوم ماده اولیه بسیاری از غذاهای سنتی در اطراف جهان می‌باشد. ۳۰ درصد از کل تولید جهانی سورگوم مستقیماً توسط انسان برای تهیه انواع مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در کشورهای آفریقایی برای غلاف‌گیری و حذف پوسته سورگوم، آن را در هاون‌های چوبی می‌کوبند که این کار بسیار دشوار بوده و اغلب توسط زنان انجام می‌شود. سورگوم‌هایی که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند بایستی پوسته ضخیم و اندوسپرم سخت داشته باشند. در برخی موارد پوسته‌گیری مکانیکی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعد از حذف پوسته، دانه‌ها را خرد کرده و تبدیل به آرد می‌کنند. معمولاً بیش از ۱۰الی ۳۰ درصد وزن اولیه سورگوم در این فرآیند حذف می‌شود.

۱- ۱-۲-۶-۲- کاربرد سورگوم در محصولات نانوایی و فرآورده‌های تخمیری

آرد سورگوم فاقد پروتئین‌هایی می‌باشد که در تولید شبکه گلوتنی ویسکوالاستیک دخالت دارند. از این‌رو در تهیه فرآورده‌های تخمیر شده با مخمرکه دارای بافت می‌باشند به تنهایی قابل استفاده نمی‌باشد و اغلب آن‌را همراه با آرد گندم مورد استفاده قرار می‌دهند. مخلوط آرد سورگوم و گندم در تولید نان‌های تخمیر شده با مخمر، کیک، کلوچه، مافین[1] (نوعی شیرینی کلوچه مانند)، کلوچه، بیسکویت و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان سورگوم افزوده شده به آرد گندم، بستگی به کیفیت و قوی بودن گلوتن آرد گندم، روش پخت، نوع فرآورده نهایی، رنگ و اندازه ذرات آرد سورگوم، میزان استفاده از صمغ‌ها و امولسیفایرها و سایر مواد افزودنی در فرمول فرآورده نهایی دارد. معمولاً میزان جایگزینی آرد گندم با آرد سورگوم بین ۱۵ الی ۲۰ درصد می‌باشد. از مخلوط آرد گندم و سورگوم همچنین می‌توان فرآورده‌های ماکارونی[2] مانند ماکارونی تهیه نمود. سورگومی که برای این منظور انتخاب می‌شود بایستی بافت نرم، اندوسپرمی زرد با پریکارپ سفید داشته و لایه تستا (دومین پوسته) فاقد رنگدانه باشد.

۱-۱-۲-۶-۳- انواع سورگوم‌های تجارتی

چهار نوع تجارتی برای سورگوم پیشنهاد شده است:

۱- سورگوم قهوه‌ای که در آن دانه‌ها دارای لایه تستای ضخیم و رنگی می‌باشد.

۲- سورگوم سفید که در آن دانه‌ها حاوی پریکارپ سفید بوده و فاقد لایه تستای رنگی می‌باشد.

[1] Muffins
[2] Pasta Products

۳- سورگوم زرد که در این نوع پریکارپ دانه‌ها ممکن است رنگی بوده و به رنگ‌های مختلف دیده شوند اما کمتر از ۱۰ درصد دانه‌های سورگوم در این نوع حاوی پریکارپ قهوه‌ای رنگ هستند.

۴- سورگوم مخلوط که در بر گیرنده هیچکدام از خواص سورگوم‌های فوق‌الذکر نمی‌باشد.

بیشترین نوع سورگومی که در آمریکا تجارت می‌شود از نوع زرد می‌باشد.

۱-۱-۲-۷- ارزن[1]

نام علمی ارزن بسته به نام عمومی آن متفاوت می‌باشد. انواع مختلفی از این گیاه در نقاط مختلف کشت می‌شوند که هر کدام نام عمومی و علمی خاصی دارند. ارزن نیز همانند سورگوم گیاه مخصوص مناطق خشک و نیمه خشک بوده و نسبت به شرایط آب و هوایی گرم و خشک و کم حاصلخیز بودن خاک مقاوم می‌باشد. ارزن در مناطق نیمه خشک از ارزش خاصی برخوردار می‌باشد به خاطر این‌که تحت این شرایط فصل رویشی آن کوتاه بوده و در طول یک سال زراعی به دفعات می‌توان محصول را برداشت نمود. ارزن اغلب درمناطقی که در آن ذرت و سورگوم معمولاً قابل کشت نیستند، تولید می‌شود.

از دانه‌های ارزن برای تغذیه حیوانات و برای تهیه فرآورده‌های غذایی خاص جهت انسان استفاده می‌شود. منشأ ارزن مربوط به نواحی شرق و غرب آفریقا، روسیه، هندوستان و چین می‌باشد. ارزن مرواریدی[2] یکی از ابتدایی‌ترین انواع آن بوده و حدود چهار هزار سال پیش در آفریقا وجود داشته است.

۱-۱-۲-۷-۱- کاربردهای غذایی ارزن

ارزن از زمان‌های ماقبل تاریخ به عنوان غذای بشر مورد استفاده بوده است. مصرف این غله به عنوان ماده غذایی بیشتر در کشورهای چین شمالی، هندوستان، آفریقا و جنوب شوروی سابق می‌باشد که حدود ۸۰ درصد از کل مصرف جهان را تشکیل می‌دهد.

مهمترین مورد استفاده آرد ارزن مرواریدی در هندوستان، در تهیه نان چاپاتی[3] یا روتیس[4] می‌باشد. ارزن همچنین در تهیه فرنی‌های غلیظ و رقیق (تخمیر شده و غیر تخمیری)، نان‌های مسطح، غذاهای تفننی، نوشابه‌های الکلی و به همراه آرد گندم جهت تهیه نان، نوعی بیسکویت[5] و نودل‌ها[6] و غیره استفاده می‌شود.

۱-۱-۲-۸- یولاف[7] (جو دوسر)

یولاف که از حدود هزار سال قبل از میلاد مسیح در اروپا کشت می‌گردیده، امروزه در فرمول تهیه انواع غذای‌کودک، به صورت بلغور و آرد مورد استفاده قرار گرفته و در تغذیه دام و طیور نیز مصرف می‌شود. بر

[1] Millet (Pennisetum americanum)
[2] Pearl millet
[3] Chapati
[4] Rotis
[5] Cookie
[6] Noodle
[7] Oat (Avena fatua)

اساس آمار فائو در سال ۹۳-۱۹۹۲ در جهان مقدار۳۵/۵ میلیون تن از این غله تولید شده است که ۱/۵۲ درصد کل تولید غلات را به خود اختصاص داده است.

یولاف به شکل‌های مختلف در جهان دیده می‌شود و دارای گروه‌های دیپلوئید (۲n=۱۴) تتراپلوئید(۲n=۲۸) و هگزاپلوئید (۲n=۴۲) می‌باشد. در بین غلات، دانه‌های یولاف نسبت به بقیه از درصد پوشینه بیشتری برخوردار بوده و در آن پوشینه یا گلومل به طور سفت به دانه نچسبیده و در هنگام پوست‌گیری به آسانی جدا می‌شود. رنگ پوشش دانه تعیین کننده رنگ یولاف بوده و به همین دلیل دانه یولاف به رنگ‌های سفید، قرمز، قهوه‌ای، خاکستری و سیاه در بسیاری از نقاط جهان دیده می‌شود.

به علت وجود مواد غذایی با ارزش به‌ویژه درصد چربی زیاد و کیفیت مطلوب پروتئین (نسبت به سایر غلات) یولاف توانسته است در تغذیه دام و طیور جایگاه خاصی را به خود اختصاص دهد.

۱-۲- تکنولوژی گندم

۱-۲-۱- عوامل مؤثر بر کیفیت گندم

با توجه به این‌که در صنایع غلات بیشتر از گندم به عنوان ماده اولیه جهت تهیه بسیاری از فرآورده‌ها استفاده می‌شود، در این فصل تکنولوژی گندم و فرآورده‌های آن به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد. ساختمان و مورفولوژی دانه‌گندم در بخش قبلی مورد بررسی قرار گرفت و به قسمت‌های مختلف تشکیل دهنده دانه گندم نیز اشاره شد. در اینجا به عوامل مؤثر در کیفیت گندم و روش‌های انبارکردن و نگهداری آن که روی کیفیت گندم می‌تواند تأثیر داشته باشد، اشاره می‌شود.

با توجه به اینکه قسمت‌های مختلف دانه موارد استفاده متفاوتی دارند به عنوان مثال سبوس در تغذیه حیوانات، جوانه به عنوان مکمل غذایی و در برخی موارد در صنعت روغن‌کشی و اندوسپرم در تهیه آرد مورد استفاده قرار می‌گیرد، از این رو معیار کیفیت گندم در اکثر موارد به خواص اندوسپرم مربوط می‌شود. عوامل مؤثر در کیفیت گندم به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱-۲-۱-۱- خواص بتانیکی گندم

سه گونه مهم گندم در آمریکای شمالی کشت می‌شود که عبارتند از:

۱- گندم معمولی یا عمومی[1]

۲- گندم کلاب[2]

۳- گندم دورم[3]

این سه گونه گندم از لحاظ خواص کیفی اختلاف قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر نشان می‌دهند. سختی دانه و میزان پروتئین در این سه گروه متفاوت می‌باشد. گندم عمومی برای تولید نان، گندم کلاب که جزو

[1] Triticum aestivum (Common Wheat)
[2] Triticum compactum (Club Wheat)
[3] Triticum durum (Durum Wheat)

گندم‌های نرم با مقدار پروتئین کم می‌باشد جهت تولید کیک و شیرینی و گندم دوروم برای تولید فرآورده‌های ماکارونی مناسب می‌باشد. پس در درجه اول خواص کیفیت گندم به خواص بتانیکی گندم که مربوط به جنس و واریته‌های مختلف آن می‌باشد، بستگی دارد. این خواص غیر قابل تغییر می‌باشند.

علاوه بر فاکتورهای مربوط به جنس و واریته، عوامل دیگری نیز همچون شرایط آب و هوایی، خاک، نحوه حمل و نقل، شرایط نگهداری، تأثیر آفات گوناگون، نحوه آسیاب کردن و غیره روی کیفیت گندم می‌تواند تأثیر داشته باشد که برخی از این عوامل قابل تغییر و کنترل می‌باشند.

۱-۲-۱-۲- عوامل فیزیکی مؤثر در کیفیت گندم

۱-۲-۱-۲-۱- وزن واحد حجم یا وزن هکتولیتر[1]

وزن واحد حجم گندم یکی از عوامل مهم و مؤثر در کیفیت گندم می‌باشد. در ایالات متحده واحد آن پاند بر بوشل(lb/bu) و در سیستم متریک واحد آن کیلوگرم بر هکتولیتر(kg/hl) می‌باشد. این عامل بستگی به شکل دانه و یکنواخت بودن آن دارد و اندازه دانه تأثیر زیادی در آن ندارد. از عوامل مهم دیگر که وزن واحد حجم را تحت تأثیر قرار می‌دهد دانسیته دانه می‌باشد. دانه‌های نارس و دانه‌هایی که در اثر خشکسالی و بیماری چروکیده شده‌اند معمولاً وزن هکتولیتر پایینی دارند و در نتیجه بازدهی آرد از آن‌ها کم می‌باشد. از روی وزن هکتولیتر می‌توان به توپر بودن دانه، فضای مورد نیاز جهت ذخیره‌سازی و بازدهی آرد مفید (آرد حاصل از اندوسپرم) پی برد. چنانچه دانه ریز باشد وزن هکتولیتر بالا می‌رود اما چنانچه دانه ریز و در عین حال سبک و توخالی باشد وزن هکتولیتر کاهش می‌یابد. وزن هکتولیتر گندم بین ۶۸ الی ۸۴ و به طور متوسط ۷۷/۲ کیلوگرم بر هکتولیتر یا ۶۰ پاند بر بوشل می‌باشد.

۱-۲-۱-۲-۲- وزن دانه[2] یا وزن هزار دانه

وزن دانه معمولاً به صورت وزن هزاردانه از گندم بیان می‌شود و تابعی از اندازه دانه و دانسیته آن می‌باشد. هرچه اندازه دانه‌ها درشت‌تر و دانسیته آن‌ها بیشتر باشد وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. وزن هزار دانه در واریته‌های مختلف گندم متفاوت است و از طرفی بستگی به شرایط زراعی محصول دارد. وزن هزار دانه از ۱۵ تا ۵۶ گرم متغیر بوده و به طور متوسط ۳۵ گرم می‌باشد.

۱-۲-۱-۲-۳- اندازه و شکل دانه[3]

اندازه دانه ارتباط نزدیکی با وزن داشته و از این‌رو روی بازدهی آرد حاصل از گندم تأثیر دارد. برای اندازه‌گیری اندازه دانه، متوسط مقطع عرضی دانه‌ها را بدست می‌آورند. همچنین از الک‌های سیمی مختلف برای این منظور استفاده می‌شود.

[1] Test Weight
[2] Kernal Weight
[3] Kernal Size and Shape

۱-۲-۱-۲-۴- سختی دانه[1]

به تراکم و فشردگی لایه‌های مختلف گندم، سختی دانه می‌گویند که عمدتاً یک عامل ژنتیکی می‌باشد. این ویژگی به نحوه خردشدن اندوسپرم دانه بستگی دارد. گندم‌های سخت در فرآیند آسیابانی، مقدار سمولینای بیشتری تولید کرده و آرد حاصل از آن زبر خواهد بود در صورتی‌که گندم‌های نرم، آرد ظریف و نرم بیشتری تولید می‌کنند. معمولاً کارخانه‌های آرد سازی، گندم‌های سخت و یا نیمه سخت را بر گندم‌های نرم ترجیح می‌دهند. اصولاً آرد یا سمولینای حاصل از گندم‌های سخت راحت‌تر الک شده و جذب آب بیشتری دارند (به دلیل صدمه‌دیدگی مکانیکی نشاسته در جریان آسیاب‌شدن و آزاد شدن پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای نظیر پنتوزان‌های محلول) و کیفیت آن به مراتب نسبت به گندم‌های نرم بالاتر می‌باشد. آرد گندم‌های سخت جهت تولید نان و آرد گندم‌های نرم برای تولید بیسکویت و کیک مناسب می‌باشد. گندم‌های دانه سخت، وزن هکتولیتر و وزن هزار دانه بالایی دارند.

۱-۲-۱-۲-۵- شیشه ای بودن یا زجاجیت[2]

این ویژگی در مقابل آردی بودن[3] کاربرد دارد و به عنوان یک معیار درجه‌بندی گندم‌های بهاره تلقی میشود. در مورد گندم دوروم ویژگی شیشه‌ای بودن همراه با سختی دانه ارزیابی می‌شود. عقیده بر این است که شیشه‌ای بودن بیشتر تحت تأثیر شرایط محیطی می‌باشد تا سختی دانه. دانه‌های زجاجی یا شیشه‌ای سخت‌تر بوده درحالی‌که دانه‌های آردی نرم و دارای اندوسپرم سفیدرنگ می‌باشند. برای ارزیابی این ویژگی از روش‌های مشاهده‌ای[4] بهره گرفته می‌شود.

۱-۲-۱-۲-۶- رنگ

گندم با توجه به رنگ پوسته به دو دسته قرمز و سفید طبقه‌بندی می شود. رنگ گندم تابع واریته آن است اما رنگ‌های دیگر غیر از این دو دسته اصلی ممکن است مربوط به عوامل محیطی باشند. آرد گندم‌های قرمز سخت جهت تولید نان مناسب می باشد. از آرد گندم های قرمز نرم نیز می‌توان نان تهیه نمود اما برای بهبود کیفیت پخت آن‌ها، مقداری آرد گندم قرمز سخت نیز بدان اضافه می‌گردد. گندم‌های سفید معمولاً برای تولید کیک، کلوچه و کراکر استفاده شده اما برخی از واریته‌های گندم‌های سفید سخت نیز موجودند که جهت تولید نان مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال در هندوستان و پاکستان از گندم سفید برای تولید نان چاپاتی (نوعی نان مسطح) استفاده می‌شود.

۱-۲-۱-۲-۷- میزان دانه‌های آسیب دیده[5]

[1] Kernal Hardness
[2] Vitreousness
[3] Flouriness
[4] Subjective Methods
[5] Damaged Kernals

گندم ممکن است قبل از برداشت در مزرعه در اثر عوامل مختلف مانند تغییرات جوی، حمله آفات، جوانه‌زدن و غیره دچار آسیب‌دیدگی شود یا در طول مرحله برداشت، فرآیندهای خشک‌کردن، حمل و نقل و نگهداری آسیب ببیند. به طور کلی آسیب‌دیدگی دانه باعث افت کیفیت آن شده و از نظر فرآیندهای مختلف و قابلیت نگهداری تأثیر نا مطلوب دارد و بایستی تا حد امکان با اعمال شرایط صحیح برداشت، حمل و نقل و نگهداری و فرآیند خشک‌کردن از بروز آن جلوگیری نمود.

۱-۲-۱-۲-۸- ناخالصی‌ها[1]

این ناخالصی‌ها شامل افت غیرمفید دانه گندم می‌باشد که قبل از آسیاب‌کردن آن توسط فرآیندهای بوجاری حذف می‌شوند. از این ناخالصی‌ها می توان شن و ماسه، ساقه و قسمت‌های سبز گیاه، کاه و کزل، بذور و علف‌های هرز و غیره را نام برد. وجود این ناخالصی‌ها روی کیفیت گندم تأثیر نامطلوب دارد و ممکن است باعث آسیب‌دیدگی دستگاه‌های مورد استفاده در آسیاب‌کردن گندم گردد.

ناخالصی‌هایی نظیر دانه‌های آسیب‌دیده، دانه‌های چروکیده و لاغر، دانه‌های شکسته، دانه‌های نارس، دانه‌های تغییر رنگ یافته و دانه‌های سایر غلات افت مفید نامیده می‌شود. این ناخالصی‌ها بایستی قبل از آسیاب‌کردن از دانه‌های سالم گندم حذف شوند چرا که وجود آن‌ها نیز باعث افت کیفیت گندم می‌شود.

۱-۲-۱-۲-۹- کیفیت آسیاب شدن[2]

اغلب برای تست کیفیت یک نمونه از گندم لازم است که مقدار کمی از آن را در آسیاب‌های آزمایشگاهی تبدیل به آرد کرده و کیفیت آرد حاصله را جهت تولید فرآورده‌های مختلف موردارزیابی قرار داد. مهمترین خصوصیت آسیابی گندم راندمان تولید آرد یا سمولینا می‌باشد. به طور متوسط راندمان تولید آرد ۷۲٪ و راندمان تولید سمولینا ۵۸٪ می‌باشد. دانستن این مطلب قبل از انتخاب ماده اولیه از عوامل مهم در تصمیم‌گیری است و از آنجایی که راندمان تولید آرد و سمولینای حاصل از گندم توسط هیچ آزمایش فیزیکی یا شیمیایی دیگری قابل اندازه‌گیری نیست لذا در بیشتر کارخانجات آردسازی برای این منظور از آسیاب‌های کوچک آزمایشگاهی استفاده می‌کنند.

۱-۲-۱-۳- عوامل شیمیایی مؤثر در کیفیت گندم

۱-۲-۱-۳-۱- مقدار رطوبت[3]

مقدار رطوبت یکی از عوامل مؤثر در کیفیت گندم می‌باشد. قابلیت نگهداری گندم تابع مقدار رطوبت آن می‌باشد طوری که گندم خشک برای سال‌ها قابل نگهداری است در حالی‌که گندم مرطوب ممکن است

[1] Impurities
[2] Milling Quality
[3] Moisture Content

ظرف مدت چند روز فاسد شود. مقدار رطوبت گندم از طرفی اهمیت اقتصادی نیز دارد چون ارتباط معکوسی با مقدار ماده خشک دانه گندم دارد.

۱-۲-۱-۳-۲- مقدار پروتئین[1]

مقدار پروتئین گندم بین ۶ تا ۲۰ درصد در نوسان می‌باشد. کمیت پروتئین بستگی به واریته و نوع گندم و شرایط محیطی گندم در طول دوره رشد دارد. آبیاری و یا بارندگی زیاد در زمان رسیدن دانه معمولاً باعث کاهش مقدار پروتئین دانه شده در حالی‌که شرایط آب و هوائی خشک در طول دوره رسیدن دانه باعث افزایش مقدار آن می‌شود. همچنین مقدار پروتئین تا حدود زیادی به مقدار ازت قابل دسترسی خاک بستگی دارد. کودهای ازته نظیر اوره در مواقع مناسب به خصوص در موقع رسیدن دانه موجب افزایش پروتئین آن می‌شوند.

مقدار پروتئین لازم برای سایر فرآورده‌های غلات به شرح جدول ذیل می‌باشد:

محصول	مقدار پروتئین
فرآورده‌های ماکارونی	بیشتر از ۱۳درصد
نان‌های قالبی[2]	۱۳- ۱۲درصد
کراکر – نان‌های مسطح	۱۱- ۱۰درصد
کیک	۹/۵- ۹ درصد
بیسکویت	۸/۵ تا ۱۰/۵درصد
شیرینی‌جات	۹- ۸ درصد

برای تولید نان‌های تخمیری[3] مقدار پروتئین گندم باید حداقل ۱۲٪ باشد. چنین گندمی تولید آردی با ۱۱٪ ۱۱٪ پروتئین می‌کند. زیرا حدود ۱ الی ۱/۵ درصد پروتئین دانه هنگام آسیاب‌کردن به همراه پوسته جدا می‌شود.

۱-۲-۱-۳-۳- کیفیت پروتئین[4]

پروتئین گندم به خصوص پروتئین اندوسپرم از لحاظ برخی از اسید آمینه‌های ضروری در تغذیه انسان دارای کمبود می‌باشد. این اسیدهای آمینه عبارتند از: لایزین، ترئونین و متونین. لذا در رژیم غذایی روزانه فرآورده‌های گندم یا سایر غلات بایستی به همراه گوشت و فرآورده‌های لبنی مصرف شوند تا توازن پروتئینی برقرار گردد.

[1] Protein Content
[2] Pan breads
[3] Yeast-leanened breads
[4] Protein Quality

وقتی از کیفیت پروتئین گندم صحبت می‌شود منظور پتانسیل یا قابلیت آن در ایجاد خواص فیزیکی در فرآورده نهایی می‌باشد و در اینجا ارزش غذایی مطرح نیست. خواص فیزیکی پروتئین گندم که در تکنولوژی پخت حائز اهمیت می‌باشد مربوط به پروتئین گلوتن می‌باشد. کیفیت گلوتن خود تابع عوامل ژنتیکی بوده و در واریته‌های مختلف گندم متفاوت است. البته شرایط آب و هوایی نیز ممکن است روی کیفیت گلوتن تأثیرگذار باشند. به عنوان مثال درجه حرارت‌های بسیار بالا و رطوبت نسبی پائین در طول دوره رشد و رسیدن دانه‌ها، تأثیر نامطلوب شدیدی روی کیفیت گلوتن دارد. کیفیت پروتئین با آزمایش‌های اختصاصی نظیر آزمون زلنی، آزمون رسوب SDS و آزمون ژل گلوتنین ماکروپلیمر قابل اندازه‌گیری است.

۱-۲-۱-۳-۴- فعالیت آنزیمی

دانه‌های گندم در آب و هوای مرطوب پس از رسیدن ممکن است جوانه بزنند. عمل جوانه‌زدن گندم در این شرایط حتی ممکن است روی خوشه و قبل از برداشت صورت گیرد. چنین دانه‌هایی دارای فعالیت آلفاآمیلاز بسیار بالایی خواهند بود. در چنین شرایطی حتی در صورت ظاهر نشدن جوانه نیز ممکن است فعالیت آنزیمی افزایش یابد. از اینرو همیشه درصد دانه‌های جوانه زده معیار فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز نمی‌باشد. در اثر جوانه‌زدن گندم علاوه بر افزایش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز ممکن است فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک نیز افزایش یابد که تأثیر منفی روی کیفیت پخت گندم خواهد گذاشت. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز از دستگاه فالینگ نامبر[1] یا دستگاه آمیلوگراف[2] استفاده می‌شود.

۱-۲-۱-۳-۵- اسیدیته چربی[3]

در طی نگهداری غلات در انبارهای غیرفنی و شرایط نامناسب تغییرات شیمیایی زیادی در آن‌ها رخ می‌دهد که از همه مهم‌تر شکسته شدن چربی به اسیدهای چرب آزاد (FFA[4]) توسط آنزیم لیپاز می‌باشد. اسیدیته چربی برابر با مقدار میلی‌گرم هیدروکسیدپتاسیم برای خنثی‌کردن اسیدهای چرب آزاد موجود در یکصد گرم نمونه تعریف می‌گردد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که اسیدیته چربی گندم تازه و سالم حدود ۲۰ می‌باشد. در حالی که گندم فاسد شده یا در حال فساد، اسیدیته چربی در حدود ۱۰۰ و یا بیشتر دارد که در این صورت قابلیت نگهداری آرد حاصل از آن و همچنین کیفیت محصول حاصله کاهش می‌یابد.

۱-۲-۱-۳-۶- فیبرخام و خاکستر[5]

مقدار فیبرخام و خاکستر گندم تا حدود زیادی مربوط به مقدار سبوس موجود در گندم می‌باشد و ارتباط بسیار نزدیکی با راندمان یا بازدهی آرد دارد. دانه‌های کوچک و چروکیده نسبت به دانه‌های درشت و صاف

[1] Falling Number
[2] Amylograph
[3] Fat Acidity
[4] Free Fatty Acids
[5] Crued Fiber and Ash

دارای درصد سبوس بیشتر و در نتیجه مقدار فیبرخام و خاکستر بالایی هستند. لذا راندمان آرد حاصله از آنها پائین خواهد بود. گندم معمولاً حاوی ۲ الی ۲/۷ درصد فیبرخام و ۱/۴ الی ۲ درصد خاکستر (براساس ۱۴درصد رطوبت) می‌باشد.

۱-۲-۲- نگهداری غلات

دانه غله دارای بافت زنده بوده و در طول مدت نگهداری پس از برداشت در اثر تنفس دچار تغییراتی می‌گردد که در آن ترکیبات دانه به ویژه کربوهیدرات ها تجزیه شده و در اثر تنفس هوازی دانه تبدیل به CO_2و H_2O و مقداری انرژی که به صورت حرارت آزاد می‌شوند. مواد حاصله از تجزیه کربوهیدرات‌ها دارای اثرات نامطلوب روی کیفیت دانه می‌باشند. به عنوان مثال اگر CO_2 از حد معینی تجاوز کند موجب از دست رفتن قوه نامیه محصول می‌شود. رطوبت حاصل از تنفس اگر با رطوبت محیط توأم شود، ممکن است در توده محصول نقاط مرطوبی را ایجاد نماید و محیط برای رشد کپک‌ها مساعد شود. در چنین حالتی اگر درجه حرارت محیط و انرژی آزاد شده از تنفس هم زیاد باشد موجب تشدید فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تشدید تنفس دانه می‌شود. در مواردی که محصول به صورت فله‌ای نگهداری شده باشد این عمل موجب ایجاد نقطه داغ[1] می‌شود که اگر این حالت پیشرفت داشته باشد ممکن است باعث ایجاد آتش‌سوزی در انبار غله شود.

افزایش درجه حرارت غله در انبار در طول مدت نگهداری را خودگرمایی می‌نامند که برخی از محققین این پدیده را به دو دسته تقسیم کرده‌اند: خودگرمایی مرطوب- خود گرمایی خشک

خودگرمایی مرطوب زمانی که رطوبت غله بیشتر از ۱۷٪ باشد، بوجود می‌آید در صورتی که خودگرمایی خشک در اثر فعالیت آفات انباری ایجاد می‌شود. در خود گرمایی مرطوب درجه حرارت غله تا ۵۰ الی ۶۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. در صورتی که در خودگرمایی خشک این درجه حداکثر به ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در اثر پدیده خودگرمایی جوانه و تا حدود زیادی اندوسپرم دانه تغییر رنگ می‌دهد. قوه نامیه بذر کاهش می‌یابد. بازدهی آرد و قابلیت پخت و ارزش نانوائی به میزان قابل ملاحظه‌ای تقلیل می‌یابد.

در پدیده خودگرمایی اگر رطوبت غله در سطح بالایی باشد (خودگرمایی مرطوب) به دلیل اینکه غله، دما را به خوبی انتقال نمی‌دهد، احتمال فساد و یا خطر داغ شدن و یا سوختگی دانه افزایش می‌یابد.

برای جلوگیری از ایجاد پدیده خودگرمایی در غلات در طول دوره نگهداری، استفاده از یک سیستم تهویه و جابجایی هوا در انبار غله ضروری می‌باشد.

۱-۲-۲-۱- اهداف و مزایای نگهداری غلات

در وهله اول نگهداری غلات به منظور جلوگیری از افت کیفیت آن‌ها صورت می‌گیرد. چون همانطورکه قبلاً نیز ذکر گردید دانه غلات یک موجود زنده بوده و بعدازبرداشت نیز به فعالیت خود ادامه می‌دهد و در طول

[1] Hot Spot

دوره نگهداری تغییرات مختلفی در آن رخ می‌دهد که در اکثر موارد منجر به آسیب رسیدن به کیفیت دانه می‌شود. در طول نگهداری غلات با اعمال شرایط ویژه می‌توان کنترل صحیح روی محصول اعمال نمود و از بروز واکنش‌های ناخواسته جلوگیری کرد. در پاره‌ای از موارد دانه‌های غلات ممکن است به آفات انباری نیز آلوده باشند که در این صورت در طول نگهداری در طول نگهداری غلات در انبار یا سیلو با روش‌های مناسب می‌توان با این آفات مبارزه کرد و آن‌ها را از بین برد و یا مانع از فعالیت آن‌ها شد.

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

نگهداری غلات توسط روش‌های گوناگون و در انبارهای مختلف می‌تواند صورت گیرد که هر کدام دارای ویژگی‌های خاصی می‌باشند که ذیلاً به طور مختصر شرح داده می‌شود.

۱-۲-۲-۲- روش‌های مختلف نگهداری غلات

۱-۲-۲-۲- ۱- خود نگهداری یا نگهداری خود به خود

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

برای جلوگیری از رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی رطوبت دانه باید کمتر از ۱۷٪ باشد. برای آن که شدت تنفس کاهش پیدا نکرده و اکسیژن موجود در هوای کندو سریع مصرف شود و در نتیجه غلظت گاز CO_2 افزایش یابد، درجه حرارت دانه نباید خیلی پائین باشد و یا به مقدار زیادی کاهش داده شود. از طرف دیگر باید اقداماتی معمول داشت که هوای درون کندو از حد و مرز معینی تجاوز نکند زیرا در غیر این صورت دانه فاسد خواهد شد.

۱-۲-۲-۲- ۲- ذخیره‌سازی غلات با استفاده از گازهای پرکننده

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

۱-۲-۲-۲- ۳- ذخیره سازی غلات از طریق به‌کارگیری مواد شیمیایی

در این روش دانه‌های غله را با نسبت مناسبی از اسیدهای آلی از قبیل اسید منوکربونیک، اسید پروپیونیک، اسید فرمیک و اسید سوربیک مخلوط کرده و به صورت مرطوب نگهداری می‌کنند. اسیدهای مذکور به آرامی تجزیه شده و از رشد کپک‌ها و باکتری‌ها جلوگیری می‌کنند. از طرفی این اسیدها باعث متوقف شدن فعالیت حیاتی دانه‌های غله نیز می‌شوند بدین ترتیب که قوه‌نامیه بذر را از بین می‌برند. میزان مصرف اسیدهای آلی به رطوبت دانه و مدت زمان ذخیره‌سازی بستگی دارد.

این روش نیز مانند روش قبلی مستلزم هزینه و تکنولوژی پیشرفته می‌باشد. از طرفی با توجه به اثرات خورندگی اسیدها، بدنه فلزی سیلو باید با ماده مناسبی روکش داده شود یا از مواد مقاوم به اسید در جنس بدنه داخلی سیلوها استفاده نمود. امروزه به علت مشکلات و خطراتی که موادشیمیایی برای انسان بوجود می‌آورند، از چنین روش نگهداری غلات برای خوراک انسان استفاده نشده و فقط این روش در شرایط خاصی می‌تواند برای نگهداری غله برای خوراک دام و طیور مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۲-۲-۴- ذخیره‌سازی غلات با استفاده از اوره

در چند سال اخیر آزمایشات موفقیت‌آمیزی در زمینه نگهداری مواد غذایی از طریق بکارگیری اوره در آلمان انجام گردیده است. در این روش در واقع تأثیر نگهداریدگی مربوط به اوره نبوده بلکه مربوط به آمونیاکی است که از طریق تجزیه آنزیماتیکی اوره‌آز[1] آزاد می‌شود. این فرآیند زمانی اتفاق می‌افتد که رطوبت غله حداقل ۲۰٪ باشد. احتمال می‌رود میکروارگانیسم‌های موجود در غله بتوانند آنزیم اوره آز را تولید و اوره را تجزیه نموده و در نتیجه آب مورد نیاز خود را تأمین نمایند.

آمونیاک حاصله از تجزیه اوره، روی کنترل و تنظیم فرآیندهای حیاتی دانه مستقیماً اثر داشته و علاوه بر آن تأثیر قارچ‌کشی و تا حدی باکتری‌کشی دارد. مزیت این روش تولید دائمی آمونیاک از اوره می‌باشد. از طرفی در چنین روش ذخیره‌سازی نیاز به انبار مخصوص و غیر قابل نفوذ از هوا نمی‌باشد. چون آمونیاک سبکتر از هوا می‌باشد، بنابراین قسمت زیادی از گاز آمونیاک در قسمت سطحی و فوقانی توده غله متراکم شده در حالی‌که قسمت تحتانی تقریباً عاری از آمونیاک می‌باشد. به همین دلیل برای به جریان در آوردن آمونیاکی که در سطح متراکم شده است، تعبیه سیستم تهویه و به گردش در آوردن آمونیاک در کل توده غله ضروری است.

بر خلاف ذخیره‌سازی از طریق به‌کارگیری اسیدهای آلی، در روش نگهداری غله از طریق بکارگیری اوره، درجه حرارت به میزان قابل ملاحظه ای افزایش می‌یابد. در ضمن بر خلاف روش نگهداری شیمیایی، این روش مستلزم تجهیزات و تکنولوژی پیشرفته نمی‌باشد. البته یکنواختی درجه اختلاط و همگن ساختن غله از اصول اولیه و مهم به‌شمار می‌آید.

رطوبت دانه غله در این روش بایستی بیش از ۲۰٪ باشد لذا این روش نگهداری ظاهراً کاربرد بیشتری داشته و می‌تواند در مناطقی که رطوبت غله در سطح بسیار بالایی بوده و سیلوهای نگهداری از نظر ظرفیت و جا و همچنین سیستم‌های خشک‌کردن با محدودیت‌هایی روبرو می‌باشند، مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر

[1] Urease

است که این نوع روش نگهداری و ذخیره‌سازی صرفاً برای غلاتی که مورد مصرف خوراک حیوانات به ویژه نشخوارکنندگان قرار می‌گیرند کاربرد دارد.

۱-۲-۳- انبارهای مختلف نگهداری

۱-۲-۳-۱- انبارهای ساده

یکی از روش‌های ذخیره‌سازی غلات، استفاده از انبارهای ساده می‌باشد. این انبارها به اشکال مختلف ساخته می‌شوند. ابتدایی‌ترین نوع این انبارها، کندوهای مخصوص می‌باشند که از خاک رس تهیه شده و دارای محلی برای بارگیری و محلی در انتها برای خروج غله می‌باشند. روش مزبور برای نگهداری مقدار کم محصول به خصوص اگر رطوبت آن پائین باشد روش مناسبی است. بعد از پر کردن غله در کندو، محل‌های ورود و خروج را موقتاً می‌بندند بدین ترتیب اگر محصول به آفات انباری آلوده باشد ظرف مدت کوتاهی (دو هفته) مقداری از اکسیژن موجود در لابلای محصول توسط آفات و مقداری هم در اثر تنفس غله مصرف می‌شود. لذا آفات انباری در اثر خفگی از بین می‌روند. بعد از دو هفته می‌توان برای خروج CO_2 و بخار آب احتمالی ناشی از تنفس، درب فوقانی را باز نموده و الیاف پنبه، پارچه، یا پشم در آن قرار داد.

در انواع پیشرفته این انبارها به شکل مسقف ساخته می‌شوند و سقف آن‌ها معمولاً از کاه‌گل، چوب، فلز، ایرانیت، سیمان و یا آسفالت پوشیده می‌شود. البته امروزه سقف به ندرت از کاه‌گل و چوب ساخته می‌شود. کف انبار می‌تواند با سیمان، آسفالت و قیرگونی ایزوله گردد. به منظور جلوگیری از نفوذ آب و کنترل بهتر آفات بویژه جوندگان بهتر است سطح انبار حدود یک متر بالاتر از سطح زمین قرار گیرد.

به طور کلی ابعاد انبار یا اتاق‌ها در این حالت، ۱۰۰×۲۰ متر و گنجایش آن حدود ۴۵۰ الی ۱۰۰۰ تن می‌باشد. غله به صورت فله تا ارتفاع ۲ تا ۵ متر و یا به صورت کیسه در انبار روی زمین چیده می‌شود. اتاق‌ها باید مجهز به دریچه جهت تهویه هوا باشند. از طریق دیوارهای میانی می‌توان اتاق‌ها را از یکدیگر جدا و یا چند انبار را به یکدیگر مرتبط ساخت. و بدین طریق به محفظه یا فضای کوچکتر و یا بزرگتری دست یافت.

در صورت استفاده از کیسه جهت نگهداری غلات در این انبارها، کیسه‌های حاوی غله را می‌توان از طریق تسمه‌های حمل کننده (ترانسپورتر) به داخل انبار تا ارتفاع مورد نظر انتقال داد. کیسه‌ها معمولاً به صورت هرمی، صلیب شکل و یا عمودی روی هم چیده می‌شوند. به منظور تهویه و کنترل بهتر محموله و همچنین انجام عملیات ضدعفونی و رعایت صحیح کیسه چینی (صفافی)، فواصل، ارتفاع و نیز کلیه مسائل مرتبط باید رعایت و حتی الامکان باید از پالت به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت استفاده گردد. ارتفاع، تراکم و وزن کیسه‌ها به ویژگی غله مورد نظر، به خصوص رطوبت دانه، رطوبت نسبی هوا، شرایط آب و هوایی و محیط انبار بستگی دارد. مثلاً چنانچه رطوبت دانه ۱۵ تا ۱۶ درصد باشد، تعداد کیسه‌هایی که روی یکدیگر چیده می‌شوند از ۴ کیسه نباید تجاوز کند.

محاسن پالت‌ها:

۱- نقل و انتقال محصول به داخل انبارها و خروج آن از انبار توسط لیفتراک به راحتی میسر است.

۲- در صورت آلودگی انبار به آفات انباری، تشخیص و مبارزه با آن‌ها راحت‌تر می‌باشد.

۳- عمل تهویه در این روش به خوبی صورت می‌گیرد چون فضای کافی در بین پالت‌ها وجود دارد.

درصورت نگهداری غله به صورت فله‌ای در انبارهای ساده شرایط نگهداری، رطوبت غله، رطوبت نسبی هوا و دیگر عوامل تأثیرگذارتر خواهند بود. در این انبارها در صورت عدم استفاده از تجهیزات لازم از قبیل تمهیدات هوادهی و زیر و روکردن (اختلاط) غله و نیز درصورت بالا بودن رطوبت اولیه محصول (۱۸ درصد)، ارتفاع فله نباید از حدود ۱ متر تجاوز نماید. هرچه دمای محیط و رطوبت غله بالا باشد عملیات اختلاط و هوادهی با زیر و رو کردن اجتناب ناپذیر خواهد بود.
انبارهای ساده در ایران از سال ۱۳۴۷ به صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته و در حال حاضر حدود ۴۰۰ هزار تن گندم در چنین انبارهایی در کشور نگهداری می‌شود.

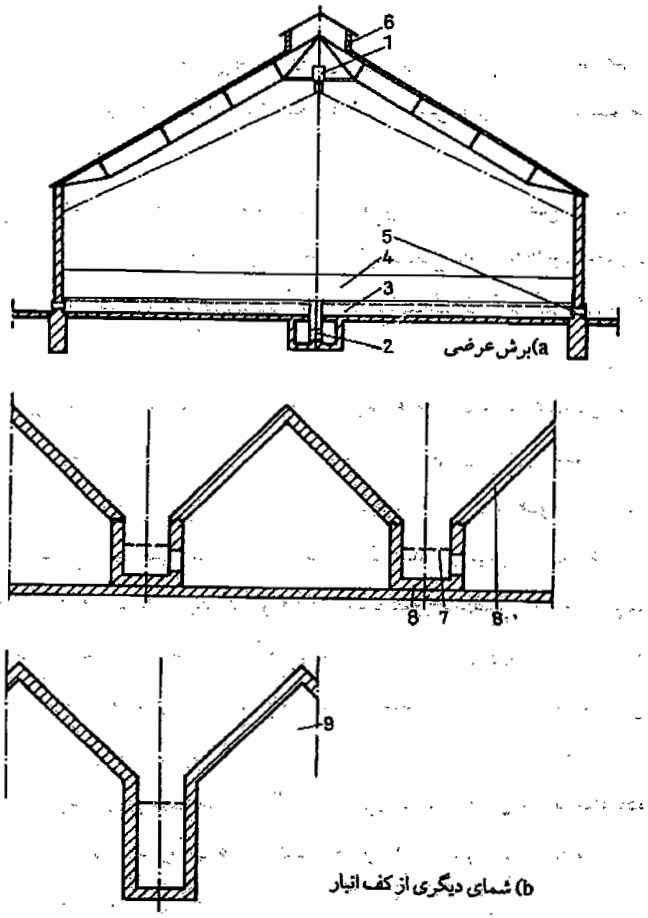
۱-۲-۲-۳-۲- انبارهای مجهز یا مکانیزه

یکی دیگر از روش‌های نگهداری غلات می‌باشد و به خصوص در مواقعی که مقدار محصول زیاد بوده و مدت زمان نگهداری نسبتاً طولانی باشد از این نوع انبارها استفاده می‌شود. انبارهای مکانیزه به غلط سیلوهای افقی نامیده می‌شوند. اصولاً این انبارها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف- انبارهای نیمه مکانیزه

ب- انبارهای تمام مکانیزه

در انبارهای نیمه مکانیزه تخلیه غله به وسیله لودر، جک‌های مخصوص و یا وسایل مشابه دیگری صورت می‌گیرد. به عبارت واضح‌تر در چنین انبارهایی تخلیه براساس نیروی ثقل انجام نمی‌شود. در حالی که در انبارهای تمام مکانیزه تخلیه با توجه به شیب مخصوص کف انبار و بکارگیری فشار باد از طریق نقاله‌های مخصوص که در عرض انبار محموله را انتقال می‌دهند انجام می‌گیرد.
انبارهای مکانیزه مجهز به سیستم‌های هوادهی و کنترل درجه حرارت می‌باشند و می‌توان آن‌ها را به راحتی ضدعفونی کرد.
در انبارهای مکانیزه (شکل ۱-۱۰) پس از این که غله وارد حفره تخلیه شد، به وسیله دستگاه‌های مخصوصی به نام الواتور به طرف بالا منتقل و سپس وارد قسمت تقسیم کننده می‌گردد. در این قسمت، غله در امتداد طول توزیع می‌گردد. تقسیم کننده (۱ در شکل ۱-۱۰)، به نحوی در بالا مستقر گردیده که با وجود نوسانات و حرکات کاسه‌های حمل کننده، عملیات توزیع، تخلیه و پر کردن انبار به سهولت و بدون دخالت دست انجام می‌گیرد.



شکل ۱-۱۰- طرح شماتیک انبار مکانیزه: (a): برش عرضی، (b): شمای دیگری از کف انبار

۱- تقسیم کننده
۲- جمع کننده غله وهدایت آن در کانال تخلیه)
۳- شیار حمل کننده مخصوص
۴- کف کاذب
۵- قسمت هوادهی
۶- قسمت خروجی هوا یا تخلیه هوا (مکش)
۷- پوشش فلزی
۸- حفره یا قسمت پرکننده
۹- محل خروج غله (تخلیه کننده)

در قسمت تحتانی یا کف انبار و در جهت طولی آن، حفره تخلیه یا کانال تخلیه (۲، شکل ۱-۱۰) قرار گرفته است. تخلیه سایر قسمت‌های باقیمانده غله از طریق شایر حمل کننده و همچنین کف کاذب صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر در داخل کانال‌ها، نقاله‌هایی قرار دارند که غله موجود در کف انبار را به سمت بالابرها هدایت و سپس آن را از طریق نقاله یا لوله‌های مخصوص به بونکرهای صادرات یا به داخل واگن قطار یا کامیون انتقال دهند. از کانال‌های تعبیه شده در کف این انبارها علاوه بر عملیات جابجایی و انتقال، می‌توان عملیات هوادهی نیز انجام داد.

استفاده از این انبارها در بسیاری از مناطق ایران مقرون به صرفه می‌باشد. البته هزینه سرمایه‌گذاری برای هر تن غله در انبارهای مکانیزه در مقایسه با انبارهای ساده بیشتر بوده اما به مراتب کمتر از سیلوهای بتنی می‌باشد. انبارهای مکانیزه مورد استفاده در ایران در مجموع ظرفیت ۵۷۰ هزار تن را به خود اختصاص می‌دهند.

نکاتی که در طراحی این انبارها باید مد نظر قرار گیرند عبارتند از:

این انبار ها باید در مکان‌های نسبتاً خشک و به دور از رطوبت احداث شوند.

در ساختمان آن‌ها حتی‌الامکان از فلز کمتر استفاده شود و پنجره‌های بزرگ وجود نداشته باشند و برای جلوگیری از نفوذ جوندگان تدابیر لازم اندیشیده شود (معمولاً یا قسمت‌های قابل نفوذ را از بتون می‌سازند و در صورتی که بتون در اختیار نباشد بایستی از مصالح آغشته به خرده شیشه و سم استفاده کرد تا مانع از نفوذ جوندگان شود).

ساختمان باید عایق‌بندی حرارتی و رطوبتی مناسبی داشته باشد.

سیستم تهویه بایستی مناسب باشد.

سیستم نور این انبارها بایستی به نحوی باشد که نور مستقیم از داخل به خارج ساختمان منتقل نشود چون موجب جذب حشرات و جوندگان می‌شود، از طرفی نور طبیعی نیز در سیستم روشنایی داخل انبارها نبایستی استفاده نمود چون موجب افزایش درجه حرارت در توده محصول می‌شود.

این انبارها بایستی مجهز به سیستم‌های اندازه‌گیری و ثبت تغییرات درجه حرارت و رطوبت باشند. برای این منظور از دستگاه ترموهیگروگراف[1] یا دستگاه ثبت‌کننده حرارت و رطوبت استفاده می‌شود.

انبارهای مجهز بایستی به وسایل جستجو، تشخیص و مبارزه با آفات انباری تجهیز شده باشند.

محاسن انبارهای مکانیزه عبارتند از:

۱- اجرا و ساخت انبارهای مکانیزه آسان و تکنیک آن‌ها ساده‌تر می‌باشد.

۲- هزینه انبارهای مکانیزه در مقایسه با سیلو به مراتب پائین‌تر می‌باشد.

۳- هزینه‌های تعمیرات و نگهداری این انبارها در مقایسه با سیلوها کمتر می‌باشد..

۴- در شهرهای کوچک استفاده از انبارهای مکانیزه نسبت به سیلوهای مدرن برتری دارد.

معایب انبارهای مکانیزه عبارتند از:

۱- عدم امکان اختلاط گندم و یا سایر غلات

[1] Thermohy grograph

۲- عدم جدا سازی آسان محموله از سایر قسمت‌ها

۳- عدم کنترل آسان محموله (در صورتی که انبار به سیستم‌های مدرن و دستگاه‌های مورد نظر مجهز نباشد).

۱-۲-۲-۳-۳- انبارهای فنی

انبارهایی هستند که می‌توان در داخل آن‌ها عواملی مانند درجه حرارت، رطوبت، میزان CO_2 و O_2، فشار و سموم گازی شکل را به مقدار معین تنظیم و کنترل نمود، در مورد غلات استفاده از این انبارها معمولاً مقرون به صرفه نیست در حالی که در مورد برخی از سبزیجات و میوه جات بکار می‌رود و صرفه اقتصادی دارد. چون در این انبارها، اتمسفر محل نگهداری تنظیم و کنترل می‌شود به این انبارها، انبارهای کنترل اتمسفر نیز می‌گویند.

۱-۲-۲-۳-۴- انبارهای زمینی

این انبارها هم به صورت سنتی و هم به صورت صنعتی کاربرد دارند. روش سنتی آن که از گذشته در جهان بویژه در ایران و در قبایل ترکمن شمال شرق ایران متداول بود، به این ترتیب بود که گودالی به عمق ۰/۵ تا ۵ متر و به قطر ۲ تا ۵ متر حفر و به منظور خشک‌کردن خاک و از بین بردن آفات در داخل گودال آتش افروخته می‌شد و سپس دیواره و کف گودال را با کاه و ساقه غلات پوشانده و دانه مورد نظر برای ذخیره‌سازی را داخل آن می‌ریختند و سرانجام روی آن را با کاه و کلش و خاک می‌پوشاندند. با بکارگیری این روش، غلات برای مدت چند ماه نگهداری می‌گردید.

در روش صنعتی حفره‌هایی به اندازه‌های متفاوت بسته به میزان محصول به شکل مخروط ناقص به کف شیب‌دار در زمین ایجاد می‌شود. بدنه این حفره‌ها به وسیله مواد غیرقابل نفوذ به رطوبت پوشش داده می‌شود. در بدنه این انبارها لوله‌های مبرد قرار می‌دهند تا رطوبت حاصل از تنفس در

مبردها میعان حاصل کرده و از طریق لوله‌های زهکش در یک گوشه جمع شده و وقتی حفره پر شد توسط زهکش خالی می‌شود. در ساختمان این انبارها دریچه‌هایی برای ورود مقدار کمی O_2 و خروج CO_2 تعبیه می‌شود. این انبارها در جاهایی که درجه حرارت محیط چندان بالا نیست کاربرد خوبی دارند چون تغییرات درجه حرارت داخل زمین از سطح زمین یا هوا خیلی کمتر است و محصول در شرایط یکنواخت و بهتری نگهداری می‌شود. در جاهایی که بارندگی زیاد باشد این انبارها را مسقف می‌سازند. در برخی از این انبارها سیستم‌های پنوماتیکی برای تخلیه نیز تعبیه می‌شود.

۱-۲-۲-۳-۵- نگهداری و ذخیره سازی غله در کیسه‌های پلی‌اتیلنی

یکی دیگر از روش‌های نگهداری غلات که در برخی از کشورها متداول است، ذخیره‌سازی غله در کیسه‌های پلی‌اتیلنی است. ضخامت این کیسه‌ها در حدود ۲/۵ میلیمتر و گنجایش آنها حتی به چندین تن می‌رسد. ابتدا غله را درون کیسه ریخته و هوای آن را توسط دستگاه خارج و سپس دهانه کیسه را کاملاً مسدود و غیرقابل نفوذ می‌نمایند. بدین ترتیب رطوبت و نیز آفات نمی‌توانند به غله خسارت وارد سازند.

کیسه‌های مزبور را می وان به محل موردنظر و حتی در عمق زیر آب و یا دریا پنهان و در مواقع ضروری از آن استفاده کرد. این روش همچنین برای ذخیره‌سازی گندم در زمان جنگ می‌تواند بسیار مفید باشد، اما باید توجه داشت که هزینه نگهداری و ذخیره‌سازی با این روش نسبتاً بالا می‌باشد.

۱-۲-۲-۳-۶- نگهداری غله در فضای باز

این روش از روش‌های ذخیره‌سازی غلات بویژه گندم که در جهان، بخصوص در مناطقی که تولید در سطح وسیعی قرار دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنین سیستم ذخیره‌سازی را اصطلاحاً Bunker storage می‌نامند و عمدتاً برای ذخیره‌سازی موقت بکار می‌رود. نگهداری گندم در فضای باز به روش صحیح و علمی برای اولین بار در ایران در سال ۷۰-۷۱ توسط سازمان غله در محوطه سیلوی کرج به اجرا درآمد.

جهت تخلیه گندم، ابتدا کامیون در مکان تعیین شده قرارگرفته و محموله وارد مخزن یا قیف دریافت (هاپر) شده و توسط تسمه‌های حمل کننده (ترانسپورتر) که به shooter با موتور مخصوص متصل می‌باشند، روی زمین تا ارتفاع حدود ۷ متر ریخته می‌شود. تسمه‌های ترانسپورتر قابل انتقال بوده و می‌توان آن‌ها را به دلخواه در مکان مورد نظر مستقر نمود. راندمان و قدرت تخلیه توسط این سیستم حدود ۳۰۰ تن در ساعت است. پس از این‌که گندم تخلیه می‌گردد، روی آن با چادر مخصوص پلی‌اتیلنی پوشانده می‌شود. به منظور جلوگیری از آلودگی آفات می‌توان محموله را با قرص فسفید آلومینیم (یک گرم ماده مؤثر بازاء هر تن گندم) ضدعفونی کرد.

جهت بارگیری گندم از روی زمین و انتقال محوله به داخل کامیون از ماشین مخصوصی به نام Lobstar که مجهز به مارپیچ یا انتقال دهنده حلزونی است و قادر است در هر ساعت حدود ۲۰۰ تن گندم را کامیون بارگیری نماید، استفاده می‌گردد. از طریق نقاله حلزونی، گندم با بالا حمل و توسط لوله مخصوص به داخل کامیون ریخته می‌شود. این دستگاه قادر است همزمان دو کامیون را بارگیری کند.

۱-۲-۲-۳-۷- سیلوها

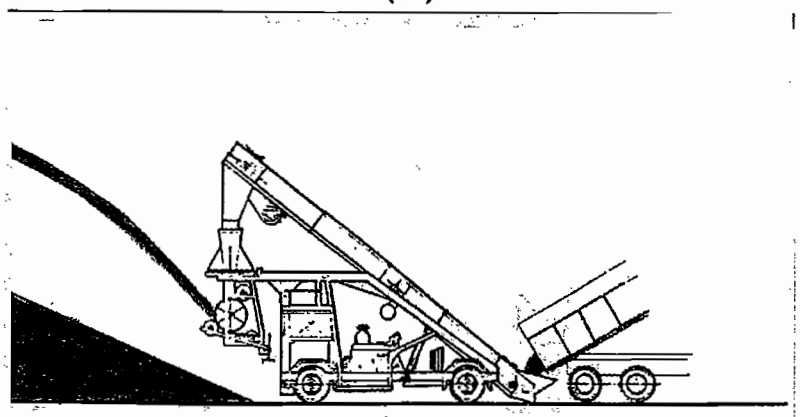
تمامی سیستم‌های فوق‌الذکر به نحوی از انحاء کنترل دقیقی روی محصول نمی‌توانند ارائه دهند. مثلاً اگر مقدار محصول زیاد باشد و زمان نگهداری نیز طولانی باشد و هدف نگهداری محصول در شرایط مشخص و معین باشد، روش‌های قبلی کارایی مطلوب نخواهند داشت. در این موارد باید از سیلوهای نگهداری غلات استفاده نمود. پس سیستم ایده‌ال برای نگهداری گندم، سیلو می‌باشد.

سیلوها از جنس بتون مسطح و یا فلز ساخته می‌شوند و بر این اساس به دو نوع تقسیم می‌شوند:

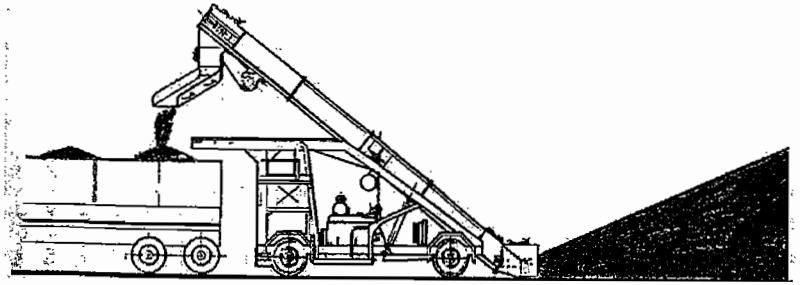
الف) سیلوهای بتونی

یکی از مطمئن‌ترین و مقاوم‌ترین روش ذخیره سازی غلات استفاده از سیلوهای بتونی می‌باشد. این سیلو ها از یک و یا تعداد معینی مخزن استوانه‌ای و یا چند ضلعی که آن را اصطلاحاً کندو می‌نامند تشکیل شده اند. کندوها میتوانند به صور مختلف، مجزا و یا گروهی کنار یکدیگر قرار گیرند.

(الف)



(ب)



شکل ۱-۱۱- طرح شماتیک دستگاه Lobstar در حال تخلیه از کامیون به فضای باز (الف) و در حال بارگیری غله به کامیون (ب)

ظرفیت سیلوهای بتونی در کشور ما از ۵ هزار تا ۱۲۰ هزار تن متغیر می‌باشد. ظرفیت هر کندو در سیلوهای مختلف کشور ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ تن بوده و ارتفاع هر کندو بین ۲۴ الی ۶۰ متغیر می‌باشد. قطر هر کندو در حدود ۸ الی ۱۲ متر می‌باشد. برای هر مجموعه یا سری از کندوها حداقل یک ترانسپورتر یا انتقال‌دهنده افقی که در قسمت فوقانی کندوها قرار گرفته و عهده‌دار پرکردن کندوها می‌باشد و یک کشو تخلیه که در قسمت تحتانی کندو قرار گرفته است، ضروری می‌باشد.

تخلیه در اثر نیروی ثقل و اغلب از دریچه مخصوص (دریچه قیفی شکل) که در قسمت انتهایی کندو قرار دارد، صورت می‌گیرد. بدیهی است که در قسمت تحتانی کلیه کشوها یک ترانسپورتر قرار دارد.

کندوها به همدیگر مرتبط بوده و در داخل آن‌ها عوامل مختلف به سادگی کنترل می‌شوند. بین کندوها سیستم‌های انتقال وجود دارد. سیلوها مجهز به سیستم پنوماتیک هستند از این رو نقل و انتقال مواد داخل آن‌ها به سهولت صورت می‌گیرد.

باید توجه داشت که برای ساخت سیلوهای بتونی به سرمایه‌گذاری زیادی نیاز می‌باشد و تنها در مناطقی باید مبادرت به ساخت سیلو نمود که غله به طور مستمر بارگیری و تخلیه می‌گردد.

بنابراین چنانچه رطوبت غله بیش از ۱۸ درصد و مدت زمان نگهداری آن طولانی باشد نباید از سیلو استفاده کرد چراکه احتمال آسیب‌دیدگی و فساد غله در اثر پدیده خودگرمایی زیاد خواهد بود. در این صورت در بخش دریافت غله که به الواتور موسوم است (به فصل ۲ مراجعه شود) تمهیداتی جهت خشک‌کردن غله وجود دارد که بایستی رطوبت دانه گندم به حد متعارف آن جهت نگهداری (کمتر از ۱۴ درصد) کاهش داده شود تا قابلیت نگهداری طولانی مدت آن مهیا گردد.

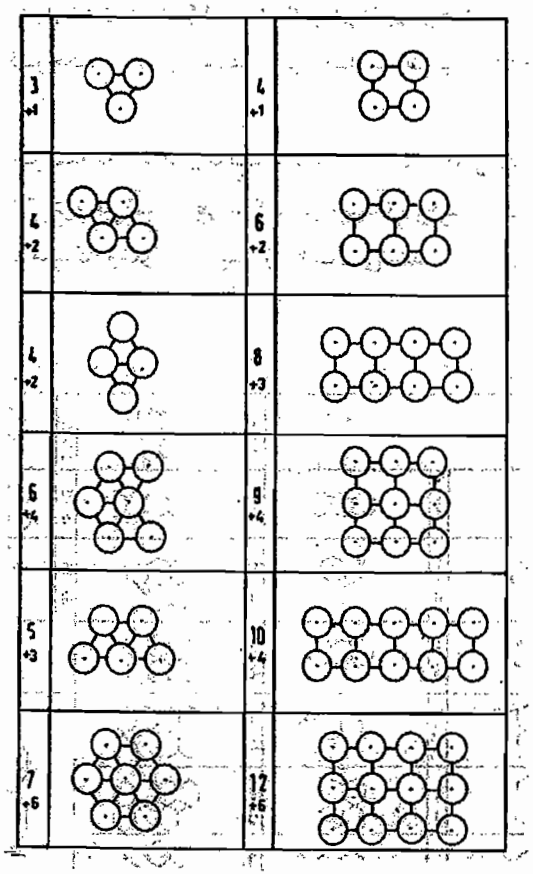
مزایای سیلوهای بتونی

- طول عمر مفید سیلوهای بتونی بسیار زیاد است.
- گندم در سیلوهای بتونی به ویژه در مناطق مرطوب به راحتی قابل نگهداری است.
- ضریب انتقال حرارت در سیلوهای بتونی در حد پائینی قرار دارد.
- اختلاط گندم و یا سایر غلات در سیلوهای بتونی با توجه به ادوات و تجهیزات استفاده شده در آن به راحتی صورت می‌گیرد.
- مقاومت سیلوهای بتونی در مقابل فشار زیاد می‌باشد.
- محافظت و نگهداری گندم در سیلوهای بتونی بهتر بوده و جوندگان نمی‌توانند به داخل سیلو نفوذ پیدا کنند.
- عملیات فومیگاسیون و ضد عفونی‌کردن در سیلوهای بتونی آسان است.
- تخلیه و بارگیری در سیلوهای بتونی مجهز، بسیار سریع و آسان انجام می‌گیرد..

معایب سیلوهای بتونی

- هزینه سرمایه‌گذاری سیلوهای بتونی نسبت به سایر سیلوها و انبارها بیشتر می‌باشد.
- زمان ساخت این سیلوها طولانی‌تر از سایر سیلوها و انبارهای مکانیزه می‌باشد.

- تعمیر و نگهداری این سیلوها دشوارتر از سایر سیلوها و انبارها می‌باشد.
- احتمال ایجاد ترک در بدنه و در اثر زلزله یا سایر عوامل وجود دارد.



شکل ۱-۱۲- انواع کندوها و نحوه قرارگرفتن آن‌ها (اولین عدد در ستون تعداد کندوهای استوانه‌ای و دومین عدد تعداد کندوهای فرعی را نشان می‌دهد)

ب) سیلوهای فلزی

در چند سال اخیر استفاده از سیلوهای فلزی جهت نگهداری و ذخیره‌سازی غلات متداول شده است. در کشور ما از این نوع سیلوها برای نگهداری سایر غلات مانند جو، ذرت و غذای دام و طیور استفاده می‌شود. جنس کندو یا سیلوهای فلزی از فولاد و یا آلیاژهای آلومینیوم است. ظرفیت کندوهای فلزی ۵۰۰ الی

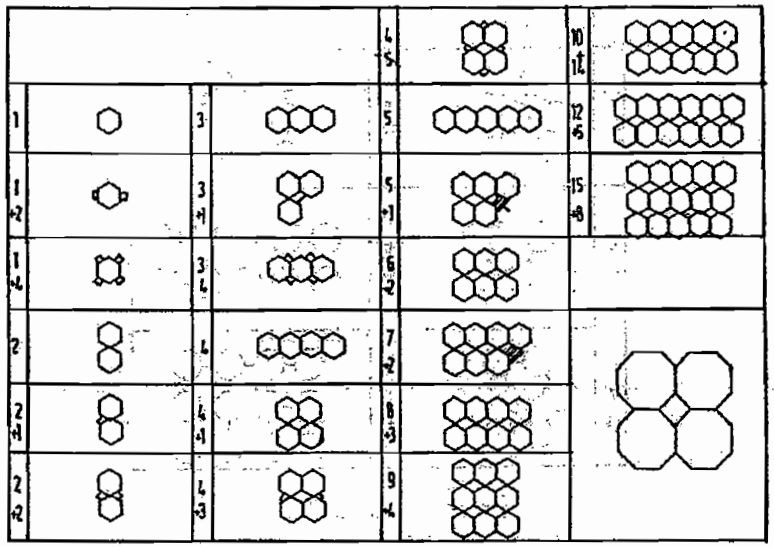
۱۰۰۰ تن می‌باشد. چندین کندو می توانند در کنار هم بکار گرفته شوند. در مناطقی که اختلاف درجه حرارت شب و روز زیاد و رطوبت غله نسبتاً بالا می‌باشد، حتی‌الامکان نباید از سیلوهای فلزی استفاده کرد، مگر این که از دستگاه‌های خنک کننده و هوادهی استفاده شود.

مزایای سیلوهای فلزی

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

معایب سیلوهای فلزی

- خورندگی دیواره داخلی و خارجی (برای جلوگیری از ایجاد خورندگی باید به طور منظم و مرتب به آن ضد زنگ زد)
- تبادل سریع حرارت و احتمال صدمه دیدگی دانه به ویژه در مناطق گرم که درجه حرارت به بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، تا عمق حدود ۵ تا ۷ سانتی‌متر به دانه‌هایی که با بدنه در تماس می‌باشند، صدمه وارد خواهد شد.



شکل ۱-۱۳- نحوه قرارگرفتن کندوها در سیلوهای بتنی (اولین عدد در ستون تعداد کندوهای مکعبی یا ۸ ضلعی و دومین عدد تعداد کندوهای کوچک مربع شکل را نشان می‌دهد)

فصل ۲ تکنولوژی آسیاب کردن گندم

- تاریخچه
- مراحل مختلف آسیاب کردن گندم
  - دریافت و ذخیره سازی گندم
  - بوجاری و واجد شرایط کردن گندم
  - فرآیند آسیاب کردن گندم
  - عمل آوری آرد قبل از بسته بندی

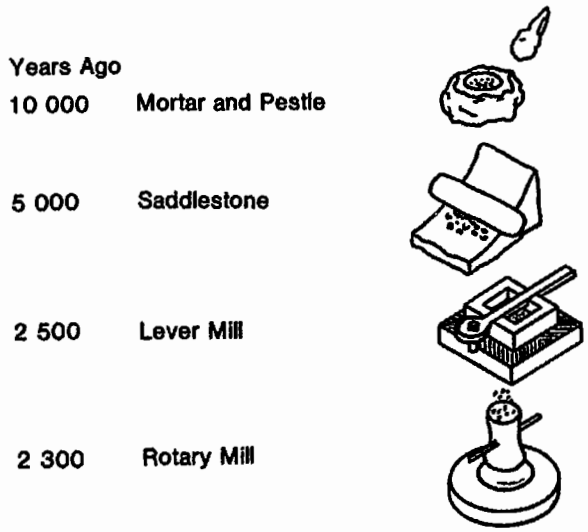
۲- تکنولوژی آسیاب‌کردن گندم

۲-۱- تاریخچه

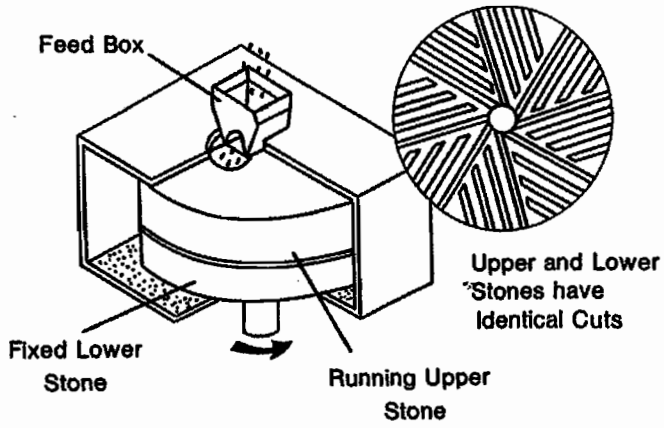
انسان‌های نخستین از سنگ برای کوبیدن دانه‌ها و جداکردن بخش خوراکی آن‌ها از پوسته، استفاده می‌کردند. به مرور زمان از سنگ‌های هاون مانند و سنگ‌های مخصوصی به شکل زین[1] برای بهبود این فرآیند مورد استفاده قرارگرفت. با پیشرفت روش‌ها و فنون زراعت و با افزایش راندمان محصول برداشت شده، فرآیند آسیاب‌کردن نیز دگرگون گردید. آسیاب اهرمی[2] بعد از آسیاب‌های سنگی زین مانند به وجود آمد. در این نوع آسیاب‌ها دانه‌های گندم در معرض دو نوع نیروی برشی و خردکنندگی قرار گرفته و خرد می‌شوند. از زمان پیدایش آسیاب‌های اهرمی مدت زیادی نگذشته بود که نوع جدیدی از آسیاب‌های چرخان توسط رومی‌ها اختراع شد. این آسیاب‌ها هم با نیروی دست و هم با استفاده از نیروی حیوانات قادر به کار بودند. شکل ۲- ۱ نشان دهنده سیر تکاملی تاریخی سنگ‌های آسیاب می‌باشد. آسیاب سنگی[3] (شکل ۲-۲) نوع تکامل یافته آسیاب‌های چرخان قدیمی می‌باشد حالت افقی و پهن‌تری دارد.

---

[1] Saddlestone
[2] Lever mill
[3] Millstone



شکل ۲-۱- سیر تکاملی تاریخی آسیاب‌های سنگی



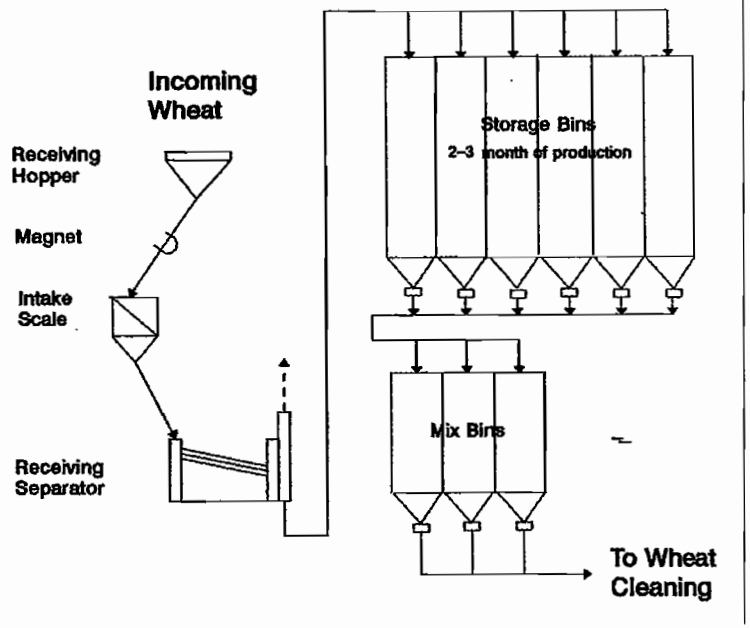
شکل ۲-۲- شمای یک نوع آسیاب سنگی

۲-۲- مراحل مختلف فرآیند آسیاب‌کردن

اصولاً فرآیند آسیاب‌کردن گندم به چهار مرحله عمده تقسیم می‌شود:

۲-۲-۱- دریافت و ذخیره‌سازی گندم

عموماً واحدهای آسیاب مجهز به سیستم‌های دریافت گندم از طریق راه‌آهن، جاده و یا دریا می‌باشند و در برخی موارد ترکیبی از هر سه سیستم یاد شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. بسته به این‌که کارخانه آسیاب در چه منطقه‌ای نسبت به مزارع گندم واقع شده باشد آن واحد آسیاب برای حفظ پویایی کارکرد خود لازم است مقدار مصرف در حدود ۲ تا ۳ ماه گندم خود را ذخیره نماید. ذخیره این مقدار گندم ذخیره شده شامل انواع مختلف گندم‌ها با کیفیت‌های متفاوت از لحاظ سختی، رنگ و غیره می‌باشد که معمولاً در پروسه آسیاب‌کردن از مخلوط گندم‌های مختلف استفاده می‌شود تا آرد حاصله ویژگی مناسبی داشته باشد. در این صورت برای نگهداری انواع مختلف گندم از سیلوهای جداگانه بایستی استفاده شود.



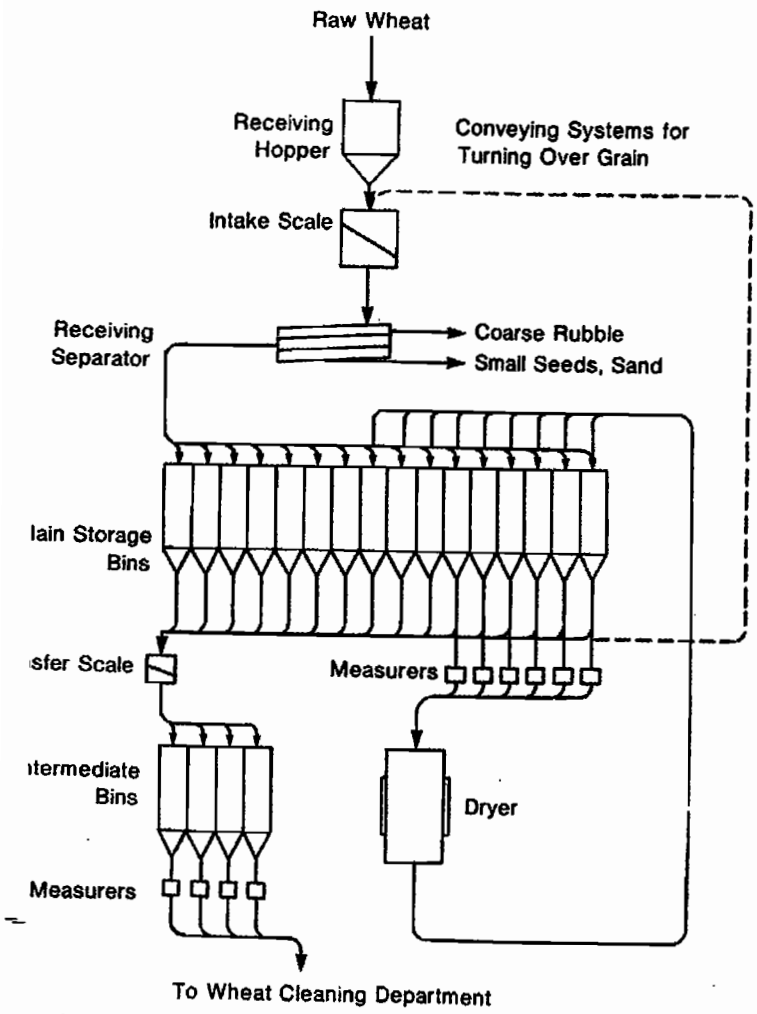
شکل ۲-۳- نمودار جریان مواد در الواتور آسیاب و مراحل تمیزکردن مقدماتی گندم

گندم توسط قسمتی از سیستم آسیاب که به الواتور[1] یا بالابر موسوم است، دریافت و سپس ذخیره می‌شود. این سیستم شامل امکانات و تسهیلاتی برای تخلیه، توزین، نگهداری، انتقال و تجهیزاتی برای پاک‌کردن و تمیزکردن مقدماتی دانه‌ها می‌باشد. نمودار جریان مواد در الواتور آسیاب و مراحل تمیزکردن مقدماتی گندم در شکل ۲-۳ و نیز طرح شماتیک نوعی الواتور مدرن آسیاب به همراه کلیه تجهیزات و امکانات آن در شکل ۲-۴ آمده است. همانطور که در این شکل نشان داده شده است در الواتور مدرن آسیاب گندم دریافتی پس از توزین، نمونه‌برداری و بلافاصله آنالیز می‌شود. آنالیز گندم از لحاظ وجود مواد خارجی از قبیل دانه‌های سایر غلات، بذر علف‌های هرز، شن و ماسه و نیز دانه‌های آسیب‌دیده، حشره‌زده و جوانه‌زده، از لحاظ میزان رطوبت و پروتئین و همچنین میزان فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز انجام می‌شود. پس از توزین و نمونه‌برداری و آنالیزهای مربوطه، گندم از لحاظ مواد خارجی پاکسازی می‌شود که برای هر کدام از مواد خارجی روش جداسازی مخصوص به خود اعمال می‌شود که در بخش بعدی توضیح داده خواهد شد. در اینجا فقط یک مرحله تمیز کردن مقدماتی روی دانه‌ها اعمال می‌شود که توسط دستگاه مخصوصی به نام الک ابتدایی[2] انجام می‌گیرد، که در مقطع دریافت گندم به کار گرفته می‌شود. طرح شماتیک الک ابتدائی واقع در مقطع دریافت در شکل ۲- ۵ آمده است.

در این دستگاه مواد خارجی خیلی درشت و یا خیلی ریزتر از گندم جدا می‌شوند. عمل جداسازی توسط الک‌های با اندازه مش‌های مختلف صورت می‌گیرد. در این سیستم، گرد و غبار، کاه و کزل و ذرات سبک نیز از دانه‌های گندم توسط جریان هوا جدا می‌شوند. گندم تمیز شده پس از این قسمت به سیلوهای نگهداری موقت انتقال داده می‌شود. اگر نیاز به اختلاط گندم‌های مختلف باشد، در این صورت گندم به سیلوهای حدواسط[3] منتقل شده و در آنجا به نسبت‌های دلخواه مخلوط می‌گردد. در صورت نگهداری طولانی مدت گندم، برای حفظ شرایط مطلوب، سیستم انتقال برگشتی یا فیدبک[4] باعث برگرداندن و به دوران انداختن گندم جهت فراهم ساختن تهویه مناسب در محصول می شود. معمولاً سیستم‌های انتقال فیدبک مجهز به امکاناتی جهت فومیگاسیون (گازدهی) دانه‌ها می باشند. گاز فومیگان مورد استفاده به صورت مایع بوده اما امروزه بیشتر از فومیگان‌های قرصی استفاده می‌کنند که در مسیر کانال‌های انتقال قرص‌گذاری می‌شود .

سیستم الواتور همچنین مجهز به خشک‌کن می‌باشد که در صورت لزوم گندم‌ها را تا رطوبت مناسب خشک کرده و توسط سیستم انتقال جداگانه در سیلوهای مخصوصی ذخیره می‌کند.

[1] Elevator
[2] Receiving Separator
[3] Intermediate Bins
[4] Feed back



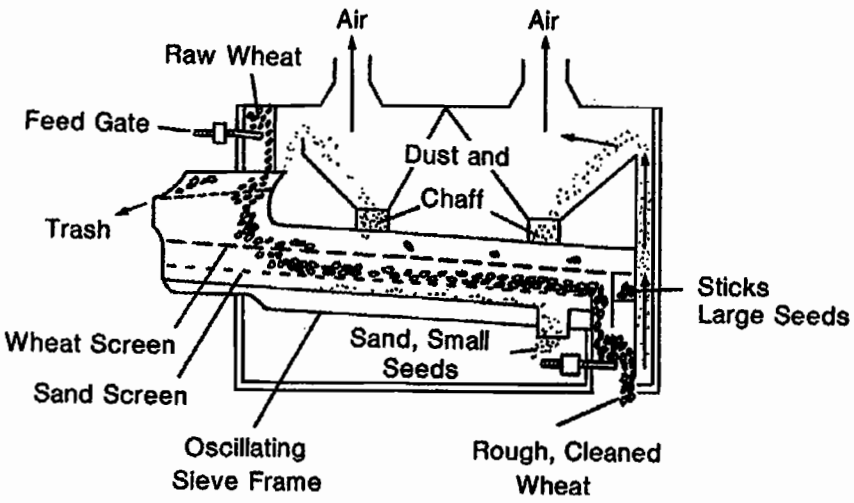
شکل ۲-۴- دیاگرام شماتیک یک نوع الواتور آسیاب مدرن

۲-۲-۲- تمیزکردن (بوجاری) و آماده سازی گندم برای آسیاب‌کردن

در این مرحله از فرآیند آسیابانی دو هدف عمده و مشخص دنبال می‌شود:

۱- تمیزکردن و پاکسازی گندم از ناخالصی‌ها (بوجاری)

۲- رساندن گندم به حالت و شرایط مناسب جهت پروسه آسیاب‌کردن که در این مرحله گندم از لحاظ مقدار رطوبت و حالت فیزیکی دانه به شرایط مطلوب رسانده می‌شود. لذا به این عملیات واجد شرایط کردن یا مشروط کردن[1] گفته می‌شود.



شکل ۲-۵- طرح شماتیک یک نوع الک ابتدائی واقع در مقطع دریافت

در این بخش فرآیندهای تمیزکردن و واجد شرایط کردن گندم به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

تمیزکردن یا بوجاری مؤثر گندم قبل از آسیاب‌کردن این اطمینان را بوجود خواهد آورد تا عوامل آلاینده نظیر باکتری‌ها، کپک‌ها، بذور علف‌های هرز، دانه‌های آفت زده، چروکیده، شکسته و سایر مواد خارجی باعث آلودگی آرد تولیدی نشده و یا باعث آسیب‌رساندن به دستگاه‌های آسیاب نشوند. با توجه به اینکه گندم از نقاط متعدد و به طرق مختلف به دست می‌آید لذا به طور اجتناب ناپذیری ممکن است حاوی ناخالصی‌های متعددی از قبیل سنگ ریزه، گل و لای، خاک، قطعات فلزی، بذور علف‌های سمی نظیر ارگوت[2]، کاه و کزل

[1] Conditioning
[2] Ergot

و ساقه گیاهان و سایر ناخالصی‌ها باشد که تأثیر نامطلوب روی محصول آسیاب‌شده داشته و یا باعث آسیب‌دیدگی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات آسیاب می‌شوند. لذا گندمی که تحویل آسیاب داده می‌شود معمولاً نیاز به عملیات تمیزکردن بیشتری دارد تا ناخالصی‌های فوق‌الذکر از آن جدا شوند. جداسازی ناخالصی‌ها از گندم در اتاق‌های مخصوصی موسوم به اتاق غربال[1] یا واحد بوجاری صورت می‌گیرد.

۲-۲-۲-۱- تمیز کردن (بوجاری) گندم

یکی از اهداف فرآیند آسیاب‌کردن تولید آردی با رنگ خوب می‌باشد که قادر به تولید محصول نهایی با حجم، بافت، رنگ و مزه مطلوب باشد. لذا هرگونه مواد خارجی گندم بایستی قبل از آسیاب کردن از آن جدا شوند چون باعث آسیب‌رسیدن به ویژگی‌های فوق‌الذکر می‌شوند. از طرفی بعضی از این ناخالصی‌ها نظیر تکه‌های فلزی، سنگریزه و ... نیز ممکن است باعث صدمه دیدگی دستگاه‌های آسیاب گردند.

ناخالصی‌های موجود در گندم را می‌توان به صورت زیر طبقه بندی نمود:

- دانه‌های چروکیده، لاغر و آفت‌زده یا بیماری دیده گندم
- دانه‌های سایر غلات از قبیل جو، چاودار، یولاف و غیره
- تخم علف‌های هرز، ساقه خشکیده گیاهان، کاه و کزل
- مواد معدنی نظیر گل و لای، گرد و خاک، شن و ماسه، سنگریزه و تکه‌های فلزات مختلف
- سایر ناخالصی‌ها مانند پارچه، نخ گونی و تکه‌های کاغذ

اصولاً ناخالصی‌هایی که همراه گندم وجود دارند حداقل در یکی از خصوصیات ذیل با گندم اختلاف داشته و بر این اساس قابل جداسازی می‌باشند.

۲-۲-۲-۱-۱- خصوصیات فیزیکی مورد استفاده در جداسازی ناخالصی‌ها از گندم

۲-۲-۲-۱-۱-۱- اندازه[2]

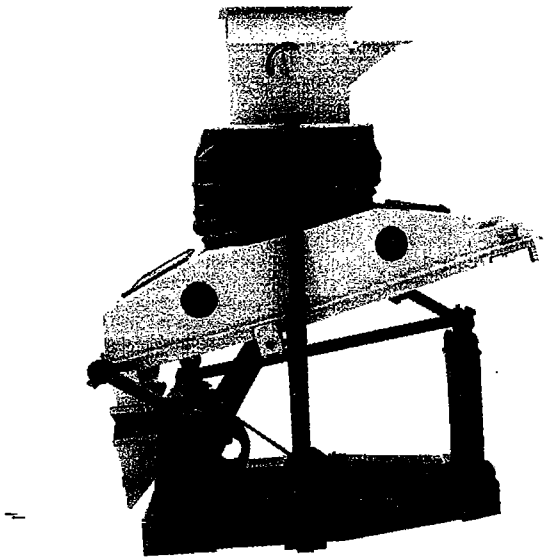
در سیستم جداسازی بر اساس اندازه از دستگاه‌های الک استفاده شده و با انتخاب الک‌های با اندازه مش‌های[3] مختلف (بزرگتر و کوچکتر از قطر دانه گندم) می‌توان دانه‌های درشت‌تر و یا ریزتر از دانه‌های گندم را جدا کرد. الک‌های مورد استفاده از نوع سیمی با جنس استیل، مس و یا برنز و یا از نوع صفحات فلزی مشبک می‌باشند. مجموعه الک‌ها به صورت یک واحد قرار گرفته و دارای حرکت رفت و برگشتی و یا دورانی هستند. نمونه‌ای از این ماشین‌ها در شکل ۲- ۵ نشان داده شد. این دستگاه صرفاً در مقطع دریافت گندم در سیستم الواتور استفاده می‌شود. اما در واحد بوجاری برای انجام عملیات پاکسازی تکمیلی (بر

[1] Screen room / Cleaning house
[2] Size
[3] Mesh

اساس اندازه) از دستگاه‌های الک پیچیده‌تر و بزرگتر با ظرفیت بالا استفاده می‌گردد اما اصول جداسازی همانند اصول مورد استفاده در الک سیستم الواتور می‌باشد.

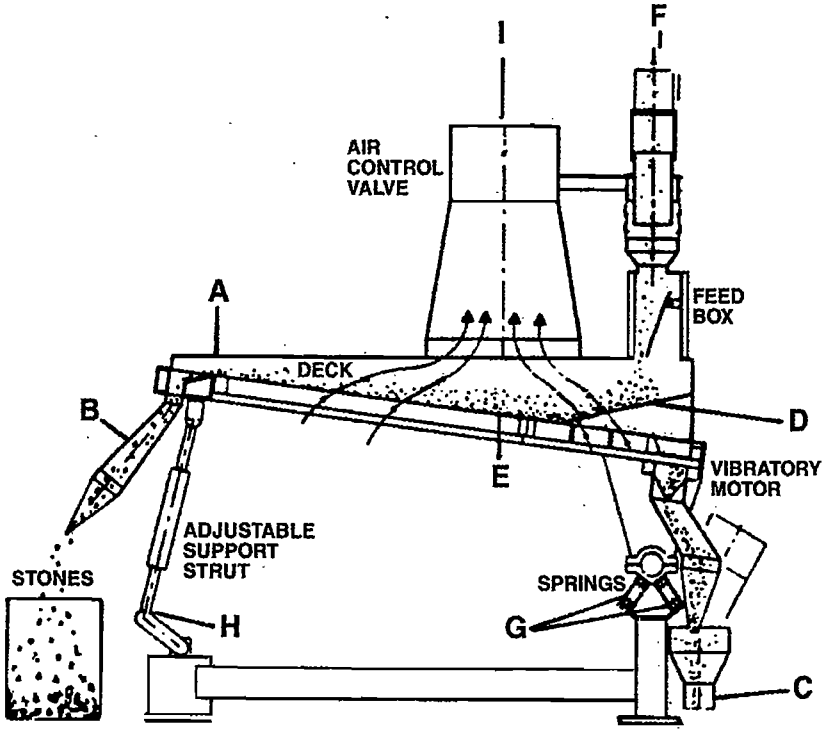
۲-۲-۲-۱-۱-۲- ثقل ویژه: شرح این ما شتک نیست

با استفاده از این خصوصیت می‌توان ناخالصی‌هایی که از لحاظ اندازه یا شکل شبیه گندم هستند اما وزن آن‌ها متفاوت است، جدا نمود. از این ناخالصی‌ها می‌توان سنگریزه‌ها، توده‌های کلوخه گل و لای، قطعات فلزی غیر از آهن، خرده شیشه‌ها و تخم ارگوت (ناخنک) را نام برد. دستگاه مورد استفاده در این سیستم شن‌گیر یا سنگ‌گیر نامیده می‌شود که در انواع مختلفی طراحی شده است. شکل ۲-۶ و ۲-۷ تصویر دستگاه شن‌گیر خشک و نحوه جداسازی شن و سنگریزه از دانه‌های گندم را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۶- دستگاه شن‌گیر خشک در شمای کلی

[1] Specific gravity



شکل ۲-۷- جزئیات دستگاه شن‌گیر خشک و مکانیسم جداسازی سنگریزه‌ها از گندم.

A: پنجره جهت رؤیت داخل دستگاه، **B**: خروج ناخالصیها (شن و سنگریزه)، **C**: خروج گندم تمیز شده، **D**: سینی تغذیه مواد روی صفحه جداسازی[1]، **E**: صفحه جداسازی شیب دار، **F**: ورود گندم، **G**: فنرهای مارپیچی جهت ویبره‌دار کردن دستگاه، **H**: اهرم تنظیم کننده شیب دستگاه، **I**: خروجی هوا جهت حذف گرد و غبار و ناخالصیهای سبک تر از گندم.

اساس کار دستگاه شن یا سنگ‌گیر به این ترتیب است که با حرکات ویبره و لرزشی که روی سطح شیب‌دار دستگاه وارد می‌گردد بار تغذیه شده روی این سطح حالت لرزش و شناور به خود می‌گیرد که با توجه به شیب صفحه جهت حرکت آن به سمت بالا (خلاف شیب) می‌باشد. اجسامی که ثقل ویژه بالاتری نسبت به

[1] Deck

گندم داشته و سنگین‌تر هستند شتاب حرکتی بیشتری گرفته و روی سطح الک به حرکت درآمده و به سمت بالا انتقال می‌یابند. سیستم هوادهی یا نیرویی که از قسمت تحتانی سطح الک به اجسام یا مواد همراه غله وارد می‌شود، به شناورسازی جریان مواد و تسهیل حرکت آن‌ها بر اساس ثقل ویژه کمک می‌نماید و همچنین ناخالصی‌های سبک‌تر از گندم را به مسیر مکش هوا یا آسپیراسیون منتقل می‌نماید.

تنظیم دستگاه شن‌گیر از طریق تنظیم ارتفاع، شیب و نوسانات الک و نیز تغییر جریان هوای عبوری و مکش هوا میسر می‌باشد.

۲-۲-۱-۱-۱-۳- شکل[1]

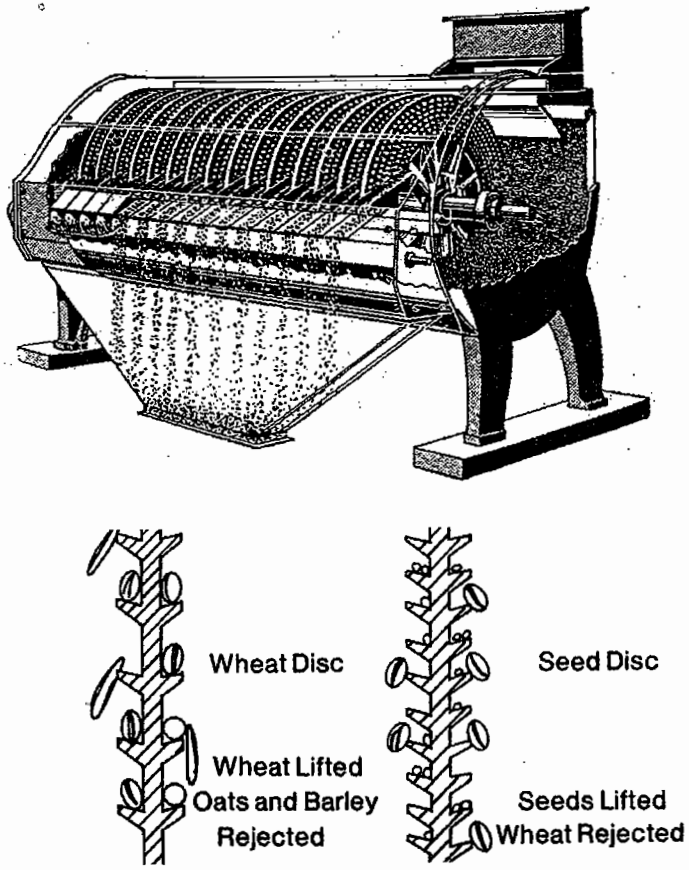
در جداسازی ناخالصی‌ها در سیستم الک، کلیه ناخالصی‌ها از گندم حذف نمی‌شوند و ممکن است ناخالصی‌هایی از قبیل بذور سایر غلات مانند جو، چاودار، یولاف و... که اندازه یکسانی با دانه گندم دارند، باقی بمانند. در چنین حالتی جداسازی بر اساس شکل امکان‌پذیر می‌باشد.

ناخالصی‌هایی که دارای قطر یکسان با دانه گندم می‌باشند اما از لحاظ اندازه بلندتر و یا کوتاه‌تر از آن می‌باشند با استفاده از جداکننده‌های صفحه‌ای دندانه‌دار یا استوانه‌های مخصوصی به نام تریور[2] قابل جداسازی می‌باشند. سطح این صفحات و قسمت داخلی استوانه‌ها دارای فرورفتگی‌ها یا دندانه‌هایی می‌باشند که شکل و اندازه خاصی داشته و فقط دانه گندم را در خود جای می‌دهند.

نوع دندانه‌ها و شیارهای این استوانه‌ها با توجه به انواع مختلف ناخالصی‌ها متفاوت بوده و شیارها و دندانه‌های باریک برای جداکردن ذرات گرد و کوچکتر از گندم مانند تخم علف‌های هرز، سیاهدانه و غیره و دندانه‌هایی با اندازه دانه‌های گندم برای جدا کردن گندم از سایر بذرها نظیر جو و چاودار به کار می‌رود. نمونه‌ای از این تجهیزات که تریور دیسکی نامیده می‌شود در شکل ۲-۸ دیده می‌شود.

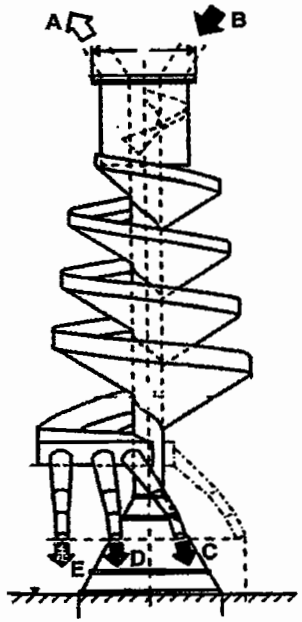
در واحدهای آسیاب در بخش بوجاری ممکن است از دستگاه دیگری به نام جداکننده (تریور) مارپیچی[3] یا سیاه‌دانه گیر نیز که بر اساس اختلاف در شکل کار می‌کند جهت جداسازی مؤثر بذور ریز و گرد (سیاه‌دانه) و دانه‌های شکسته و گرد گندم بهره گرفته شود. در این دستگاه کانال مارپیچی به دور محور قائم پیچانده شده است که در مسیر عبور دانه‌های گندم از بالا به پائین قرار می‌گیرد. بارگندم در اثر ثقل به پائین حرکت کرده و در مسیر حرکت خود دانه‌های گرد (سیاهدانه‌ها و دانه‌های شکسته گندم) به دلیل شکل خاص خود سرعت بیشتری به خود گرفته و به سمت بیرون کانال هدایت می‌شوند که باعث جداشدن آن‌ها از مسیر اصلی حرکت گندم می‌گردد. شمای دستگاه سیاه‌دانه گیر مارپیچی در شکل ۲- ۹ نشان داده شده است.

[1] Shape
[2] Terieur
[3] Spiral gravity seperator



شکل ۲-۸- دستگاه تریور یا جداکننده صفحه‌ای.

بالا: شمای کلی دستگاه در حین کار. **پائین سمت راست:** دیسک مخصوص بذور ریز (سیاهدانه). سیاهدانه‌ها را حمل کرده و دانه‌های گندم پس زده می‌شوند. **پائین سمت چپ:** دیسک مخصوص گندم. دانه‌های گندم را حمل نموده و دانه‌های سایر غلات نظیر یولاف و جو پس زده می‌شوند.



شکل ۲-۹- دستگاه سیاه‌دانه‌گیر مارپیچی.
A) مکش هوا برای حذف گرد و غبار،
B) ورودی بار گندم،
C) خروجی گندم پاکسازی شده،
D) بذور علف‌های هرز، سیاهدانه، دانه‌های شکسته،
E) بذور کاملا گرد

۲-۲-۱-۱-۴- ویژگی طبیعی[1]

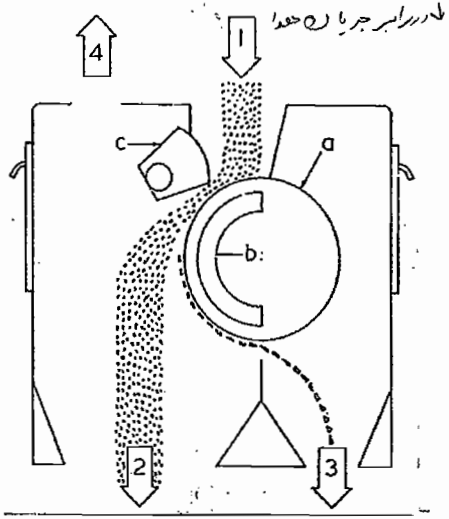
ناخالصی‌هایی که عمدتاً در این قسمت مورد بحث قرار می‌گیرند، عمدتاً اشیاء فلزی مانند تکه‌های آهن (بویژه در برداشت‌های مکانیزه)، میخ، سوزن و غیره می‌باشند. برای جدا کردن اشیاء فلزی باقیمانده در محصول که در مراحل تمیزکردن مقدماتی از آن حذف نشده‌اند از نیروی مغناطیسی آهنربا استفاده می‌شود. در این سیستم در مسیر عبور گندم، آهنرباهای قوی کار گذاشته می‌شوند و بدین ترتیب قطعات فلزی جذب آهنربا شده و از محصول حذف می‌شوند. طرح شماتیک نمونه‌ای از دستگاه آهنربای چرخان در شکل ۲-۱۰ آمده است.

۲-۲-۱-۱-۵- مقاومت در برابر جریان هوا[2]

ناخالصی‌هایی که مقاومت کمتری در مقابل جریان هوا نسبت به گندم دارند، توسط هوادهی انتخابی قابل جداسازی می‌باشند. از این ناخالصی‌ها می‌توان کاه و کزل، ساقه خشکیده گیاهان، دانه‌های سبک، پوسته دانه‌ها و گرد و غبار همراه گندم را نام برد. اساس این روش جداسازی، دمیدن جریان قوی هوا از یک لایه نازک محصول در حال جریان می‌باشد. در نتیجه ناخالصی‌ها از قسمت فوقانی به یک سیکلون یا

[1] Natural Peculiarity
[2] Air Resistance

جمع‌آوری‌کننده گرد و غبار منتقل شده و از محصول جدا می‌شوند. دستگاهی که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد آسپیراتور[1] نام دارد. طرح شماتیک یک نوع آسپیراتور در شکل ۲- ۱۱ آمده است.



شکل ۲-۱۰- مقطع عرضی آهنربای چرخان
a) غلتک استوانه ای (چرخان)،
b) آهنربای دائمی (ساکن)،
c) دریچه تنظیم عبور بار گندم
۱) ورود گندم
۲) خروج گندم تمیز شده از قطعات فلزی،
۳) خروج قطعات فلزی جداشده،
۴) دریچه متصل به سیستم مکش هوا (آسپیراسیون)

در جداسازی ناخالصی‌های مختلف گندم با یکی از اصول پنج‌گانه فوق‌الذکر، ممکن است ناخالصی‌هایی همچون گردو خاک موجود به همراه دانه‌ها که در لابلای شیارهای دانه محبوس مانده‌اند و یا ریشک‌های ریز گندم هنوز باقی‌مانده باشند که در این‌صورت از دو روش می‌توان عملیات تمیزکردن گندم را تکمیل نمود.

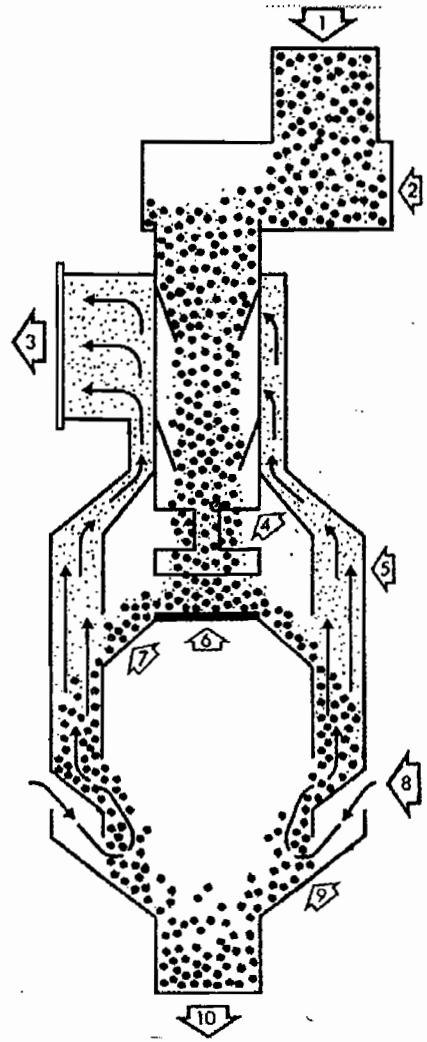
۱) شستشوی گندم با آب توسط دستگاه وایزر[2] یا برس‌زنی مرطوب[3]

۲) برس‌زنی خشک[4] توأم با عمل هوادهی

در گذشته از عملیات شستشو جهت تمیزکردن گندم و این مرحله استفاده می‌شد اما امروزه به دلیل هزینه‌های بالای این روش، کمبود منابع آب، آلودگی میکروبی بعدی محصول و بالأخره هزینه زیاد تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات مربوط از روش برس‌زنی خشک یا ماشین‌های اصطکاکی که همراه با عمل هوادهی کار می‌کنند (گونه‌ای از آسپیراتورها) استفاده می‌شود.

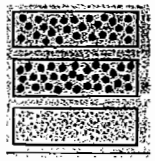
شمای یک نوع دستگاه برس خشک استوانه‌ای در شکل ۲-۱۲ آمده است.

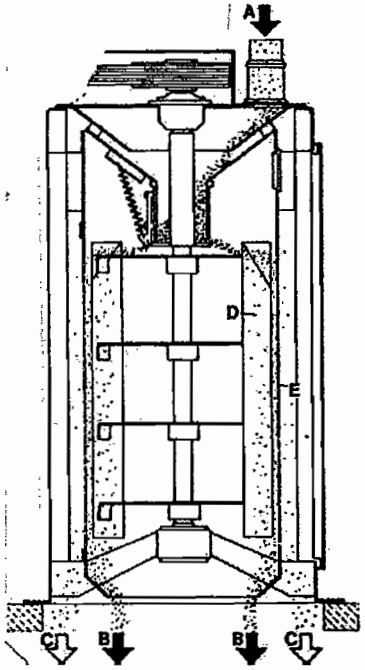
[1] Aspirator
[2] Whizzer
[3] Wet scourer
[4] Dry Scourer



شکل ۲-۱۱. طرح شماتیک آسپیراتور

۱) ورودی گندم
۲) جعبه ورودی قابل دوران
۳) خروجی گرد و غبار همراه هوا
۴) لوله تغذیه‌کننده بهمراه مخروط‌های داخلی جهت هدایت بار ورودی به مرکز
۵) محفظه هوادهی
۶) صفحه پوشش قابل تعویض
۷) مخروط‌های توزیع‌کننده بار ورودی
۸) ورود هوا
۹) قیف جمع کننده گندم تمیز شده
۱۰) خروج گندم تمیز شده





شکل ۲-۱۲. طرح شماتیک دستگاه برس عمودی. **A**) ورودی گندم **B**) خروجی گندم تمیز شده **C**) خروجی گرد وخاک **D**) تیغه های دستگاه برس **E**) صفحه مشبک جهت خروج مواد جدا شده

۲-۲-۲-۲- واجد شرایط‌کردن گندم[1]

چنان‌که قبلاً نیز ذکر شد، تغییر حالت فیزیکی دانه با افزودن مقدار کنترل شده آب یا رطوبت به گندم و رساندن آن به شرایط مطلوب جهت فرآیند آسیاب‌کردن، واجد شرایط یا مشروط‌کردن گفته می‌شود. گاهی اصطلاح نم‌زدن و حالت‌دادن نیز معادل واژه‌های فوق به کار می‌رود.

۲-۲-۲-۲-۱- اهداف واجد شرایط کردن گندم

۱- سفت و الاستیک‌کردن پوسته که مانع از خرد شدن آن در طول عملیات خردکردن دانه‌ها می‌شود (اگر پوسته به صورت ذرات ریز درآید جداسازی آن از آندوسپرم نشاسته‌ای در طول مراحل الک کردن مشکل خواهد بود).

[1] Conditioning of Wheat

۲- تسهیل جداسازی فیزیکی آندوسپرم از سبوس
۳- نرم‌کردن آندوسپرم به طوری که در جریان فرآیند آسیاب‌کردن به خوبی خرد شده و تبدیل به آرد گردد.
۴- تسهیل جریان عملیات الک‌کردن
۵- افزایش میزان نشاسته صدمه‌دیده مکانیکی در جریان خردکردن. (با افزایش میزان آسیب دیدگی نشاسته به دلیل آزاد شدن پنتوزان‌های محلول از نشاسته، جذب آب و خواص نانوایی آرد حاصله بهبود می‌یابد)

هنگامی که عملیات واجد شرایط‌کردن به نحو مطلوب انجام گیرد، پوسته گندم سفت و محکم شده و حالت الاستیک به خود می‌گیرد اما اتصال پوسته به آندوسپرم شل می‌شود. لذا جدا شدن پوسته از آندوسپرم سریع‌تر و راحت‌تر انجام می‌گیرد. از طرفی سفت شدن پوسته باعث کاهش شکنندگی آن شده و در نتیجه از خرد شدن آن جلوگیری می‌شود که این امر باعث می‌شود که ذرات پوسته با ذرات آرد مخلوط نشده و آرد سفیدرنگ با حداقل خاکستر حاصل گردد.

در عملیات واجد شرایط‌کردن مقدار آب مورد نظر توسط نازل‌های مخصوص روی مقدار معینی از گندم تمیز شده که در داخل یک کانوپر (تسمه نقاله) معمولاً سربسته حرکت می‌کند، پاشیده می‌شود. سپس گندم مرطوب به داخل سیلوهای متعادل‌کردن[1] هدایت می‌شود و در آنجا به مدت چند ساعت می‌ماند تا رطوبت به طور مطلوب در داخل دانه‌ها توزیع شود. عملیات نم‌زدن و حالت دادن و نگهداری گندم‌ها در سیلوهای مربوطه در دو مرحله صورت می‌گیرد تا از توزیع یکنواخت رطوبت در داخل دانه‌ها اطمینان حاصل شود.

مقدار رطوبت و یا آب مورد نیاز در مرحله واجد شرایط کردن گندم به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- رطوبت اولیه دانه‌های گندم
۲- رطوبت نسبی و دما در فضای کارخانه آسیاب
۳- نوع گندم (درجه سختی گندم): گندم‌های سخت عموماً در هنگام آسیاب‌کردن باید رطوبتی معادل ۱۷ تا ۱۸ درصد و گندم‌های نرم رطوبتی معادل ۱۵ تا ۱۶ درصد داشته باشند. در مورد مخلوط گندم‌های نرم و سخت معمولاً رطوبت ۱۶/۵ درصد تنظیم می‌شود.
۴- رطوبت مطلوب محصول آسیاب شده نهایی

عموماً گندم‌های سخت و شیشه‌ای به مدت زمان و رطوبت بیشتری نسبت به گندم‌های نرم نیاز دارند. گندم‌های سخت به مدت ۱۰ الی ۳۶ ساعت در سیلوهای متعادل‌کردن نگهداری می‌شوند در حالی‌که گندم‌های نرم به مدت زمان ۴ تا ۶ ساعت در این مرحله نیاز دارند. البته گندم دوروم که جزو گندم‌های بسیار سخت می‌باشد و جهت تولید سمولینا برای فرآورده‌های خمیری مورد استفاده قرار می‌گیرد، از قاعده فوق مستثنی می‌باشد و عملیات متعادل‌کردن رطوبت برای این گندم کوتاهتر بوده و کمتر از ۶ ساعت می‌باشد.

عملیات واجد شرایط کردن گندم‌های مختلف به طور جداگانه صورت می‌گیرد و اگر نیاز به مخلوط کردن گندم‌ها باشد، پس از پایان این مرحله، عمل اختلاط صورت می‌گیرد.

[1] Tempering Bins

۲-۲-۲-۲-۲- روش‌های واجد شرایط کردن

مخلوط‌کردن گندم‌های مرطوب و خشک

یک روش ابتدایی بوده و در عمل کمتر کاربرد دارد. معایب این روش: رسیدن به حالت تعادل مدت زمان زیادی لازم دارد. گندم‌های مورد استفاده در این روش حتماً باید از لحاظ سختی ویژگی یکسانی داشته باشند و اگر از گندم‌های مختلف با کیفیت‌های متفاوت استفاده شود عمل متعادل شدن به خوبی صورت نخواهد گرفت.

واجد شرایط کردن سرد[1]

در این روش عمل افزودن مقدار رطوبت لازم به گندم در دمای ۱۵ الی ۱۸ درجه سانتی‌گراد و به مدت طولانی (حدود ۲۴ الی ۷۲ ساعت) انجام می‌گیرد. در این عمل حدود ۳ تا ۵ درصد رطوبت به دانه‌های گندم داده می‌شود. برای تسریع در عمل جذب رطوبت به داخل دانه‌ها در این روش می‌توان از مواد افزودنی نظیر آئروسل[2] و بیکربنات سدیم استفاده نمود این مواد بدون اثرات مضر بوده و استفاده از آن‌ها مجاز است.

واجد شرایط کردن گرم[3]

در این روش با استفاده از حرارت زمان عملیات واجد شرایط کردن را از ۲۴ الی ۷۲ ساعت به ۱ تا ۱/۵ ساعت کاهش می‌دهند، درجه حرارت مناسب حداکثر ۴۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. باید توجه داشت که در این روش درجه حرارت نباید از ۴۶ درجه سانتی‌گراد تجاوز کند چون اثرات سوئی روی خصوصیات فیزیکی دانه و آرد حاصل از آن دارد.

واجد شرایط کردن داغ[4]

درجه حرارت در این روش تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. مدت زمان در این روش خیلی کوتاه بوده و به حدود چند دقیقه می‌رسد. با توجه به اینکه حرارت‌های بالا اثرات سوء روی پروتئین گلوتن داشته و خصوصیات پخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد در عمل کمتر از این روش استفاده می‌شود.

واجد شرایط کردن به وسیله بخار

استفاده از بخار برای مشروط‌کردن از نظر انتقال رطوبت به داخل دانه‌ها به مراتب مناسب‌تر است به علاوه در این روش راندمان آرد و میزان بهبود خصوصیات آن نیز افزایش می‌یابد و بنابراین روز به روز متداول‌تر

[1] Cold Conditioning
[2] Aerosol O.T.
[3] Warm Conditioning
[4] Hot Conditioning

می‌شود. در این روش ابتدا بخارآب در لابلای دانه‌ها تزریق شده و پس از حدود دو ساعت دانه‌ها وارد آب سرد شده و بالاخره به وسیله سانتریفوژ آب اضافی دانه‌ها حذف شده و دانه‌ها برای آسیاب‌کردن آماده می‌شوند.

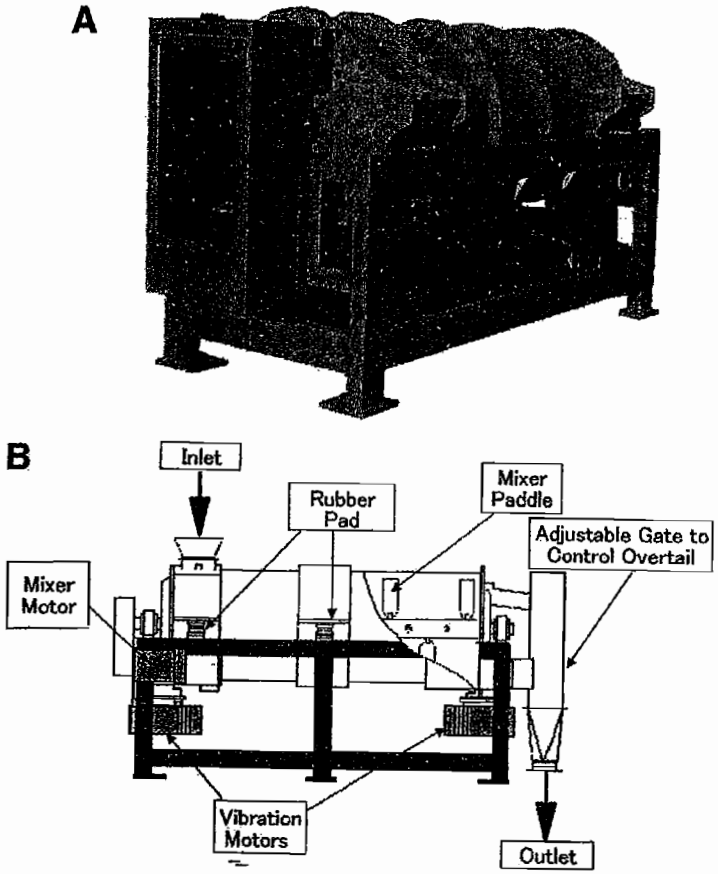
۲-۲-۲-۳- تجهیزات مورد استفاده در فرآیند واجد شرایط کردن

دستگاه‌های مورد استفاده برای واجد شرایط‌کردن گندم متنوع می‌باشند. در حالت کلی در فرآیند واجد شرایط کردن آب سرد یا گرم به گندم طی یک یا دو مرحله افزوده شده و به گندم استراحت داده می شود تا رطوبت در لایه های دانه توزیع پیدا نماید. میزان رطوبت اضافه شده یا مدت زمان استراحت به نحوی تنظیم می گردد که گندم به رطوبت مناسب و مورد نظر برای فرآیند آسیاب‌کردن رسیده باشد. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد هدف این فرآیند آن است که پوسته گندم را سفت و آندوسپرم را نرم نماید. اگر آندوسپرم نرم نگردد باعث خواهد شد تا در جریان خرد شدن دانه های گندم پوسته را به شدت زیز نماید که در اینصورت کارایی جداسازی پوسته از آندوسپرم به شدت تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. در نوعی از دستگاههای واجد شرایط کننده برای افزایش نرخ نفوذ رطوبت به گندم و به تبع آن کاهش مدت زمان متعادل کردن گندم از ماشین های لرزشی (ویبراتور) استفاده می گردد (شکل ۲-۱۳).

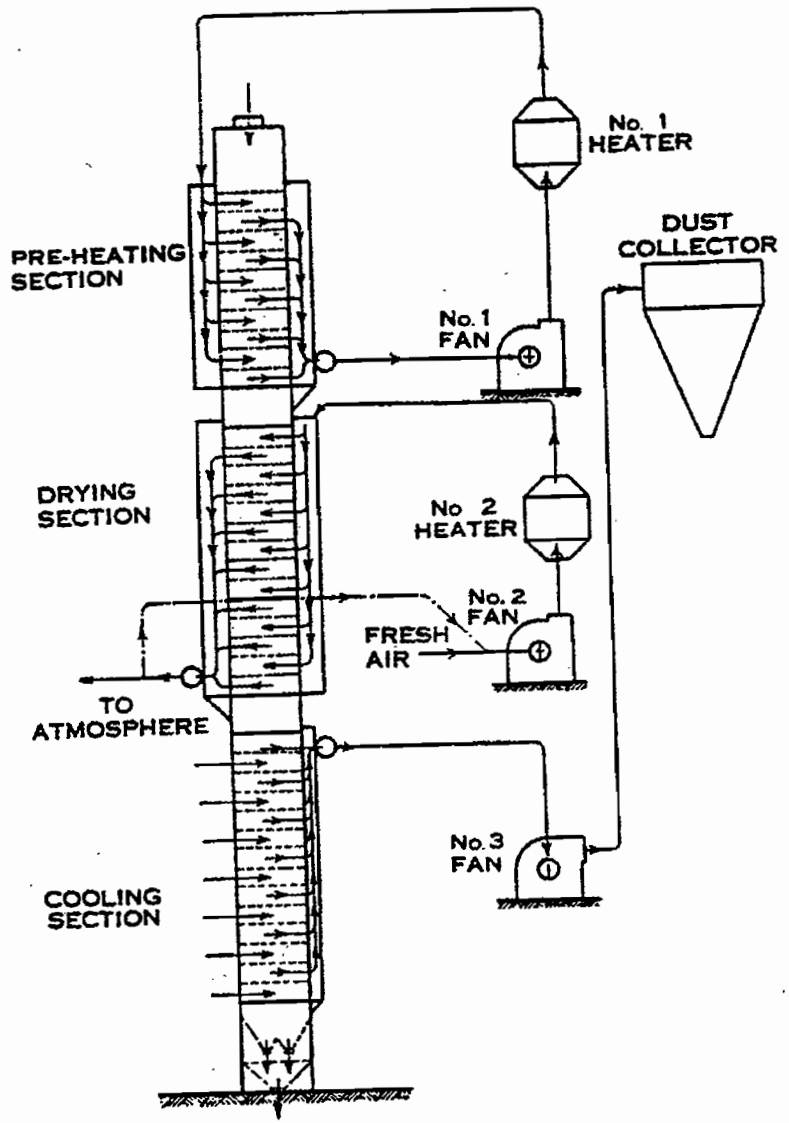
در واجد شرایط کردن گرم، گندم مرطوب تا دمای معمولاً زیر ۵۵ درجه سانتی‌گراد توسط هوای داغ حرارت داده شده و تا رطوبت مورد نظر برای آسیاب کردن خشک شده و سپس سریعاً خنک می‌گردد. شکل ۲-۱۴ سیستم واجد شرایط کننده ای را نشان می دهد که بر اساس خشک کردن گندم‌های مرطوب و رساندن رطوبت آن‌ها به رطوبت مناسب برای آسیاب‌کردن کار می‌کند. در این نوع واجد شرایط کردن خصوصیات گلوتن تغییر نموده و فعالیت‌های آنزیمی (آمیلازی و پروتئازی) در گندم تضعیف می گردد. عنوان شده است که این روش واجد شرایط کردن در شرایط کنترل شده به دلیل اعمال حرارت باعث بهبود خواص نانوایی گندم‌های ضعیف می‌گردد.

این نوع دستگاه مشروط‌کننده دستگاه یونیورسال[1] نیز نامیده می شود که از یک برج مرتفع ساخته شده و حاوی سه قسمت عمده پیش‌گرم‌کن[2]، ستون خشک کننده[3] و قسمت خنک‌کننده[4] می‌باشد. ابتدا گندم از قسمت فوقانی دستگاه در مقدار تنظیم شده وارد دستگاه شده و از آنجا وارد قسمت پیش‌گرم‌کن می‌شود و در آنجا درجه حرارت محصول تا حد معینی بالا می‌رود. سپس محصول وارد ستون خشک کننده می‌شود و در آنجا رطوبت مازاد محصول از آن گرفته می‌شود. در مرحله نهایی محصول وارد قسمت سردکن دستگاه شده و درجه حرارت آن تا حد درجه حرارت اتاق خنک می‌شود. سرانجام محصول وارد مخازن نگهداری قبل از آسیاب‌کردن شده و در اینجا نیز بسته به نوع گندم حدود ۸ تا ۱۸ ساعت به حال خود باقی می‌ماند و سپس وارد فرآیند آسیاب می‌شود.

[1] Universal conditioner
[2] Preheating
[3] Dryer
[4] Cooling



شکل ۲-۱۳. دستگاه نم زنی با حرکت لرزشی (ویبره): **A**) شکل کلی دستگاه، **B**) تصویر شماتیک دستگاه نشان‌دهنده بخش‌های مختلف آن (از شرکت **Satake**)



شکل ۲-۱۴. طرح شماتیک دستگاه واجد شرایط کننده

۲-۲-۳- فرآیند آسیاب‌کردن گندم

آسیاب‌کردن اساساً یک فرآیند خردکردن و جداسازی تلقی می‌شود. عملیات خردکردن توسط غلتک‌های خردکننده[1]، اسکراچ‌رول یا غلتک‌های دانه‌بندی و نیز غلتک‌های نرم‌کننده[2] صورت می‌گیرد. عملیات جداسازی نیز توسط دستگاه‌های الک و خالص‌کننده یا مغزگیر انجام می‌پذیرد. هدف از فرآیند آسیاب‌کردن، شکافتن دانه و جدا کردن حداکثر آندوسپرم از پوسته دانه و تولید آردی با خاکستر و رنگ مطلوب و در مرحله بعدی خردکردن تدریجی یا نرم‌کردن (کاهش اندازه ذرات) آندوسپرم خالص و تبدیل آن به آرد می‌باشد. بعد از هر مرحله خردکردن، مواد خرد شده وارد ماشین‌های الک[3] شده و آرد همراه آن‌ها جدا می‌شود. موادی که روی الک باقی می‌مانند، درشت‌تر از ذرات آرد بوده و به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- آندوسپرم خالص و یا نسبتاً خالص

۲- مخلوط‌های آندوسپرم و سبوس که از لحاظ اندازه و شکل و نسبت آندوسپرم به سبوس متفاوت هستند.

۳- سبوس خالص و یا نسبتاً خالص

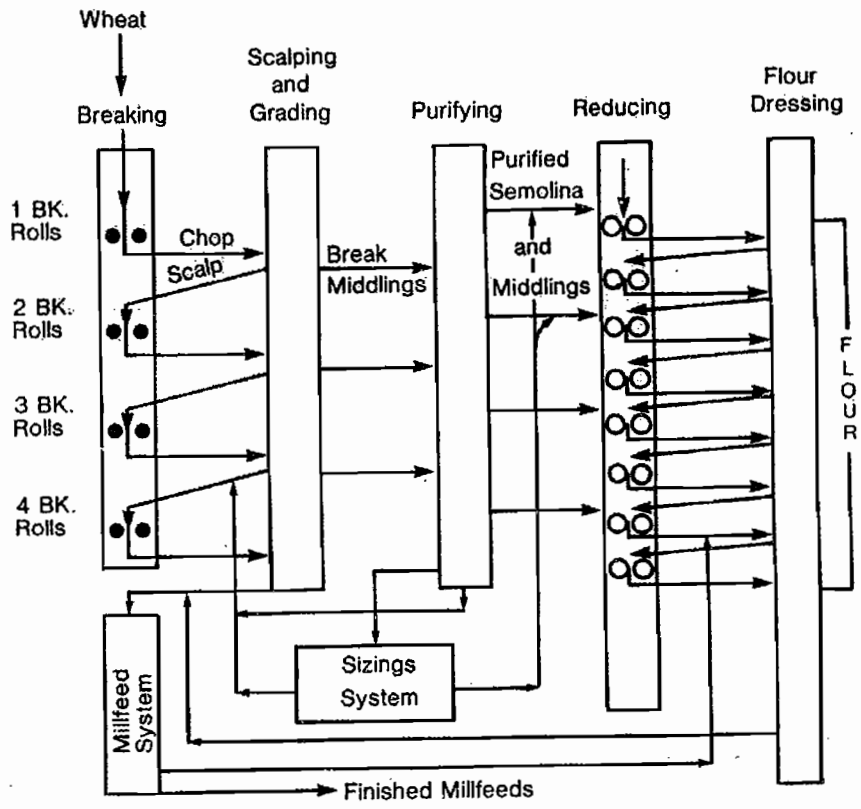
اگر دانه‌های گندم به طور صحیح واجد شرایط شده باشند (متعادل شده باشند) در این صورت آسیابان قادر خواهد بود با به کار بستن سه پدیده ذیل به اهداف آسیابانی خود برسد:

نخست اینکه سبوس دارای اندازه ذرات درشت‌تر و زبرتر از آندوسپرم می‌باشد لذا توسط ماشین‌های الک قابل جداسازی از آندوسپرم می‌باشد. دوم اینکه سبوس سبک‌تر از آندوسپرم بوده و مخلوط این دو بر اساس ترکیب نسبی‌شان در ماشین‌هایی از قبیل دستگاه خالص‌کننده یا «پیوریفایر»[4] یا در اصطلاح دیگر دستگاه مغزگیر که بر اساس اختلاف دانسیته عمل می‌کنند، قابل جداسازی می‌باشد. سوم اینکه هنگامی که مخلوط سبوس و آندوسپرم از لحاظ اندازه ذرات کاملاً هم‌اندازه می‌باشند و قادر به جداشدن توسط سیستم‌های الک نیستند در این صورت با اعمال نیروی برشی[5] که توسط غلتک‌های خاصی به نام اسکراچ‌رول صورت می‌گیرد، سبوس تمایل به پهن‌شدن پیدا می‌کند در صورتی که آندوسپرم خرد می‌شود و در نتیجه توسط الک‌کردن بعدی قابل جداسازی خواهند بود.

پس با اعمال عملیات متوالی خردکردن توسط غلتک‌های شیاردار و صاف، الک‌کردن و خالص‌سازی (مغز گیری)[6] می‌توان آندوسپرم و پوسته را به طور مطلوب از هم‌دیگر جدا نمود. شکل ۲-۱۵ شمای عملیات ساده ساده آسیاب‌کردن را که شامل چهار جفت غلتک خردکننده، سیستم درجه‌بندی و خالص‌سازی (مغز گیر) و هشت جفت غلتک نرم‌کننده می‌باشد را نشان می‌دهد.

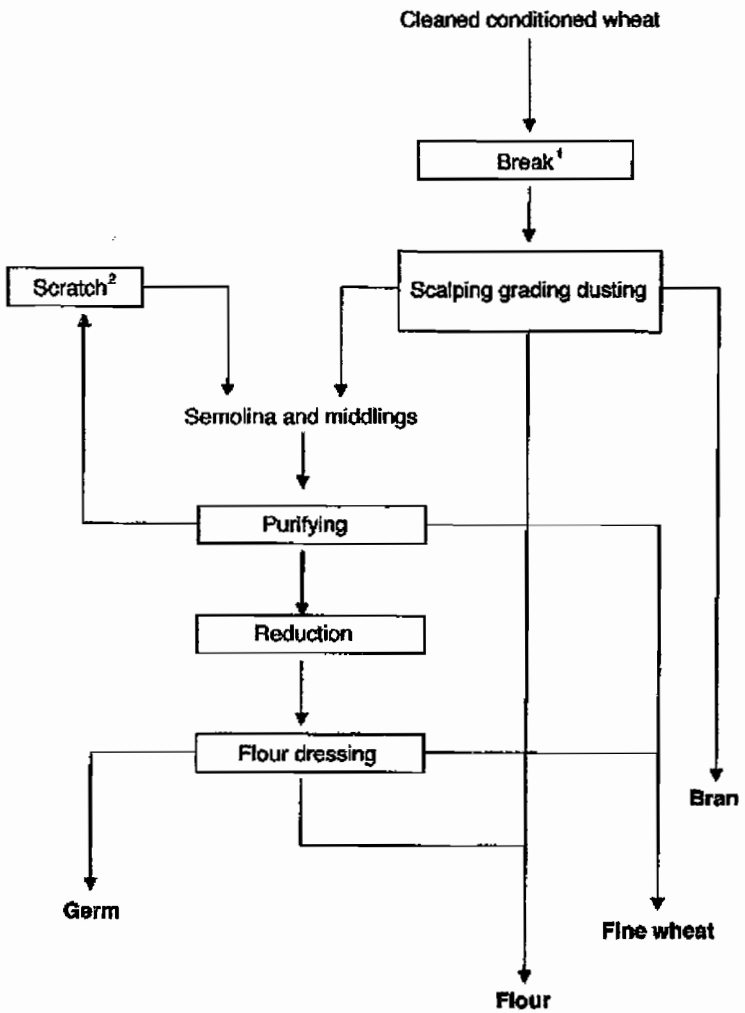
---

[1] Break Rolls
[2] Reduction Rolls
[3] Sifters
[4] Purifier
[5] Shearing
[6] Purification



شکل۲-۱۵. دیاگرام شماتیک یک سیستم ساده آسیاب

شکل ۲-۱۶ نمودار ساده شده کل فرآیند آسیاب را در یک شمای متفاوت و ساده نشان می‌دهد.



1 - This process opens the grain to allow the endosperm to be scraped from the bran.
2 - Separates bran and endosperm.

شکل۲-۱۶. نمودار ساده شده فرآیند آسیاب کردن گندم

اصولاً فرآیند آسیاب‌کردن به هفت سیستم عملیاتی مجزا تقسیم می‌شود:

۲-۲-۳-۱- سیستم خردکننده[1]

این سیستم ابتدایی‌ترین قسمت پروسه آسیاب‌کردن (خردکردن) می‌باشد. شکل ۲-۱۷ نوعی دستگاه والس یا غلتک خردکننده مدرن را نشان می دهد.

هدف‌هایی که در سیستم خردکننده دنبال می شوند عبارتند از:

۱- در غلتک‌های خردکننده اول، هدف شکافتن دانه و آزادکردن آندوسپرم از پوسته و جوانه و تولید دانه‌های درشت آندوسپرم و ذرات بزرگ سبوس به شکل پولک‌های پهن می‌باشد.

۲- در غلتک‌های بعدی خردکننده، هدف آزاد کردن کامل بقیه آندوسپرم از ذرات پوسته در حد امکان می‌باشد.

در این سیستم بایستی مکانیسم عمل طوری باشد که حتی‌الامکان پوسته آزاد شده به صورت کامل و درسته جدا شود و از هر گونه خرد شدن بیش از اندازه آن جلوگیری به عمل آید. همچنین از خرد شدن بیش از حد ذرات آندوسپرم نیز بایستی اجتناب کرد چون‌که هر قدر ذرات آندوسپرم درشت‌تر باشند در مراحل بعدی خالص‌کردن آن‌ها راحت‌تر خواهد بود.

طول سیستم خردکننده یا تعداد غلتک‌ها:

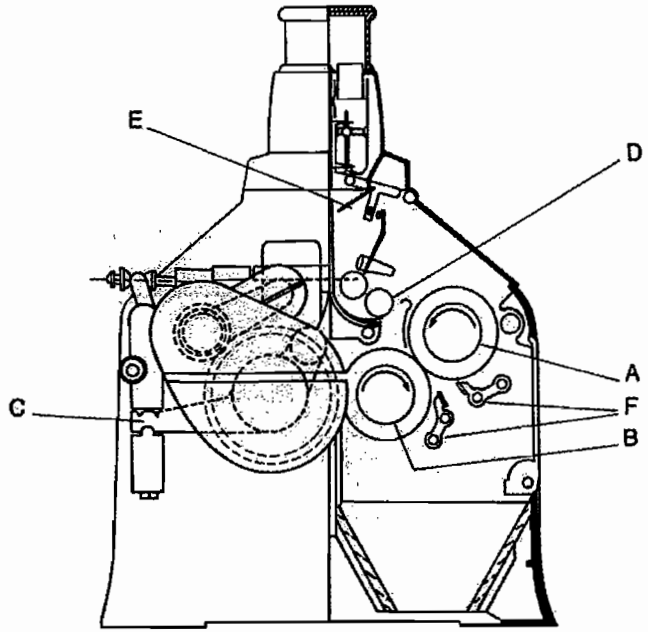
سیستم خردکننده معمولاً حاوی چهار الی شش جفت غلتک می‌باشد. تعداد غلتک‌های مورد استفاده در این سیستم بستگی به نوع گندم مورد استفاده و درصد استخراج آرد تولیدی دارد. در مورد گندم‌های نرم به دلیل اینکه مقدار آندوسپرم چسبیده به پوسته بعد از پروسه خردکردن بیشتر خواهد بود، لذا تعداد غلتک‌ها افزایش می‌یابد تا حداکثر جداسازی آندوسپرم از پوسته را ارائه نماید. همچنین اگر نیاز به تولید آرد با درجه استخراج بالا باشد تعداد غلتک‌های این سیستم افزایش می‌یابد. در یک سیستم خردکننده چهار غلتکی آرد حاصله به طور معمول درجه استخراج ۷۲ تا ۷۴ درصد خواهد داشت.

اندازه غلتک‌ها:

قطر استاندارد غلتک‌های آسیاب معمولاً ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد اما گاهی از غلتک‌هایی به قطر ۲۳۰، ۳۰۰، ۳۲۵ و گاهی ۳۵۰ میلی‌متر نیز برای اهداف ویژه استفاده می‌شود. مثلاً در مواردی که هدف فشردن ذرات سبوس و درآوردن آن‌ها به شکل پهن می‌باشد که نیاز به فشارهای بالا هست، از غلتک‌های با قطر ۳۲۵ میلی‌متر استفاده می‌شود.

طول غلتک‌ها از ۱۰۰سانتی‌متر تا ۱۵۰سانتی‌متر متغیر می‌باشد. غلتک‌های طویل در قسمت‌های اولیه سیستم خردکننده (غلتک‌های اول و دوم) که در اینجا فاصله غلتک‌ها نسبتاً زیاد بوده و خطر خم‌شدن غلتک وجود ندارد، استفاده می‌شوند. غلتک‌های کوتاهتر نیز در قسمت‌های انتهایی سیستم خردکننده و همچنین در سیستم خراشنده[2] و نرم کننده[1] کاربرد دارند.

[1] Break System
[2] Scratch Roll



شکل ۲-۱۷. دستگاه آسیاب (خرد کننده) غلتکی. **A**) غلتک فوقانی، **B**) غلتک تحتانی، **C**) بازوهای مفصل چرخاننده، **D**) غلتک‌های تغذیه کننده، **E**) دریچه تغذیه گندم، **F**) برس‌های تمیزکننده سطح غلتک

سطح غلتک‌ها

سطح غلتک‌های خردکننده دارای شیارهای گود و درشت می‌باشد که این شیارها به صورت مارپیچی در طول غلتک امتداد یافته اند. شکل ۲-۱۸ **A** یک جفت غلتک خردکننده همراه با شیارهای سطح آن را نشان می‌دهد. هنگامی که غلتک‌ها می‌چرخند (شکل ۲-۱۸، **B**) شیارها در مقابل هم قرار گرفته و باعث خرد شدن دانه‌ها می‌شوند.

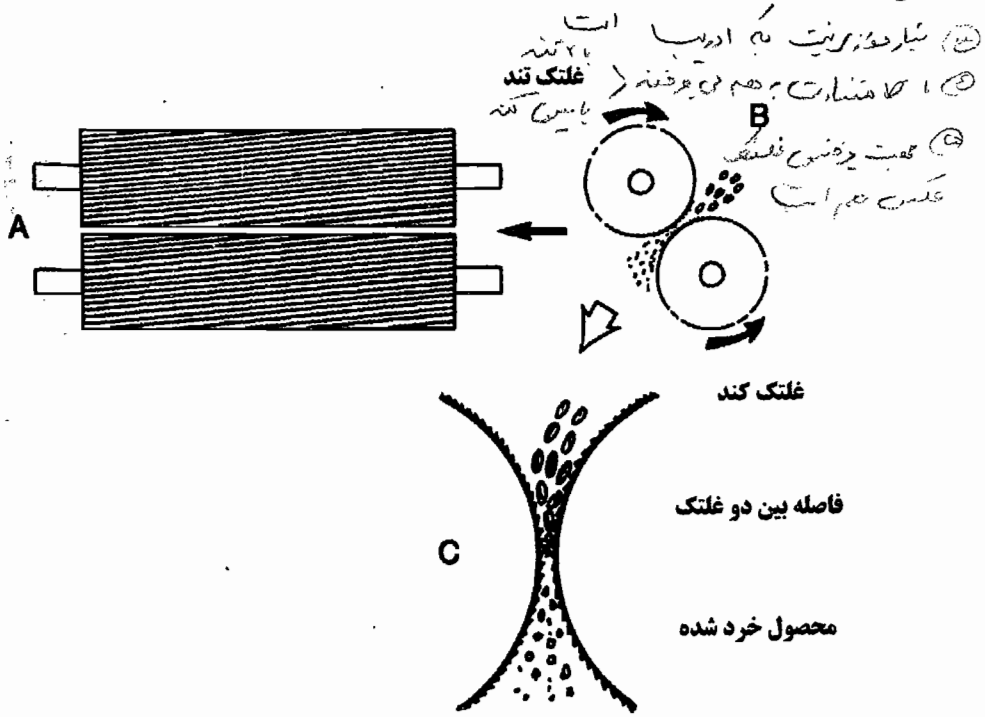
حالت مارپیچی قرارگرفتن شیارها روی غلتک‌های فوقانی و تحتانی این مزیت را فراهم می نماید که از بسته شدن و یا باصطلاح «قفل‌کردن» غلتک‌ها در حین کار جلوگیری می‌کند. تعداد شیارها در سیستم

[1] Reduction Roll

خردکننده در بین غلتک‌های اولیه تا غلتک‌های نهایی رفته‌رفته افزایش می‌یابد. جدول زیر این موضوع را نشان می‌دهد.

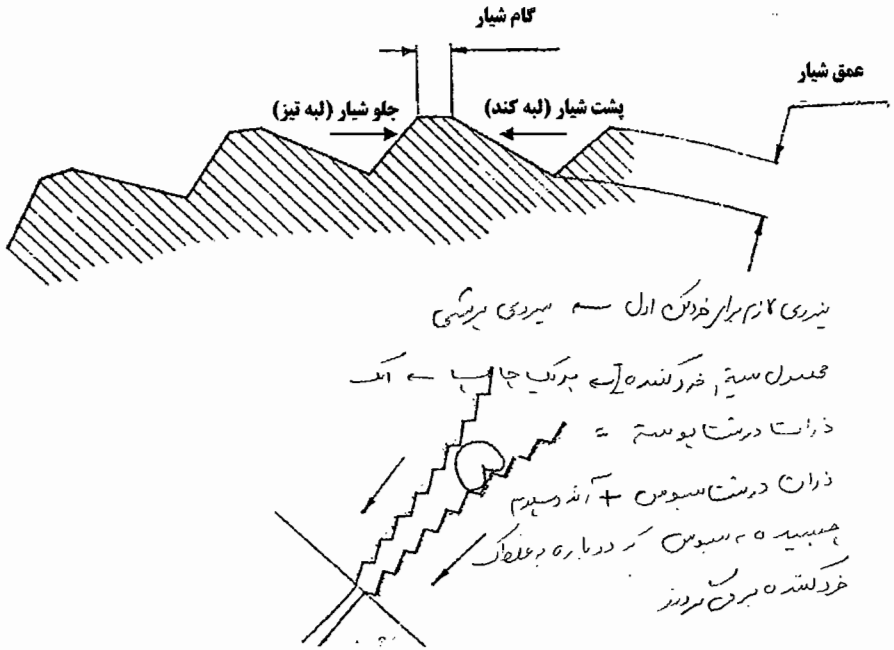
جدول ۲-۱. فاصله غلتک‌ها و تعداد شیار در واحد سطح هر غلتک در سیستم خرد کننده

غلتک‌های سیستم خردکننده	فاصله غلتک‌ها (میلی متر)	تعداد شیارها در هر سانتی‌مترمربع
اولین غلتک خردکننده	۰/۵۰	۳/۱-۴/۸
دومین غلتک خردکننده	۰/۱۵	۵/۵-۷/۰
سومین غلتک خردکننده	۰/۰۹	۷/۸-۹/۴
چهارمین غلتک خردکننده	۰/۰۸	۱۰/۲-۱۱/۸



شکل ۲-۱۸. غلتک‌های خردکننده، **A**) نحوه استقرار شیارها، **B**) نحوه قرار گرفتن دوغلتک و اختلاف سرعت و جهت چرخش آنها، **C**) نحوه خرد شدن گندم مابین دو غلتک شیاردار

مقطع دهانه شیارها شبیه به عدد هفت (۷) است که یک بازوی آن کوتاه‌تر از بازوی دیگر است (شکل۲-۱۹). هنگام کار غلتک‌ها، شیارهای موجود روی سطح آن‌ها طوری قرار می‌گیرند که دهانه آن‌ها مقابل همدیگر قرار می‌گیرد و نحوه قرار گرفتن شیارها مقابل یکدیگر حالت‌های مختلفی از کار غلتک‌ها را پدید می‌آورد که بسته به نوع گندم مورد استفاده و درجه خرد کنندگی مورد نیاز این حالت‌ها متفاوت می‌باشد (شکل۲-۲۰). از این مکانیسم برای تنظیم نیروی خردکنندگی غلتک‌ها استفاده می‌شود.

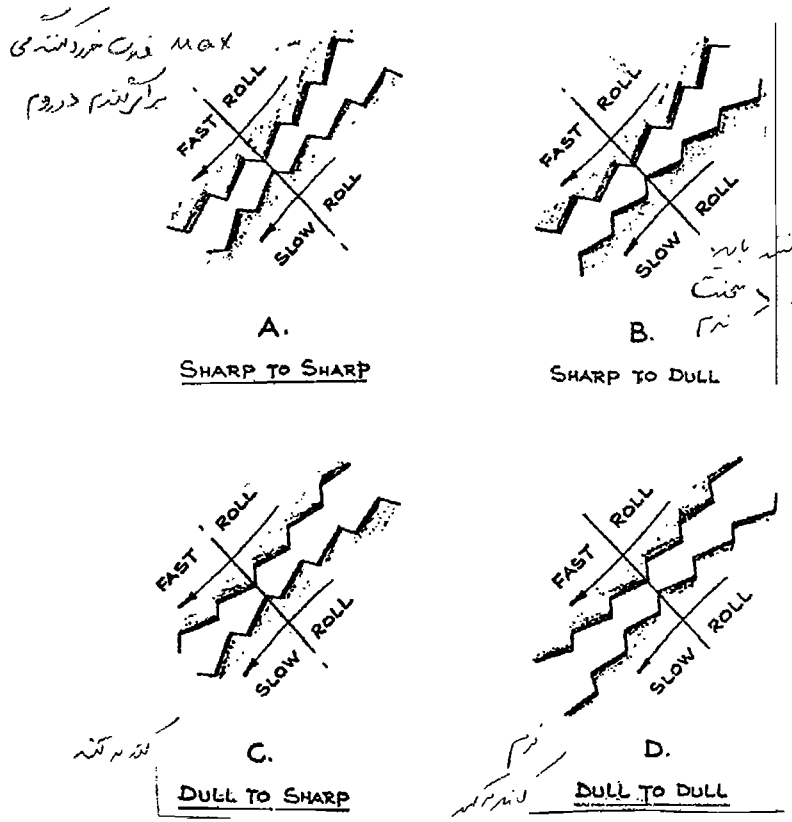


شکل ۲-۱۹. شکل و مختصات شیار (تصویر درشت نمایی شده) در یک غلتک خرد کننده (تصویر بالایی) و نحوه ورود دانه گندم به مابین شیارها (تصویر پائینی)

در سیستم خردکننده، گندم روی غلتک‌های خرد کننده اول تغذیه می‌شود. این غلتک‌ها شیاردار بوده و در اثر نیروی برش حاصل از دوران آن‌ها دانه گندم شکافته می‌شود. مواد خرد شده حاصل که اصطلاحاً «بریک چاپ»[1] نامیده می‌شوند، در سیستم الک رفته و در آنجا بر اساس اندازه، جداسازی و درجه‌بندی می‌شوند.

[1] Break chop

ذرات درشت‌تر موسوم به پوسته[1] که شامل سبوس سفت گندم و آندوسپرم چسبیده به آن می‌باشد، مجدداً به سیستم خردکننده برگردانده می‌شود. این عملیات در چهار مرحله و توسط چهار جفت غلتک خردکننده و الک‌های مربوطه صورت می‌گیرد که در نهایت سبوس به طور کامل از آندوسپرم جدا می‌شود. در هر کدام از این مراحل بایستی سعی گردد که از خرد شدن بیش از اندازه سبوس جلوگیری به عمل آید.



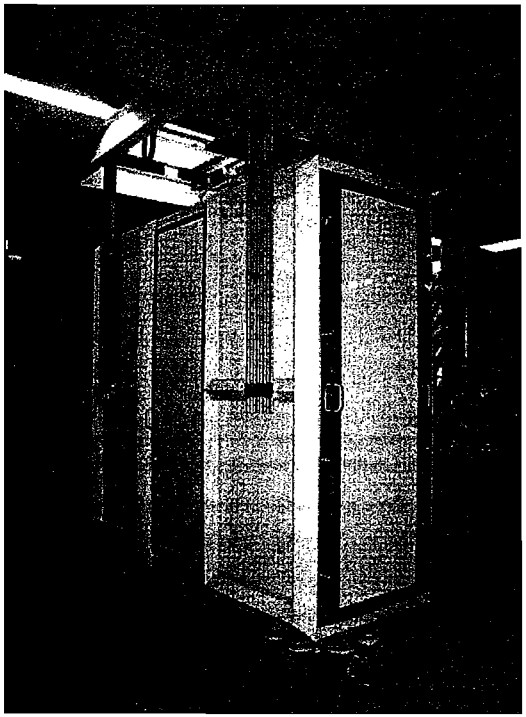
شکل ۲-۲۰. نحوه قرار گرفتن شیارها در غلتک‌های خردکننده نسبت به یکدیگر
A) تیز به تیز (رو به رو)، **B**) تیز به کند (رو به پشت)،
C) کند به تیز (پشت به رو)، **D**) کند به کند (پشت به پشت)

[1] Scalp

۲-۲-۳-۲- سیستم درجه‌بندی و پوسته‌گیری[1] (الک کردن)

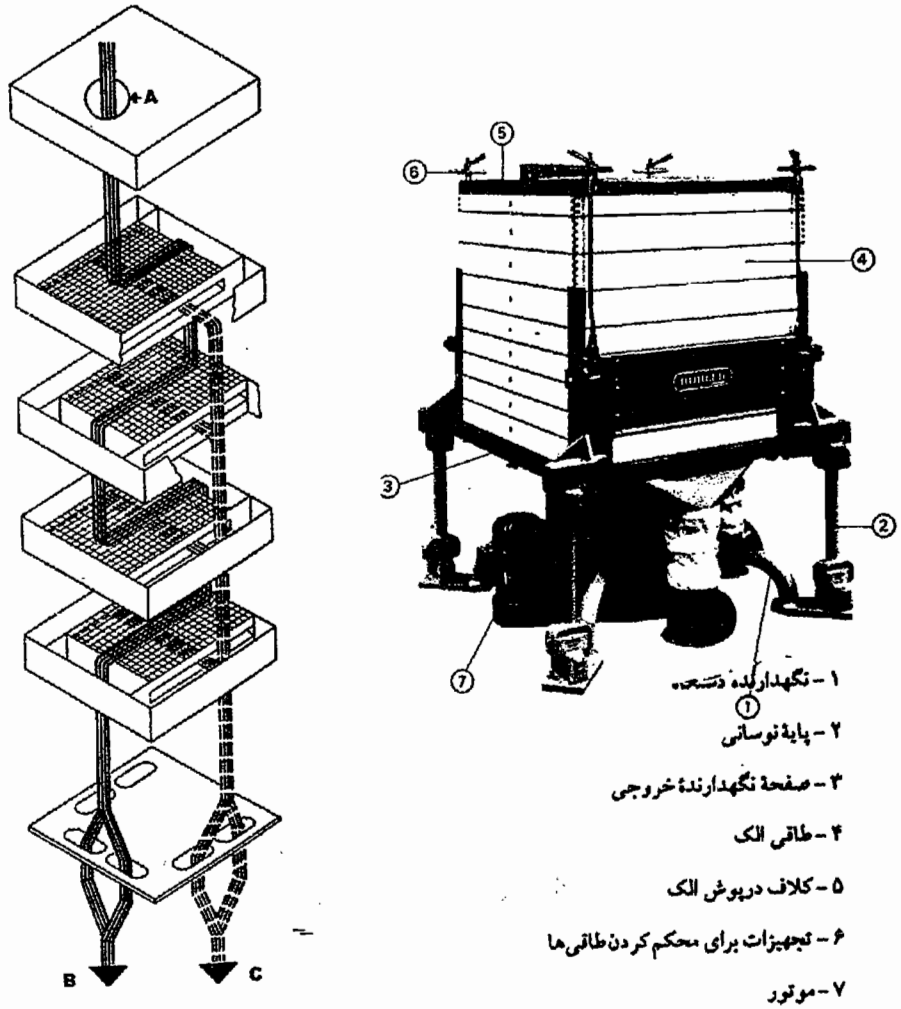
مواد و مخلوط حاصله از غلتک‌های خرد کننده شامل ذرات آندوسپرم به همراه پوسته و جوانه می‌باشد جداسازی این مواد از همدیگر در سیستم درجه‌بندی صورت می‌گیرد. واژه پوسته‌گیری (الک کردن) به جداسازی تکه‌های درشت سبوس از آندوسپرم بعد از هر مرحله خردکردن گفته می‌شود. با توجه به اینکه در این سیستم مخلوط وارد شده به اجزائی با اندازه ذرات مشخص تفکیک می‌شود و در واقع نوعی عمل درجه‌بندی صورت می‌گیرد به این سیستم، درجه‌بندی نیز گفته می‌شود.

ماشین‌هایی که در آن‌ها عمل درجه‌بندی و پوسته‌گیری انجام می گیرد الک[2] نام دارند. اغلب مجموعه‌ای از الک‌ها به صورت روی هم قرار می‌گیرند که به مجموعه این‌ها الک مطبق[3] اطلاق می‌گردد (شکل ۲-۲۱ و ۲-۲۲).



شکل ۲-۲۱.دستگاه الک مطبق

[1] Scalping and Grading
[2] Sifter
[3] Plansifter



۲-۲۲. شکل نوعی الک مطبق با بخش‌های تشکیل دهنده آن و مسیر مواد روی الک و زیر الک

ماشین‌های الک معمولاً از چندین بخش[1] تشکیل یافته‌اند که هر بخش به طور جداگانه‌ای حاوی حدود ۳۰ لایه الک می‌باشد. یک ماشین کامل الک ممکن است حاوی چهار، شش و یا هشت بخش باشد. در بخش‌های فوقانی الک، پوسته و پوسته چسبیده به آندوسپرم و در بخش‌های بعدی ذرات درشت آندوسپرم و سپس ذرات ریز جدا می‌شوند. معمولاً جوانه گندم را در مرحله سوم الک‌کردن به طور کامل از آرد جدا می‌کنند چون ممکن است در مراحل بعدی بیش از حد نرم شده و جدا کردن آن مشکل گردد.

در سیستم درجه‌بندی ذرات آندوسپرم با توجه به اندازه ذرات به اجزاء مختلف تفکیک می‌شوند که این ذرات از درشت به کوچک عبارتند از:

۱- سمولینا[2] (درشت، متوسط و ریز)

۲- میدلینگ[3] (درشت، متوسط و ریز)

۳- ذرات بسیار ریز یا ذرات «دانست»[4]

البته در سیستم خردکننده وقتی دانه‌های گندم خرد می‌شوند، به طور اجتناب‌ناپذیری مقدارکمی از آندوسپرم نیز به ذرات‌ریز آرد تبدیل می‌شود که به این نوع آرد، آرد سیستم خردکننده[5] گفته می‌شود. اندازه ذرات این جزء آرد از ذرات دانست نیز کوچکتر بوده و به عنوان ریزترین جزء سیستم درجه‌بندی، قرار می‌گیرد. این آرد فاقد کیفیت لازم بوده و معمولاً به سیستم خوراک دام منتقل می‌شود.

اجزاء حاصل از سیستم درجه‌بندی و پوسته‌گیری بر اساس اندازه و کیفیت در ماشین‌های پیوریفایر خالص‌سازی می‌شوند اما ذرات موسوم به «دانست» به قدری ریز هستند که قابل خالص‌سازی توسط پیوریفایر نیستند لذا مستقیماً غلتک‌های انتهایی به سیستم نرم‌کننده فرستاده می‌شوند.

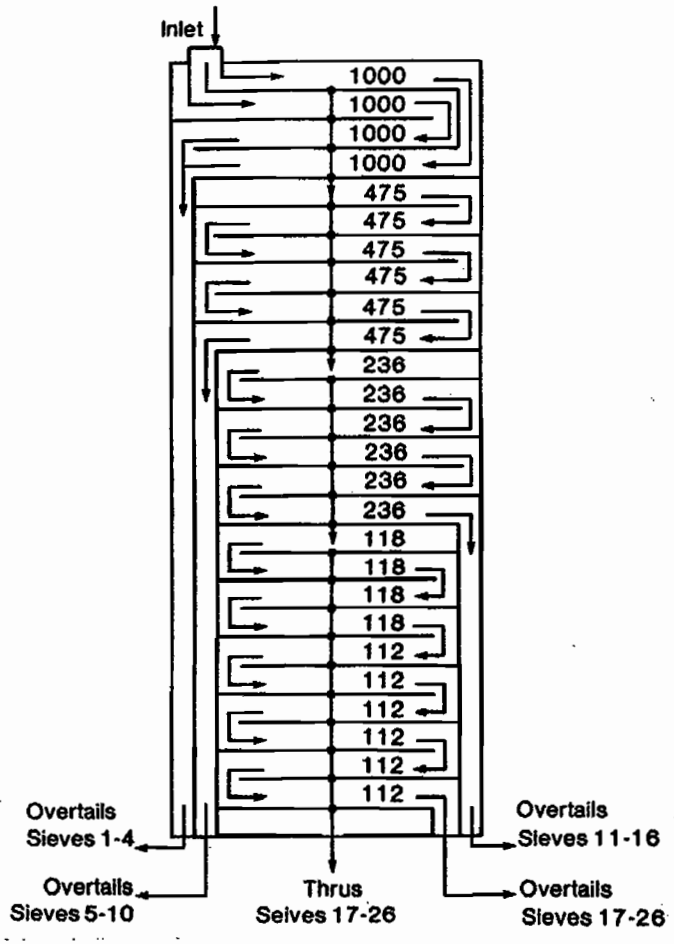
شکل ۲-۲۳ به طور شماتیک یک بخش از دستگاه الک که حاوی ۲۶ الک با اندازه مش‌های مختلف می‌باشد را نشان می‌دهد. این مجموعه ذرات وارده به آن‌را به پنج قسمت مجزا جداسازی می‌کند که در شکل نشان داده شده است. اعداد نشان داده شده روی شکل اندازه مش الک‌ها به میکرومتر (میکرون) می‌باشد.

۲-۲-۳-۳- سیستم خالص‌سازی یا مغزگیری[6]

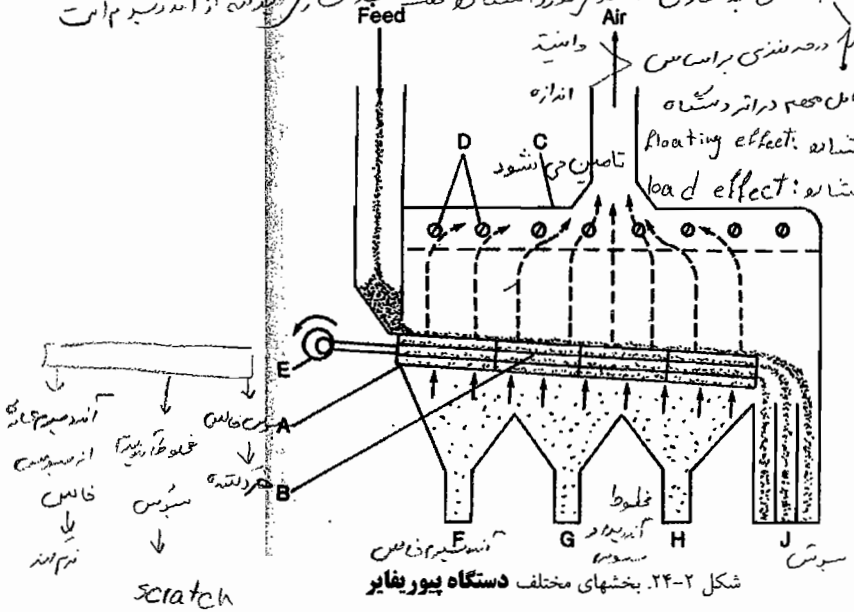
کل فرآیند آسیابانی از شروع تا پایان را می توان یک نوع سیستم خالص‌سازی تلقی نمود. به عنوان مثال بسیاری از ماشین‌آلات مورد استفاده در اتاق غربال در مرحله تمیزکردن گندم به نوعی به منزله ماشین پیوریفایر می‌باشند. غلتک‌های صاف که باعث پهن شدن ذرات سبوس موجود به همراه آندوسپرم شده و جداسازی بعدی آن‌ها توسط سیستم الک را تسهیل می‌کنند، بخشی از سیستم خالص‌سازی را تشکیل می‌دهد.

---

[1] Section
[2] Semolina
[3] Middling
[4] Dunst
[5] Break Flour
[6] Purification System



شکل ۲-۲۳. دیاگرام شماتیک بخشی از ماشین الک. اعداد بیانگر اندازه ذرات الک به میکرومتر می باشند.



شکل ۲-۲۴. بخشهای مختلف **دستگاه پیوریفایر**

A)چارچوب دستگاه، B) الک‌ها، C) کانال هوا، D) دریچه‌های کنترل کننده خروج هوا، E) اتصال به نیروی محرکه، F) خروجی ذرات سنگین آندوسپرم، G , H) خروجی ذرات مخلوط آندوسپرم به همراه سبوس، J) خروجی ذرات سبوس

در فرآیند خالص‌سازی (پیوریفیکاسیون)، ذرات‌ریز سبوس و ذرات آندوسپرم همراه با سبوس چسبیده به آن‌ها از آندوسپرم خالص (به فرم سمولینا و میدلینگ) قبل از اینکه تبدیل به آرد شود، جداسازی می‌شوند. عملیات خالص‌سازی برای کلیه مواد الک‌شده حاصل از سیستم خردکننده به غیر از «آرد سیستم خردکننده»[1] و ذرات «دانست» (کوچکترین ذرات اندوسپرم) صورت می‌گیرد و این عملیات اثر چشمگیری روی رنگ و کیفیت پخت آرد دارد، حتی این عملیات در مورد آردهای نسبتاً تیره با درجه استخراج ۸۵ درصد، باعث بهبود رنگ، دلپذیری[2]، قابلیت هضم و ارزش‌غذایی فرآورده می‌شود. عملیات خالص‌سازی توسط ماشین‌های پیوریفایر[3] انجام می‌گیرد. در انواع مدرن این ماشین‌ها عمل جداسازی ذرات بر اساس ترکیبی از عملیات الک کردن[4]، تکان دادن[1]، هوادهی[2] و نیروی ثقل[3] صورت می‌گیرد. موادی که وارد پیوریفایر می‌شوند

[1] Break system's flour
[2] Palatability
[3] Purifier
[4] Stifing

شوند اغلب ترکیبی از آندوسپرم خالص، ذرات سبوس خالص و مخلوط ذرات آندوسپرم با سبوس چسبیده به آن‌ها می‌باشد.

هدف عمده پروسه خالص‌سازی جداکردن ذرات سبوس و ذرات آندوسپرم چسبیده به سبوس از ذرات آندوسپرم خالص می‌باشد. آندوسپرم خالص که به فرم سمولینا و میدلینگ می‌باشد پس از جداسازی توسط پیوریفایرها به سیستم نرم‌کننده فرستاده می‌شود تا در آنجا توسط غلتک‌های صاف به تدریج خرد شده و تبدیل به آرد گردد. مخلوط ذرات آندوسپرم و سبوس چسبیده به آن‌ها به سیستم خراشنده منتقل می‌شود تا در آنجا در اثر نیروی وارده از غلتک‌هایی که دارای شیارهای بسیار ریز هستند، آندوسپرم از پوسته آزاد گردد (این سیستم در بخش بعدی توضیح داده خواهد شد).

و بالاخره سبوس حاصله از پیوریفایر به قسمت جداگانه‌ای از سیستم خردکننده منتقل می‌شود. موادی که وارد پیوریفایر می‌شوند مواد حاصله از سیستم خردکننده و الک‌های مربوطه بوده و مخلوطی از ذراتی با اندازه مشابه اما با دانسیته متفاوت می‌باشند. اگر مخلوط مزبور حین عبور از الک در معرض عبور جریان کنترل شده‌ای از هوا قرار گیرد در این صورت ذرات سبوس‌دار از آندوسپرم خالص قابل جداسازی خواهند بود و این اساس کار ماشین‌های پیوریفایر را تشکیل می‌دهد. شکل ۲-۲۴ عملکرد یک دستگاه پیوریفایر را نشان می‌دهد.

دستگاه پیوریفایر از یک چارچوب[4] با طول تقریباً ۲ متر تشکیل یافته که سیستم الک‌ها را دربرگرفته است. الک‌ها با زاویه کمی نسبت به سطح زمین به طور مورب و شیب‌دار قرارگرفته‌اند. اندازه الک‌ها از بالا به پائین و از چپ به راست متغیر می باشد. این امر امکان درجه بندی و تفکیک دقیق و بهینه ذرات آندوسپرم را مهیا می‌نماید. به این ترتیب که الکهای فوقانی دارای مش درشت بوده و رفته رفته از الک بالا به پائین اندازه الک ها ریزتر می شود. همچنین اندازه مش الک‌ها از چپ به راست درشت‌تر می‌شود. در ابتدای دستگاه الک‌ها دارای مش ریز بوده و به‌طرف انتهای آن اندازه سوراخ های الک بزرگ‌تر می‌شود. اگر اندازه سوراخ‌های الک در ابتدا درشت باشد مواد سبوس‌دار بدون جداسازی به همراه آندوسپرم از آن عبور خواهند نمود. لذا با قرار دادن الک‌های با مش بزرگ در انتهای دستگاه، سبوس به راحتی از آندوسپرم جدا خواهد شد.

قسمت فوقانی یا سرپوش دستگاه به یک لوله هوا متصل شده‌است. قسمت تحتانی الک‌ها باز بوده و به اتمسفر آزاد متصل می‌باشد. ابتدا هوا با فشار نسبتاً زیاد که بوسیله شیرهای تنظیم فشار کنترل می‌شود ازپایین به بالا و از هر یک از قسمت‌های الک عبور داده می‌شود. یک درایو (بخش E در شکل ۲-۲۴) با حرکت دورانی خود باعث حرکت نوسانی مجموعه الک‌ها در جهت طولی می‌شود. این حرکت باعث پخش‌شدن مواد تغذیه شونده به دستگاه به صورت لایه‌ای روی الک فوقانی شده و در نتیجه ذرات درشت‌تر و سنگین‌تر از آندوسپرم در نزدیکی سطح الک قرار می‌گیرند. عمل نوسانی الک که با شیب آن توأم می‌باشد باعث می‌شود که مواد روی الک به آرامی و در امتداد طول الک حرکت کنند. در همین زمان عبور جریان

[1] Shaking
[2] Aspiration
[3] Gravity
[4] Frame

کنترل شده هوا از زیر الک‌ها باعث شناور شدن ذرات سبک‌تر سبوس بر روی لایه مواد در حال عبور از الک می‌شود. اما ذرات درشت‌تر و سنگین‌تر آندوسپرم در قسمت تحتانی مواد در حال جریان قرارگرفته و در مجاورت سوراخ‌های الک قرار می‌گیرد و به نقطه‌ای می‌رسند که در آنجا اندازه سوراخ الک بزرگ‌تر از اندازه ذرات آندوسپرم بوده و در این صورت از سوراخ‌های الک عبور کرده و به الک پایینی می‌افتند. همین عمل در الک‌های زیرین نیز تکرار می‌شود تا نهایتاً آندوسپرم خالص از مواد سبوس‌دار جدا می‌شود. با توجه به مکانیسم عمل دستگاه پیوریفایر، ذرات در حین جدا شدن بر اساس اندازه نیز درجه‌بندی می‌شوند. از اینرو ابتدا ذرات خالص و درشت آندوسپرم از الک عبور کرده و در قسمت مربوطه (F) جمع‌آوری می‌شوند. سپس مخلوط ذرات آندوسپرم به همرا ذرات سبوس چسبیده به آن‌ها در قسمت بعدی (G و H) و بالاخره ذرات سبک و درشت سبوس روی الک‌ها باقی می‌مانند که در قسمت مربوطه (J) جمع‌آوری می‌شوند. اما ذرات بسیار ریز سبوس به همرا جریان هوا از قسمت فوقانی دستگاه از کانال هوا خوارج شده و به سمت دستگاه جمع‌آوری کننده گرد و غبار[1] منتقل می‌شوند.

در دستگاه‌های پیوریفایر دو عامل میزان جریان هوای عبور داده شده از دستگاه (floating effect) و نیز میزان تغذیه مواد به سطح الک‌ها (load effect) بسیار مهم می‌باشند. این دو عامل به شدت انتخاب اندازه مش الک‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. انتخاب بهترین ترکیب اندازه الک‌ها و نیز شدت جریان هوا و نیز میزان بار تغذیه شده به دستگاه پیوریفایر معمولاً هنگام نصب و راه اندازی دستگاه و بر اساس روش تجربی «حدس و خطا» تعیین می‌گردد. به همین منظور ست الک‌ها در شدت جریان‌های مختلف هوا و با تنظیم بار مواد ورودی امتحان شده و با تکرار آن و مشاهده نتایج، نهایتاً دستگاه تنظیم می‌گردد.

۲-۲-۳-۴- سیستم خراشنده یا دانه‌بندی[2]

این سیستم در واقع یک سیستم خردکننده کوچک یا یک فرآیند خردکردن مجدد می‌باشد که در مورد گرانول‌های درشت سمولینا که سبوس به آن‌ها چسبیده است و از سیستم خالص‌سازی حاصل می‌شوند، اعمال می‌شوند. هدف عمده این سیستم، اسکراچ یا ساییدن (خراشیدن)[3] محصول یاد شده برای آزاد ساختن سبوس چسبیده به ذرات سمولینا می‌باشد که حداقل تبدیل سمولینا به آرد را در پی داشته باشد. این عمل توسط خردکردن مواد سبوس‌دار با غلتک‌های مخصوصی به نام اسکراچ‌رول صورت می‌گیرد. تفاوت این غلتک‌ها با غلتک‌های خردکننده[4] در این است که سطح استوانه آن‌ها دارای شیارهای بسیار ریزی است به نحوی که در هر سانتی‌متر آن حدود ۲۰ شیار قرار دارد. تعداد غلتک‌های این سیستم ۲ تا ۴ جفت می‌باشند. جریان این غلتک‌ها معمولاً از جریان اصلی جدا بوده و مواقعی مورد استفاده قرار می‌گیرند که آندوسپرم و پوسته به خوبی از همدیگر جدا نمی‌شوند.

[1] Dust collector
[2] Sizing (Scratch) System
[3] Scrape یا Scratch
[4] Break Roll

محصول خرد شده توسط این غلتک‌ها به مرحله الک‌کردن فرستاده می‌شود و در آنجا ابتدا ذرات درشت سبوس از آندوسپرم جدا می‌شوند. ذرات آندوسپرم حاصل از الک هنوز ممکن است حاوی ذرات ریزتر سبوس باشد که در این صورت مجدداً به سیستم خالص‌سازی[1] برگشت داده می‌شود. حال اگر محصول خارج شده از سیستم خالص‌سازی به حد کافی خالص باشد، می‌توان آن را مستقیماً به سیستم نرم‌کننده[2] فرستاد وگرنه بایستی مجدداً به سیستم اسکراچ برگشت داده شود.

۲-۲-۳-۵- سیستم نرم‌کننده

در سیستم نرم‌کننده سمولینا و میدلینگ خالص‌سازی شده به تدریج توسط غلتک‌های صاف در طی شش تا هشت مرحله خردکردن و الک‌کردن به ذرات ریز آرد تبدیل می‌شود. در هر مرحله خردکردن و الک‌کردن آرد حاصله جمع‌آوری می‌شود. قسمت کوچکی از مواد ریز در آخرین مرحله این سیستم روی الک‌ها باقی می‌مانند که به سیستم تولید خوراک دام هدایت می‌گردد. البته مواد سبوس‌دار حاصله از سیستم خالص‌سازی نیز به سیستم تولید خوراک دام منتقل می‌شوند. مواد زبر باقیمانده روی الک انتهایی سیستم خردکننده اصطلاحاً برن[3] یا سبوس و مواد سبوس‌دار ریز حاصله از سیستم‌های خردکننده، خالص‌سازی و نرم‌کننده اصطلاحاً مواد ریزتر از سبوس[4] گفته می‌شوند.

هدف عمده سیستم نرم‌کننده کاهش تدریجی اندازه ذرات آندوسپرم و تبدیل آن به آرد می‌باشد. از آنجایی‌که تبدیل ذرات درشت آندوسپرم به آرد در یک مرحله و یا یک جفت غلتک امکان‌پذیر نیست و به فشار فوق‌العاده زیاد از طرف غلتک‌ها نیاز دارد و اگر هم امکان‌پذیر باشد آرد حاصله کیفیت لازم را نخواهد داشت، از اینرو در این سیستم از غلتک‌های متعددی برای کاهش اندازه ذرات آندوسپرم و تبدیل آن‌ها به آرد استفاده می‌شود. همچنین در این سیستم بعد از هر جفت غلتک، یک دستگاه الک نیز وجود دارد که بقایای سبوس و جوانه که احتمالاً بعد از سیستم خالص سازی در محصول باقی مانده‌اند را بعد از هر مرحله خردکردن و کاهش اندازه ذرات، جدا می‌کند.

غلتک‌های سیستم نرم‌کننده معمولاً دارای سطح صاف بوده و دارای سیستم خنک‌کننده می‌باشند اما در مواردی نیز دیده می‌شود که غلتک‌های اول و دوم این سیستم دارای سطح شیاردار با شیارهای بسیار ریز می‌باشند. سرعت چرخش غلتک‌ها به استثنای غلتک‌های جفت اول و دوم، تقریباً مساوی می‌باشد و در مواردی اختلاف سرعت آنها ۱/۲۵ به ۱ (۵ به ۴) می‌باشد که در این صورت غلتک سریع دارای سرعت ۵۰۰ الی ۵۵۰ دور در دقیقه می‌باشد.

چنانکه گفته شد در اغلب موارد غلتک‌های این سیستم توسط سیرکولاسیون آب سرد از طریق قسمت توخالی داخلی آن‌ها سرد می‌شوند و این امر مانع از تمرکز حرارت در سطح غلتک‌ها می‌شود. کاهش

[1] Purification
[2] Reduction System
[3] Bran
[4] Short

درجه‌حرارت غلتک‌ها مانع از رسیدن صدمه حرارتی به محصول شده و کارآیی و راندمان پروسه آسیابانی را بهبود می‌بخشد.

در سیستم نرم‌کننده عملیات کاهش اندازه ذرات توسط غلتک‌های صاف فقط زمانی مطمئن و با راندمان بالا انجام خواهد شد که سطح غلتک‌ها از ذرات آرد چسبیده به آن‌ها تمیز و پاکسازی شود. با توجه به صاف بودن سطح غلتک‌ها و ریز بودن اندازه ذرات به ویژه در غلتک‌های انتهایی سیستم، احتمال چسبیدن آرد به غلتک وجود دارد. لذا در عمل، سطح غلتک‌های چرخان توسط تیغه‌های مخصوصی موسوم به اسکراپر[1] از ذرات آرد چسبیده به آن پاکسازی می‌شود. در هر مرحله خردکردن ذرات آندوسپرم در این سیستم، برخی از ذرات ممکن است به مقدار کمی خرد شوند در حالی‌که برخی دیگر ممکن است به صورت پهن یا پولک‌مانند درآیند. میزان وقوع هر یک از حالت‌ها بستگی به فاصله غلتک‌ها نسبت به هم و میزان بار روی غلتک‌ها دارد. در برخی ازآسیاب‌ها به ویژه در نواحی غربی اروپا، سیستم‌های جداکننده‌ای موسوم به دی‌تاچر[2] و یا آسیاب‌های ضربه‌ای[3] مابین هر مرحله غلتک و الک نصب می‌شوند تا اجزاء به هم چسبیده و پولک شده را جدا و خرد کند که در نتیجه راندمان آرد حاصل از هر مرحله نرم کننده افزایش می‌یابد. وجود آسیاب‌های ضربه‌ای این امکان را فراهم می‌کند که از تعداد غلتک‌ها در سیستم نرم‌کننده کاسته شده و در نتیجه سیستم آسیاب ساده تر گردد.

۲-۲-۳-۶- سیستم پیرایش آرد[4]

در فرآیند آسیابانی در هر مرحله خردکردن مقداری آرد تولید می‌گردد. در شکل‌های ۲-۱۵ دیاگرام عملیات آسیاب نشان داده شد. در این سیستم ساده چهار نوع آرد از سیستم خردکننده و هشت نوع آرد از مسیرهای سیستم نرم‌کننده حاصل می‌شود که اصطلاحاً به این‌ها «آرد ماشین»[5] گفته می‌شود. هرکدام ازاین آردها خصوصیات متفاوتی دارند. در فرآیند آسیاب معمولاً به دو شکل از این آردها استفاده می‌شود. ساده‌ترین روش، ترکیب کلیه آردهای حاصل از سیستم‌های خردکننده و نرم‌کننده و بدست آوردن یک نوع آرد موسوم به «استریت- ران»[6] یا «استریت- گرید»[7] می‌باشد. روش دوم که یک روش پیچیده تر اما اقتصادی تر می‌باشد مخلوط‌کردن نسبت‌های خاصی از آرد ماشین و تولید آردی موسوم به اسپلیت- ران[8] می باشد. در این روش سه یا چهار نوع آرد نهایی با خواص متفاوت از مخلوط نسبت‌های مختلفی از آردها تولید می‌گردد. با استفاده از تکنیک مخلوط‌کردن آردها، آسیابان قادر خواهد بود تا از یک نوع گندم آردهای متفاوتی تولید نماید که این امر امکان انعطاف پذیری قابل ملاحظه ای برای آسیابان در امر انتخاب گندم ها و در نتیجه

[1] Scraper
[2] Detacher
[3] Impact mill
[4] Flour dressing system
[5] Machine flour
[6] Straight- run
[7] Straight- grade
[8] Split- run

کاهش هزینه‌های تولید فراهم خواهد نمود. نحوه مخلوط کردن آردها در این سیستم در بخش بعدی (۲-۴) توضیح داده می شود.

در سیستم پیرایش آرد، کلیه آردهای ماشین الک می‌شوند. طبق تعریف، هر ماده‌ای که از لحاظ اندازه به حد کافی ریز بوده و بتواند از منافذ این الک‌های مخصوص عبور نماید، آرد نامیده می‌شود. موادی که روی الک‌ها باقی می‌مانند مجدداً به سیستم نرم‌کننده برگشت داده می‌شوند تا عملیات خردکردن بیشتری روی آن‌ها صورت پذیرد.

در غلتک‌های اولیه سیستم نرم‌کننده، سفیدترین آرد حاصل می‌شود. از آنجایی که در فرآیند خردکردن، محصول خارج شده از غلتک‌ها رفته رفته ناخالص‌تر می‌شود، از این رو هم در سیستم خردکننده و هم در سیستم نرم‌کننده، آردی که از آخرین غلتک‌ها حاصل می شود تیره‌تر بوده و مقدار پروتئین نامرغوب[1] آن بالا و خواص نانوایی آن ضعیف خواهد بود. این موضوع نشان می‌دهد که با پیشرفت عملیات آسیاب‌کردن از غلتک‌های اول به غلتک‌های آخر، استخراج آرد حاصله نیز از قسمت‌های مرکزی دانه شروع و به طرف قسمت‌های بیرونی‌تر پیش می‌رود.

۲-۲-۳-۷- سیستم تولید خوراک دام[2]

فرآورده‌های جانبی حاصل از آسیاب‌کردن گندم به خوراک آسیابی که جهت تغذیه حیوانات کاربرد دارد موسوم است که شامل سبوس[3]، مواد ریزتر از سبوس (شُرت)[4] و جوانه[5] می‌باشد.

سبوس فرآورده‌ای زبر و پولک‌مانند می‌باشد که از سیستم خردکننده بعد از این که آندوسپرم چسبیده به آن آزاد شد، بدست می‌آید. سبوس جمع‌آوری شده از الک انتهایی سیستم خردکننده وارد دستگاهی به نام گردگیر[6] و یا فینیشر[7] می‌شود که در آنجا بقایای آندوسپرم چسبیده به سبوس از آن جدا می‌گردد.

مواد پوسته‌ای ریزتر از سبوس که از الک انتهایی سیستم‌های خردکننده، خالص‌سازی و نرم‌کننده حاصل می‌شوند اصطلاحاً شُرت نامیده می‌شوند. این مواد نیز همانند سبوس، جهت جداکردن آندوسپرم چسبیده به آن‌ها وارد دستگاه گردگیر یا فینیشر می‌شوند. از مواد دیگری که وارد سیستم خوراک دام می‌شود می‌توان ذرات جوانه را نام برد. جداسازی جوانه از ذرات آندوسپرم معمولاً از سیستم خالص‌سازی شروع و در الک‌های سیستم نرم‌کننده تکمیل می‌گردد.

سیستم خوراک آسیابی همچنین شامل جمع‌آوری مواد خارجی جدا شده از گندم در اتاق غربال می‌باشد که این مواد به الک شده‌ها[8] موسوم هستند. این مواد شامل کلیه مواد خارجی به غیر از فلزات، سنگ‌ها، گل و

[1] Nonfunctional Protein
[2] Millfeed System
[3] Bran
[4] Short
[5] Germ
[6] Duster
[7] Finisher
[8] Screenings

لای و بذور علف‌های هرز سمی نظیر ارگوت[1] می‌باشد. مواد اسکرینینگ معمولاً در آسیاب‌های چکشی[2] خرد خرد شده و به سیستم خوراک دام وارد می‌شوند. محصول خارج شده از این سیستم برای تغذیه دام و طیور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۲-۴- فرآورش آرد قبل از بسته بندی[3]

آرد پس از تولید (بلافاصله بعد از سیستم پیرایش آرد) وارد قسمت فرآیند یا عمل‌آوری می‌شود که در سیستم آسیابانی به اتاق فرآیند[4] موسوم است. (دیاگرام شماتیک عملیات فرآیند آرد در شکل ۲-۲۵ آمده است). در آسیاب‌های جدیدتر این بخش در همان ساختمانی است که بقیه ماشین‌های عمده آسیاب در آن قرار دارند اما در آسیاب‌های قدیمی این بخش اغلب در ساختمان انبار و یا بخش جداگانه‌ای مابین ساختمان اصلی و انبار قرار دارد.

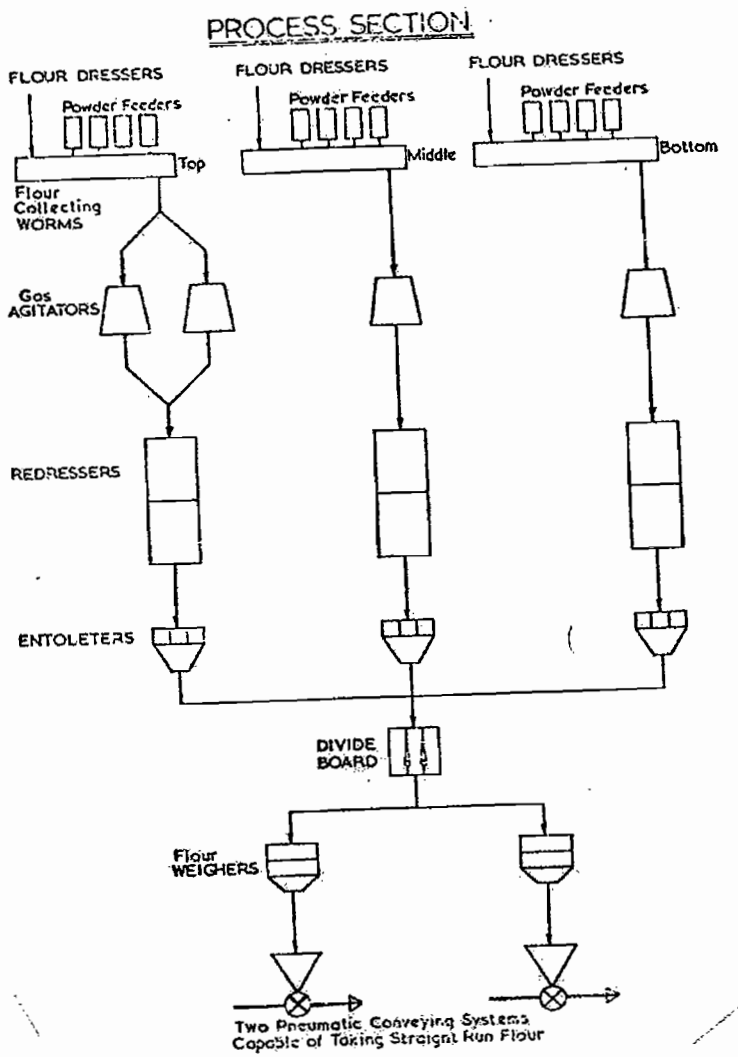
قبل از اینکه آرد وارد ماشین‌های بسته‌بندی و یا سیلوهای ذخیره نهایی جهت حمل فله‌ای گردد، وارد بخش فرآیند یا عمل‌آوری می‌شود. در این بخش عملیات زیر روی آرد تولید شده انجام می‌گیرد:

۲-۲-۴-۱- افزودن مواد افزودنی مختلف به آرد (عمل‌آوری آرد)
۲-۲-۴-۲- مخلوط‌کردن آردهای با کیفیت‌های مختلف با همدیگر (تقسیم‌بندی آردها)[5]
۲-۲-۴-۳- الک‌کردن نهایی آرد یا پیرایش مجدد آرد[6]
۲-۲-۴-۴- نابودکردن مکانیکی حشرات (تخم، لاور و حشرات بالغ)[7]
هر کدام از چهار مرحله فوق در اینجا به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۲-۲-۴-۱- افزودن مواد افزودنی مختلف به آرد (عمل‌آوری آرد)

در این مرحله انواع مختلفی از افزودنی‌ها بسته به به کاربرد و استفاده آرد به آن افزوده می‌شود که ذیلاً مورد بحث قرار می‌گیرند:

[1] Ergot
[2] Hammer mill
[3] Flour Processing (treatment)
[4] Process House
[5] Dividing
[6] Redressing
[7] Entoleting



شکل ۲-۲۵. دیاگرام شماتیک عملیات فرآورش آرد

۲-۲-۴-۱-۱- مواد سفیدکننده[1]

آرد تازه آسیاب‌شده گندم به خاطر داشتن مقادیر کمی پیگمان‌های طبیعی (از نوع کارتنوئیدها) دارای رنگ کرمی[2] می‌باشد که هنگام پخت باعث تیره شدن رنگ فرآورده نهایی می‌شود. اگر آرد به مدت حدود سه هفته نگهداری شود اکثر پیگمنت‌های طبیعی موجود در آرد در اثر اکسیداسیون رنگ خود را از دست خواهند داد. در عمل با توجه به اینکه نگهداری طولانی مدت آرد در واحدهای آسیاب مستلزم هزینه زیاد بوده و در مواردی ممکن نمی‌باشد لذا از مواد شیمیایی جهت رنگبری آرد استفاده می‌کنند. هدف از افزودن موادرنگبر[3] به آرد در درجه اول مرتفع ساختن نیاز به نگهداری طولانی مدت آرد می‌باشد. این مواد باعث اکسیداسیون سریع رنگدانه‌های آرد شده و عمل رنگبری آن را تسریع می‌کنند.

یکی از عمده‌ترین مواد رنگبر مورد استفاده در صنایع آرد سازی بنزویل پراکساید[4] می‌باشد. اگر از این ماده به مقدار ۵۰ قسمت در میلیون[5] به آرد اضافه شود عمل رنگبری آرد در عرض ۲۴ ساعت صورت خواهد گرفت. معمولاً مقدار مصرف آن ۳۰ پی‌پی‌ام از ماده فعال (و یا ۲۰ پی‌پی‌ام از مخلوط تجارتی آن که حاوی ۱۵ درصد ماده فعال است) می‌باشد.

در تجارت بنزویل پراکساید را با نشاسته و یا سولفات کلسیم مخلوط می‌کنند که قابلیت نگهداری این مخلوط خوب می‌باشد.

رنگبری آرد توسط مواد شیمیایی توسط انجمن اقتصادی اروپا EEC[6] مجاز شناخته نشده است.

۲-۲-۴-۱-۲- مواد رنگبر و رساننده[7]: موادی که ضمن رنگبری باعث رسیدن یا بهبود خصوصیات فیزیکی آن می‌شوند.

انبارکردن طولانی مدت آرد علاوه بر آنکه باعث بهبود رنگ آرد می‌گردد، روی کیفیت پخت آن نیز تأثیر دارد. این اثر احتمالاً مربوط به اکسیداسیون آرد می‌باشد که به خصوص بر روی باندهای سولفیدریل و سولفید پروتئین‌های موجود در آرد انجام می‌گیرد. از عمده‌ترین این مواد می‌توان انواع زیر را نام برد:

الف)گاز کلر: گاز کلر در انگلستان برای بهبود کیفیت و افزایش راندمان آرد بیسکویت و کیک به میزان ۱۰۰۰الی ۱۲۰۰پی‌پی‌ام استفاده می‌گردد. اما با توجه به اینکه مواد شیمیایی مناسب‌تری با نقش مشابه کلر وجود دارد، امروزه کمتر از این ماده استفاده می‌شود.

ب) دایوکس[8] دی‌اکسیدکلر: از این ماده به میزان ۱۵پی‌پی‌ام برای افزایش کیفیت آرد جهت تهیه نان استفاده می‌گردد.

---

[1] Color removing (bleaching) Agents
[2] Creamy
[3] Bleaching Agents
[4] Benzoil Peroxide
[5] ppm
[6] European Economic Community
[7] Bleaching Maturing Agents
[8] Dyox

ج) کیتوکس[1] استون پراکساید: این ماده به صورت پودری بوده و برای اصلاح آرد در آمریکا مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار مصرف آن ۴۵۰ پی‌پی‌ام می‌باشد. کیتوکس به تنهایی و یا توأم با بنزویل پراکساید مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۲-۴-۱-۳- اصلاح‌کننده‌های آرد[2]

عمل این دسته از مواد اکسیداسیون گروه‌های سولفیدریل (SH) موجود در اسیدهای‌آمینه گوگرددار به ویژه سیستین و سیستئین پروتئین‌های آرد و تبدیل آن‌ها به گروه‌های دی‌سولفید (S-S) می‌باشد که با این عمل به گستردگی ساختمان ملکولی پروتئین کمک کرده و باعث افزایش حجم فرآورده نهایی می‌گردند. این عمل در فرآورده‌هایی نظیر کیک و نان‌های حجیم حائز اهمیت می‌باشد. از مهمترین اصلاح‌کننده‌های آرد که در کانادا و ایالات متحده مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان برومات پتاسیم و آزودی‌کاربن‌آمید[3] را نام برد. آزودی‌کاربن آمید اثر رنگبری نیز دارد. سایر مواد بهبود دهنده عبارتند از: پرسولفات آمونیوم و پتاسیم، یدات پتاسیم و اسیداسکوربیک (ویتامین C). از بین مواد افزودنی فوق تنها اسید اسکوربیک توسط EEC مجاز شناخته شده است.

۲-۲-۴-۱-۴- آنزیم‌ها[4]

در برخی موارد آرد حاصل از گندم‌های مناطق خشک محتوی مقدار کمی آنزیم آمیلاز هستند. در این صورت بایستی مقادیری آنزیم آمیلاز (آلفاآمیلاز) به آرد اضافه کرد. وجود مقادیر مناسبی از این آنزیم در تکنولوژی پخت نان حائز اهمیت است. چون باعث شکسته شدن نشاسته به دکسترین‌ها و قندهای قابل تخمیر می‌شود. وجود قندهای قابل تخمیر جهت تولید گاز CO_2 توسط مخمرها در جریان تخمیر ضروری می‌باشد. افزودن آنزیم آلفاآمیلاز به آرد به یکی از طرق زیر امکان‌پذیر است:

- اضافه کردن آنزیم تجارتی آلفا آمیلاز به مقدار ۰/۰۱ الی ۰/۰۲ درصد
- افزودن آرد مالت حاصل از جو به مقدار ۵- ۱ درصد

در برخی موارد گلوتن آرد خیلی قوی بوده و اگر بخواهیم آرد را برای فرآورده‌هایی که احتیاج به گلوتن ضعیف دارند (کیک، بیسکویت، کراکر و فرآورده‌های مشابه) استفاده کنیم در این صورت از آنزیم‌های پروتئیناز استفاده می‌شود که به نسبت مناسبی با آرد مخلوط می‌شود.

۲-۲-۴-۱-۵- ویتامین‌ها و مواد معدنی

[1] Keetox
[2] Flour Improvers
[3] Azodicarbonamide
[4] Enzymes

افزودن ویتامین‌ها و مواد معدنی امروزه به طور گسترده‌ای در دنیا انجام می‌شود. از این مواد می‌توان تیامین، ریبوفلاوین، ویتامین A و C، آهن و کلسیم را نام برد که بسته به کمبود آن‌ها در نقاط مختلف جهان اضافه کردن این مواد به آرد صورت می‌گیرد. که این عمل را اصطلاحاً غنی کردن آرد[1] می‌نامند.

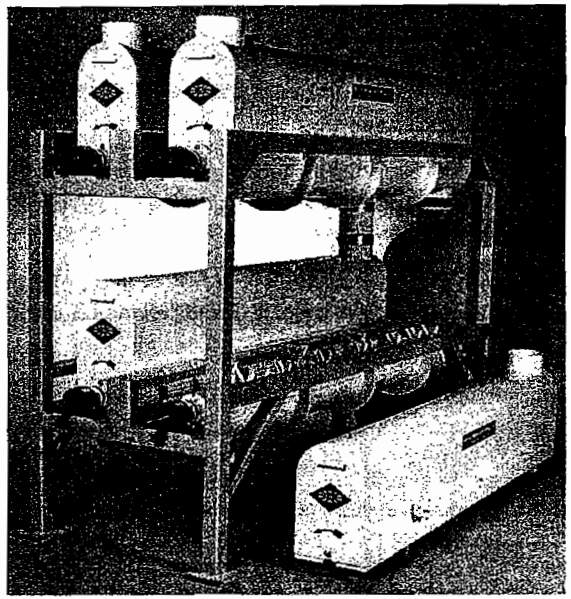
نحوه افزودن مواد افزودنی به آرد: به دلیل اینکه مواد افزودنی در مقادیر بسیار کم (معمولاً در حد قسمت در میلیون) به آرد اضافه می‌شوند، لذا عمل اختلاط آن‌ها بایستی طوری صورت گیرد که کاملاً یکنواخت در محصول پخش گردند. لذا عملیات افزودن مواد شیمیایی به آرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به نظر می‌رسد که بهترین روش توزیع مواد افزودنی در آرد انتقال آن‌ها از طریق یک جریان هوای با سرعت بالا به داخل همزن‌ها یا آژیتاتورهای[2] آرد (شکل ۲-۲۶) می‌باشد. در این روش مواد افزودنی پودری شکل همزمان با جریان آرد به آن افزوده می‌شوند و در نتیجه به طور کاملاً یکنواخت در محصول نهایی پخش می‌گردند.

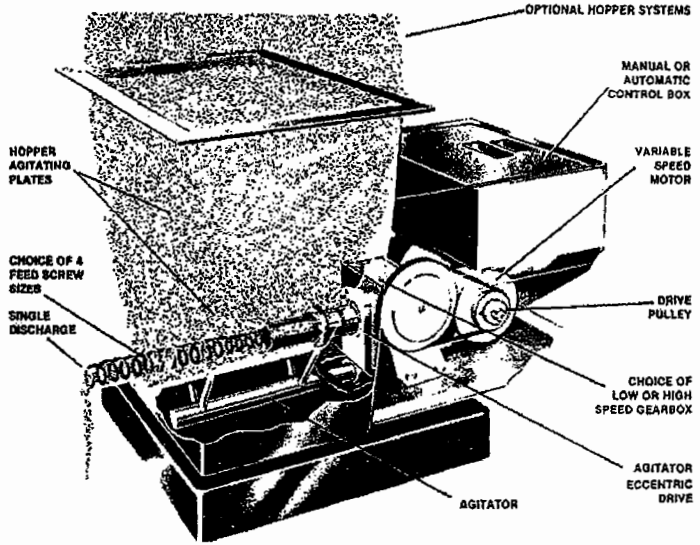
در عمل بهتر است که هر ماده پودری شکل (که ممکن است مخلوطی از مواد افزودنی مختلف باشد) به طور جداگانه به یک جریان مناسبی از آرد افزوده شود. امروزه طیف وسیعی از ماشین‌آلات دقیق و قابل اطمینان ساخته شده‌اند که عمل افزودن مواد افزودنی پودری شکل به آرد را انجام می‌دهند. شکل ۲-۲۷ نمونه ای از دستگاه‌های تغذیه کننده مواد افزودنی پودری به جریان آرد را نشان می‌دهد. یکی از جدیدترین نوع این ماشین‌آلات یک دستگاه تمام اتوماتیک بوده و قابلیت اتصال به کامپیوتر را دارا می‌باشد و قادر به کنترل مقدار ماده افزوده شده در هر شدت جریان آرد می‌باشد. اما به هر حال اکثر واحدهای آسیاب امروزه هنوز هم از دستگاه‌های تغذیه کننده‌ای[3] استفاده می‌کنند که با دست تنظیم و کنترل می‌شود و نیاز به کنترل روزانه دارد.

۲-۲-۴-۲- مخلوط کردن آردها یا تقسیم‌بندی آردها[4]

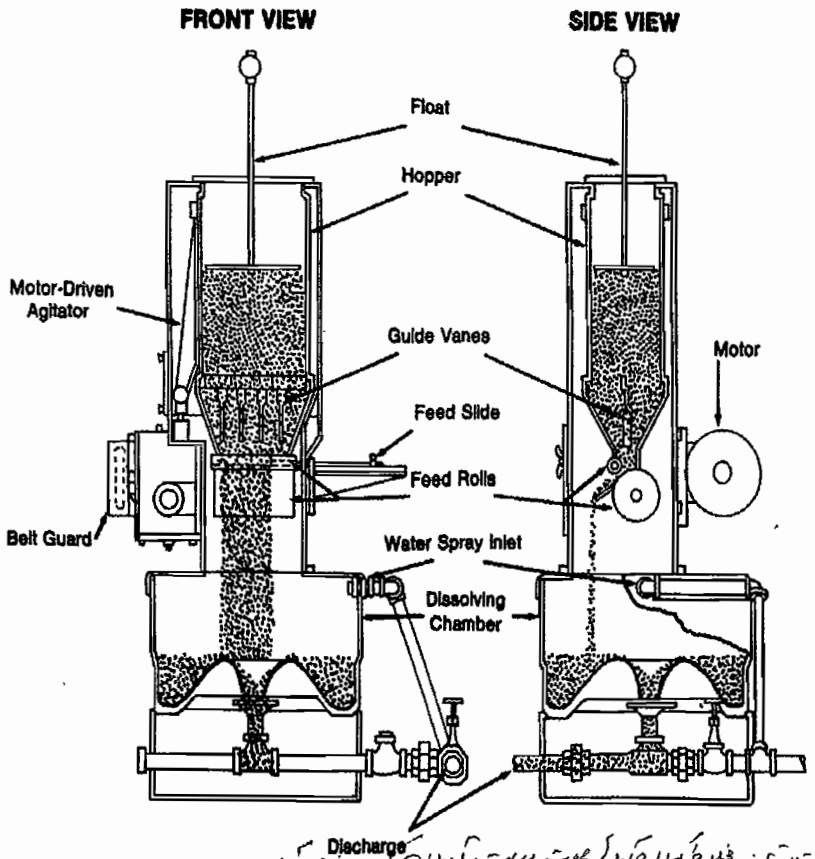
در این مرحله آردهای ماشین[5] که از سیستم خردکننده و نرم‌کننده فرآیند آسیاب حاصل می‌شوند و دارای کیفیت‌های مختلف هستند به نسبت‌های مختلفی با همدیگر مخلوط شده و یک نوع آرد جدید را به وجود می‌آورند. همانطور که قبلاً نیز ذکر شد این آردها به دو شکل مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساده‌ترین روش ترکیب کردن کلیه آردهای تولید شده در مراحل مختلف عملیات آسیاب و بدست آوردن یک نوع آرد موسوم به آرد استریت - ران[6] می‌باشد.

[1] Flour Enrichment Flour Fortification
[2] Agitator
[3] Feeder
[4] Flour Dividing
[5] Machine flour
[6] Straight drade or Straight - run





شکل ۲-۲۶. نمونه از دستگاه آژیتاتور آرد برای افزودن مواد افزودنی به آرد



شکل ۲-۲۷. دستگاه تغذیه کننده مواد پودری به آرد

اما در روش دوم که یک روش پیچیده اما مفیدی می‌باشد بکارگیری عملیات و روشی است که منجر به تولید آرد اسپیلت - ران[1] می‌شود. این روش شامل مخلوط کردن نسبت‌های خاصی از آرد ماشین و تولید آردهای با خصوصیات متفاوت می‌باشد. با به کار گیری این روش یک آسیابان قادر است که از یک نوع گندم طیف وسیعی از آردها را با توجه به نیاز مشتری تولید کند. بدیهی است که تکنیک تقسیم‌بندی

[1] Split - run

آردها[1] در عملیات آسیابانی انعطاف‌پذیری قابل ملاحظه‌ای را در انتخاب گندم‌ها ارائه می‌کند و در نتیجه هزینه‌های تولید را به حداقل می‌رساند. برای توضیح بهتر این عملیات یک مثال ارائه می‌گردد. شکل ۲-۲۸ به طور شماتیک یک نمونه از عملیات مزبور را که در کانادا یا ایالات متحده با استفاده از یک نوع گندم قرمز بهاره سخت با کیفیت خوب انجام گرفته است را نشان می‌دهد.

در این شکل ۴ گروه آرد با حروف A تا D نشان داده شده‌اند که از لحاظ میزان خاکستر متفاوت می‌باشند. مقدار خاکستر نهایی و نیز درصد اختلاط (که بر اساس درصد کل آرد تولید شده بیان شده است) هر کدام از این گروه‌ها در شکل آمده است. هر کدام از این دستجات آرد خود متشکل از چندین نوع آرد ماشین می‌باشند.

در این مثال آرد گروه A متشکل از ۴ آرد ماشین حاصله از قسمت‌های فوقانی سیستم نرم‌کننده (آرد حاصله از ۴ جفت غلتک اولیه سیستم نرم‌کننده که بهترین نوع آردهای سیستم آسیاب محسوب می‌شوند) می‌باشد. این آرد ۶۰ درصد از کل آرد نهایی را تشکیل داده و میزان خاکستر آن ۰/۳۸ درصد می‌باشد.

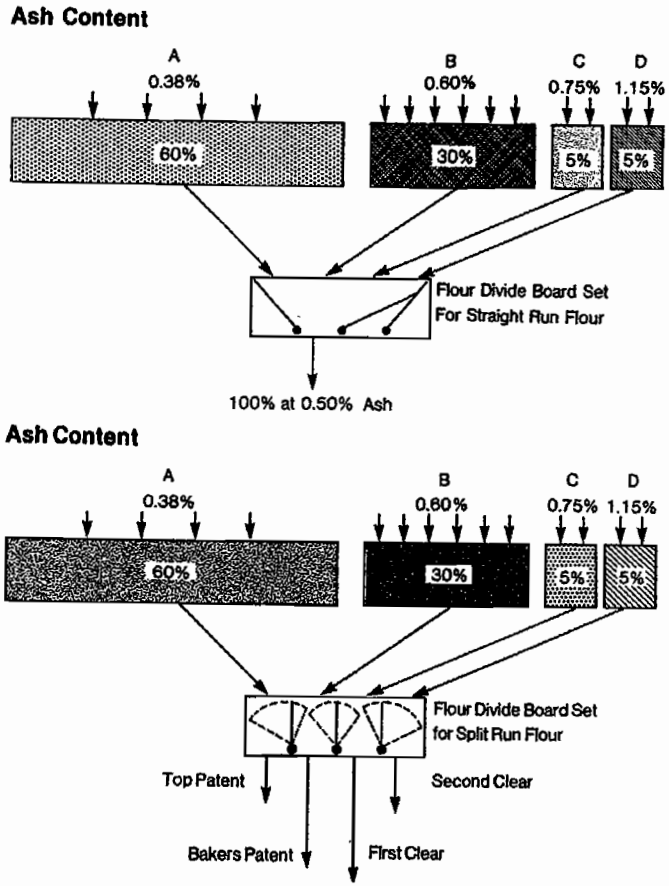
گروه B متشکل از ۶ آرد ماشین حاصله از غلتک‌های فوقانی سیستم خردکننده و غلتک‌های میانی سیستم نرم‌کننده می‌باشد. این گروه نیز ۳۰ درصد از کل آرد نهایی را تشکیل داده و مقدار خاکستر آن ۰/۶۰ درصد می‌باشد.

گروه C که ۵ درصد از کل آرد نهایی را شامل می‌شود و دارای مقدار خاکستر ۰/۷۵ درصد می‌باشد از دو آرد ماشین تشکیل یافته که یکی احتمالاً از سومین غلتک خردکننده و دیگری از غلتک‌های پائینی سیستم نرم‌کننده حاصل شده‌اند.

و بالاخره گروه D نیز ۵ درصد از کل آرد نهایی را تشکیل می‌دهد و دارای مقدار خاکستر ۱/۱۵ درصد بوده و تیره‌ترین آرد در بین این چهار گروه می‌باشد. گروه D نیز از دو آرد ماشین تشکیل یافته که از پایین‌ترین غلتک‌های سیستم خردکننده و نرم‌کننده حاصل می‌شوند.

تصویر بالایی در شکل ۲-۲۸ عملیات تولید آرد استریت- ران و تصویر پائینی در این شکل عملیات تولید آرد اسپلیت- ران را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل دیده می‌شود ۴ گروه آرد مذکور (A، B، C و D) در سیستم تقسیم‌بندی آردها به قسمت فوقانی یک جعبه موسوم به جعبه تقسیم[2] وارد می‌شوند. این جعبه در قسمت مرکزی یا وسط جریان‌های آرد فوق‌الذکر قرار داشته و دریچه‌های موجود در جعبه مزبور نسبت هر کدام از ۴ جریان آرد ورودی را کنترل می‌کنند و با تنظیم آن‌ها در موقعیت‌های مختلف می‌توان انواع مختلفی از آردهای تجارتی را تولید نمود که نمونه‌ای از آنها در شکل ذیل آمده است.

[1] Flour dividing
[2] Dividing board (box)



شکل ۲-۲۸. دیاگرام شماتیک یک نمونه عملیات تقسیم‌بندی آردها

۲-۲-۴-۳- الک‌کردن نهایی آرد یا پیرایش مجدد آرد[1]

بعد از مراحل عمل‌آوری و اختلاط آردها (تقسیم‌بندی)، آردهای حاصله جهت اطمینان از یکنواختی و عاری بودن از هرگونه ناخالصی و عاری از هرگونه ناخالصی و مواد خارجی و کرات بهم چسبیده، تحت عملیات الک‌کردن نهایی قرار می‌گیرند که به این فرآیند پیرایش مجدد آرد گفته می‌شود.

[1] Flour redressing

هدف از عملیات پیرایش مجدد حذف تخم حشرات، کرم آرد و سایر آفات، ذرات بهم چسبیده (آگلومره) و مرطوب آرد و ذراتی از این قبیل می‌باشد. ماشین‌آلات مورد استفاده برای این عملیات نوع خاصی الک بوده که دارای مکانیسم حرکت دورانی و یا رفت و برگشتی[1] هستند و برخی از آنها عبارتند از:
الک سانتریفوژی[2]، الک مطبق[3]، الک ژونیور[4] و الک دئو[5].

نوع ماشین‌آلات مورد استفاده در فرآیند پیرایش مجدد آرد و محل استقرار آن‌ها بستگی به عوامل متعددی همچون طرح[6] واحد آسیاب، فضای موجود و مجاورت به آژیتاتورها دارد.

در اغلب موارد به جای اینکه سیستم پیرایش مجدد بعد از سیستم تقسیم‌بندی آردها قرارگیرد، آن‌را درست بلافاصله بعد از آژیتاتورها (همانطور که در شکل ۲-۲۵ دیده می‌شود) قرار می‌دهند. این امر دارای این مزیت می‌باشد که محصولی که از آژیتاتورها حاصل می‌شود دارای اندازه‌های ذرات کاملاً یکنواخت و منظم بوده و برای سیستم الک دستگاه‌های پیرایش مجدد که به محصول کاملاً ریز و یکنواخت نیاز دارند مناسب می‌باشد. این عمل راندمان فرآیند مزبور را بهبود می‌بخشد.

جنس پوشش[7] الک‌ها اغلب ابریشمی[8] و گاهی سیمی می‌باشد. اندازه سوراخ‌های الک‌های سیستم پیرایش مجدد آرد بستگی به ظرفیت دستگاه و تعداد ماشین‌های مورد استفاده دارد. برای حذف مؤثر اکثر فرم‌های زنده حشرات اعم از تخم، لاور و حشره بالغ، استفاده از الک‌های ابریشمی با شماره ۱۰ ضروری می‌باشد. برای مواد خارجی و ناخالصی‌های احتمالی درشت‌تر از الک‌های سیمی شماره ۳۴ استفاده می‌گردد.

۲-۲-۴-۴- نابود کردن مکانیکی حشرات[9]

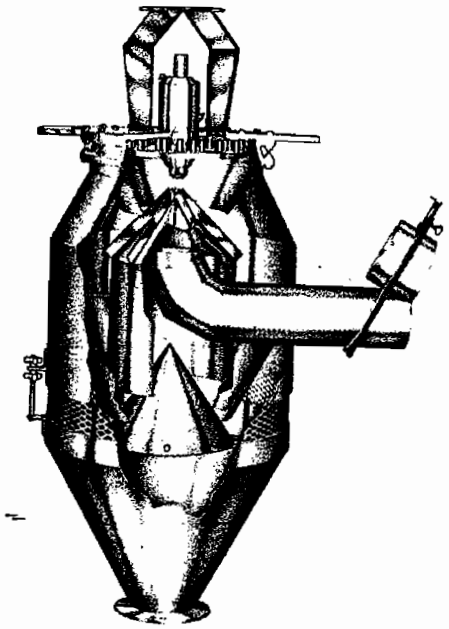
نابودکردن مکانیکی حشرات اعم از تخم و لاور و حشره بالغ در اثر نیروی سانتریفوژی، در دستگاه‌های مخصوصی موسوم به انتولیتر[10]، فرآیند صورت می‌گیرد. با اینکه قسمت اعظم آلودگی حشرات در محصول آرد در فرآیند پیرایش مجدد حذف می‌گردد، اما تخم حشرات از منافذ الک‌ها عبور می‌کنند به ویژه اگر نقص و یا آسیب‌دیدگی الک‌ها وجود داشته باشد. لذا در فرآیند آسیاب درست قبل از اینکه محصول توزین و بسته‌بندی گردد وارد ماشین‌های انتولیتر می‌گردد. این ماشین‌ها یک روش کنترل مداوم مکانیکی را روی حشرات اعمال کرده و باعث از بین رفتن کامل کرم‌ها و حشرات زنده در کلیه مراحل تخم تا حشره بالغ می‌شوند.

[1] Reciprocating
[2] Centrifugal
[3] Plansifter
[4] Juniorsifter
[5] Duosifter
[6] Layout
[7] Cover
[8] Silk
[9] Entoleting
[10] Entoleter

با اینکه استفاده از فومیگان‌ها یا مواد حشره‌کش گازی اغلب باعث از بین رفتن حشرات می‌گردد اما فرآیند انتولیتینگ یک نوع کنترل مکانیکی و مداوم را روی حشرات و به ویژه در مورد تخم آن‌ها نیز اعمال می‌کند.

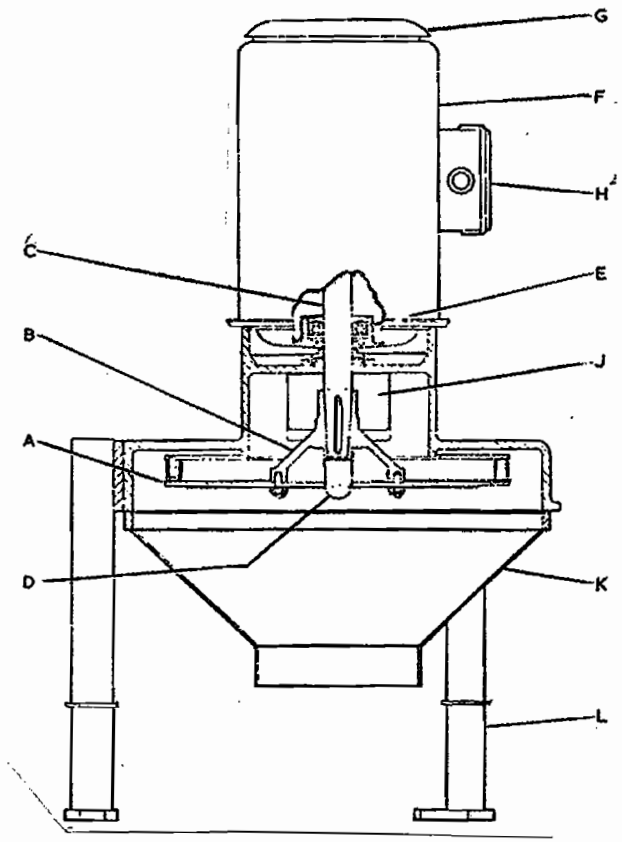
عملکرد دستگاه انتولیتر کاملاً مکانیکی بوده و دستگاه متشکل از دو صفحه موازی بوده که توسط حلقه‌های کوچکی از جنس استیل سخت به همدیگر مربوط شده‌اند. این دو صفحه موازی در قسمت مرکزی به روتور[1] متصل بوده که توسط یک موتور الکتریکی در سرعت‌های بسیار بالا می‌چرخد. محصول به داخل روتور تغذیه شده و بین دو صفحه در حال چرخان به شکل لایه نازکی پرتاب می‌شود و در اثر ضربات شدید اعمال شده بین صفحات چرخان و دیواره محفظه دستگاه موجود زنده نابود می‌شود. سرعت چرخش روتور در حدود ۳۰۰۰ دور در دقیقه می‌باشد.

در شکل های ۲-۲۹ و ۲-۳۰ دستگاه انتولیتر با قسمت‌های مختلف تشکیل دهنده آن نشان داده شده است.



شکل۲-۲۹. دستگاه انتولیتر (Centrifugal impact machine)

[1] Rotor



شکل ۲-۳۰. قسمتهای مختلف تشکیل دهنده دستگاه انتولیتر

A) دو صفحه موازی که در قسمت محیطی توسط پین های عمودی از هم جدا شده اند، B) میله نگهدارنده و وصل کننده صفحات به روتور، C) شفت موتور، D) سرپوش نگهدارنده شفت روتور، E) حفاظ موتور، F) پوشش موتور، G) هود تهویه موتور، H) جعبه انتهایی، J) ورودی بار به مرکز روتور، K) قیف ماشین، L) پایه های دستگاه جهت اتصال آن به زمین

فصل ۳ تکنولوژی تولید نان

- تاریخچه
- چرخه نانوایی
  - مواد اولیه نان
  - انواع فرمول نان
  - مخلوط کردن خمیر
  - انواع مخلوط کن های نانوایی
  - تخمیر
  - روشهای توسعه یا عمل آوری خمیر
  - شکل‌دهی به خمیر نان
  - پخت نان
- بیاتی نان

۳- تکنولوژی تولید نان

۳-۱- تاریخچه

گرچه در مورد محل و زمان پیدایش نان اطلاع دقیقی در دست نیست، اما به طور یقین نان برای بشر قبل از اختراع خط با استفاده از اشکال ملموس بوده و بدون تردید پیدایش آن زودتر از هر ماده غذایی دیگر شروع شده است و به جرأت می‌توان ادعا نمود که قدمت آن با تاریخ بشر عجین می‌باشد.

اطلاعات موجود مبتنی بر دانش امروزی قدمت مصرف غلات را تا ۱۰۰۰۰ سال پیش و پیشینه مصرف نان را تا ۶۰۰۰ سال قبل تأیید نموده و در بررسی‌های باستان‌شناسی دلایل غیر قابل تردیدی در این زمینه بدست آمده است. نان تهیه شده با خمیرترش یا مخمر، نتیجه ابتکار غیرمنتظره دوران فراعنه مصر می‌باشد. بعد از گذشت صدها سال فرایند تخمیر شکل کنونی خود را پیدا کرده و امروزه نان با کیفیت مطلوب با بهره گیری از اصول علمی تولید می شود.

نان همواره در ادیان و ملل مختلف جایگاه مقدسی داشته است. مسیحیان نان را چون حضرت عیسی گرامی می‌داشتند. یهودیان نان ماتسن(تهیه شده از خمیر تخمیر نشده) را سمبلی برای آزادی بردگان مصری می‌پنداشتند. یونانیان در معابد خود نان را به عنوان یک محصول مقدس به خدای خود هدیه می‌کردند. مصری‌ها علاوه بر مقدس شمردن نان، در بسیاری از جشن‌های مذهبی آن را برای تجلیل و احترام به خدایان، در رودخانه نیل رها می‌کردند. ایرانیان نیز از زمان‌های بسیار دور نان را مقدس شمرده و در هر محل و معبری که آن را می‌یافتند پس از بوسیدن و ادای احترام در محل مناسبی قرار داده و یا آن را در آب روان رها می‌کردند.

نان‌گندم که از رایج‌ترین انواع نان‌ها بوده و غذای اکثر ملل جهان را تشکیل می‌دهد با شناسایی گندم توسط انسان به مرحله ی تولید رسیده است. امروزه نان به اشکال مختلف و با طعم و بافت گوناگون، استفاده از انواع مختلف آرد و سایر مواد اولیه و بر اساس ذائقه و سلیقه و سنت‌های قومی تولید می‌گردد.

۳-۲- اهمیت گندم و نان

نان غذای اصلی و پایه مردم بسیاری از کشور ها را تشکیل داده و روزانه قسمت اعظم انرژی پروتئین، املاح و ویتامین‌های گروه B مورد نیاز آنها را تامین می‌کند. در ایران روزانه ۶۰ درصد کالری و ۵۰ درصد پروتئین مردم بویژه در مناطق محروم از نان تأمین می شود. طبق گزارشات انیستتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور حدود ۴۰ درصد انرژی، ۴۵ درصد پروتئین و ۶۰ درصد آهن مورد نیاز مردم از مصرف نان تأمین می شود. مصرف سرانه نان به‌طور متوسط (جمعیت شهری و روستایی) در ایران ۱۶۰ کیلوگرم می باشد این در حالی است که متوسط مصرف سرانه نان در اکثر کشورهای پیشرفته و صنعتی در حدود یک سوم مقدار فوق می باشد. بدین ترتیب کشور ما یکی از بالاترین ارقام مصرف سرانه نان را بخود اختصاص می دهد. لذا نقش نان در رژیم غذایی مردم ایران در مقایسه با دیگر مردم دیگر نقاط جهان حائز اهمیت است.

ترکیب شمیایی انواع نان ایرانی در مقایسه با منابع غذایی دیگر چون گوشت و شیر در جدول زیر آمده است.

جدول ۳-۱. مقایسه انرژی و بعضی ترکیبات انواع نان ایرانی با گوشت و شیر در ۱۰۰ گرم خوراکی.

ترکیب شیمیایی / منبع غذایی	انرژی cal	پروتئین g	فیبر g	تیامین mg	نیاسین mg	ریبو فلاوین mg	کلسیم mg	فسفر mg	آهن mg
نان	۲۷۴	۸/۷	۱/۱۶	۰/۳۴	۴	۰/۰۴	۵۱/۵	----	۶/۲
گوشت	۱۴۵	۲۰	----	۰/۰۷	۶/۷	۰/۳۴	۶/۰	۱۷۱	۳
شیر	۵۷	۳/۴۶	—	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۱۸	۱۳۱ ۰	۹۹	۰/۲۱

۳-۳- تقسیم بندی نان

در یک تقسیم بندی کلی می‌توان نان‌ها را بر اساس فرم و شکل به دو گروه عمده تقسیم کرد:

۱- نانهای مسطح ۲- نانهای حجیم

نان مسطح و نازک اولین نانی است که توسط انسان تهیه شده ولی به تدریج با شناخته شدن روش تهیه نان و به وجود آمدن فرهای نانوایی تغییراتی در فرم، شکل و انواع نان به وجود آمده است. نان‌های مسطح در برخی از کشورهای جهان مثل سوئد و بیشتر کشورهای آسیایی و آفریقایی تولید می شوند در حالی‌که نان‌های حجیم در کشورهای اروپایی و امریکایی در مقیاس وسیع تولید می‌شوند. بر اساس آمار حدود ۵۰

درصد از مردم جهان از نانهای حجیم در تغذیه استفاده می کنند. نیم دیگر که در مرکز آمریکا، بخشهایی از آمریکای جنوبی، آفریقا و جنوب شرق آسیا و خاور میانه (ایران و اکثر کشورهای عربی) از نانهای مسطح و نازک استفاده می کنند.

قدیمی ترین شکل نان عبارت از تهیه آرد گندم، اضافه کردن آب، اختلاط خمیر، استراحت خمیر و سپس تبدیل خمیر به ورقه های نازک و در نهایت پخت آن بر روی سطح داغ (کف یا دیواره تنور) می باشد. این نواع نان، نان مسطح بومی نامیده می شود و در خاورمیانه و شبه قاره هند رایج می‌باشد. بسته به فرمولاسیون و روش تهیه آن به نام‌های چاپاتی[1]، نان[2]، روتی[3]، تنوری[4]، تامیس[5]، کرسان[6]، شامف[7] و غیره نامیده می شود.

مبدأ نانهای سنتی ایران که نانهای نازک و مسطح، غیرمتخلخل و فشرده ای هستند به دوره هخامنشیان برمی‌گردد که به روش اولیه و قدیمی یعنی از اختلاط گندم خرد شده و آب تهیه می‌شدند. نان‌های مسطح ایران از چنان تنوع وسیعی برخوردار هستند که طبقه بندی آنها را مشکل می‌سازد. به‌وجود آمدن هریک از نان‌ها دلایل خاصی داشته است که از جمله می توان به وجود گندم‌های خاص، شرایط اقلیمی، مشخصات اقتصادی و اجتماعی هر منطقه اشاره کرد. به عنوان مثال وجود گندم‌های با کیفیت ضعیف در مناطق مرکزی ایران موجب پیدایش نانی شده است که امروزه به‌نام تافتون موسوم گشته است. یا وجود گندم‌های مرغوب در مناطق غرب و شمال غربی ایران تولید نان‌های نازک لواش را که نیاز به آرد و خمیر مرغوب با قابلیت کشش زیاد داشته است را امکان پذیر ساخته است.

نان‌های ایرانی

نان‌هایی که در ایران پخت می‌شوند به دو گروه تقسیم می‌شوند: نان‌های اروپایی یا به اصطلاح فانتزی که در گروه نان‌های حجیم قرار می‌گیرند و نان‌های مسطح و نازک. سابقه نان‌های مسطح و نازک سنتی که در ایران پخت می‌شوند به چند هزار سال قبل برمی‌گردد به طوری که نشانه‌هایی از وجود آنها در زمان هخامنشیان به‌دست آمده است. نوع نان‌های مسطح و نازک بر اساس عرف و سنت هر منطقه متفاوت است. در کشور ما به علت گوناگونی فرهنگ اقوام، نانهای مسطح متفاوتی مورد مصرف قرار می‌گیرد اما بعضی از انواع نان وجود دارد که در بسیاری از مناطق شهری و روستایی کشور شناخته شده‌اند. به‌طور کلی مصرف ۵ نوع نان بربری، لواش، تافتون، سنگک و نان روستایی یا محلی در کشور ما متداول است. روش‌های پخت و

[1] Chapati
[2] Naan
[3] Roti
[4] Tannouri
[5] Tammees
[6] Korsan
[7] Shamuf

خصوصیات فیزیکی آن‌ها تفاوت‌های قابل ملاحظه ای باهم دارد. جدول ذیل خصوصیات کلی انواع نان ایرانی را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۲. خصوصیات انواع نان‌های ایرانی

	بربری	لواش	تافتون	سنگک	نان روستایی
درجه استخراج آرد (درصد)	۷۸-۷۵	۸۲-۸۰	۸۴-۸۲	۹۰-۸۵	۱۰۰-۹۷
عامل عمل آوری خمیر	مخمر	مخمر	مخمر	مخمر و خمیر ترش	مخمر و خمیر ترش
زمان تخمیر (دقیقه)	۱۲۰	۹۰	۹۰	۱۲۰	۹۰
درجه حرارت تنور(درجه سانتیگراد)	۲۶۰	۳۳۲	۳۱۵	۲۷۱	۲۰۴
زمان پخت (دقیقه)	۱۵-۱۲	۲-۱	۳-۲	۷-۵	۴-۲
شکل نان	بیضی	چندگوش	گرد	سه گوش	گرد
وزن نهایی نان (گرم)	۸۰۰-۶۰۰	۲۵۰-۲۲۵	۳۲۵-۳۰۰	۴۲۰	۳۵۰-۳۰۰

در تقسیم بندی دیگری نان را از لحاظ حجم مخصوص و تراکم به سه گروه زیر تقسیم بندی می‌کنند:

الف- نانهای که حجم مخصوص بالایی دارند مانند نان های حجیم غربی.

ب- نانهایی که حجم مخصوص متوسطی دارند مانند نانهای چاودار و فرانسوی.

ج- نان‌هایی که حجم مخصوص کمی‌دارند مانند نان پیتا، لواش و نان‌های مسطح شمال اروپا و خاور میانه و هند.

نان‌های مسطح از لحاظ بافت متراکم و پوسته آنها نسبت به مغز نان بیشتر بوده و معمولاً به صورت گرد و مستطیل شکل تولید می‌شوند. قطر آنها از ۱۰ تا ۷۰ سانتی‌متر و ضخامت آنها از ۱ میلی‌متر تا ۴ سانتی‌متر

متغیر است، پوسته آنها نازک با لکه‌های قهوه‌ای و تیره می‌باشد و مغز آنها نسبت به نانهای حجیم، کوچک و متراکم است.

طی بررسی‌های انجام شده در مورد میزان ضایعات نان در خانواده‌ها و نانوایی‌های شهر تهران در انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، بالاترین درصد مصرف نان با ۳۹/۱ درصد مربوط به نان لواش بوده و نان‌های سنگک و بربری مصرف کمتری به ترتیب با ۱۰/۷ و ۱۳/۸ درصد نشان داده‌اند. در بین انواع نان، سنگک با کمترین میزان ضایعات ۲۸ درصد و نان تافتون با ۳۷ درصد و نان لواش با ۳۵ درصد بالاترین درصد ضایعات را داشته‌اند.

نانوایی ترکیب علم و هنر است. نانوایی به ظاهر توالی مجموعه‌ای از روش‌ها و مواد اولیه می باشد که در نگاه اول ساده و غیر مهم جلوه می نمایند اما در واقع اگر توازن یک یا چند جزء از این مجموعه بهم بخورد کیفیت محصول نهایی بشدت تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. تعداد محصولاتی که از چهار ماده آرد، آب، نمک و مخمر می توان تولید نمود بسیار زیاد است.

۳-۴- چرخه نانوایی

عملیات تولید نان یکسری عملیات پیچیده می‌باشد که برای تولید فرآورده‌های خاصی از نان با توجه به نیاز مصرف‌کنندگان انجام می‌گیرد. این عملیات عمدتاً شامل مراحل زیر می‌باشد:

۱ـ انتخاب آرد و سایر مواد اولیه

۲ـ مخلوط کردن مواد اولیه لازم برای تهیه خمیر

۳ـ رساندن خمیر[1] طوری که خمیر حاصله قابلیت تولید نان با کیفیت مطلوب را داشته باشد.

۴ـ تقسیم‌کردن خمیر به قطعاتی با اندازه مطلوب یا عمل چونه‌گیری[2]، قالب‌گیری[3] آن برای حصول شکل مورد نیاز و انتقال آن به تغارهای مخصوص و قرار دادن خمیر برای سپری شدن مدت زمان تخمیر.

۵- نگهداری خمیرها در اتاقک‌های مخصوصی که از لحاظ درجه حرارت و رطوبت کنترل می‌شوند برای ایجاد حجم مناسب در خمیرها در طی مرحله تخمیر یا ورآمدن[4]

۶- پختن خمیرهایی کاملاً ورآمده که در این مرحله شبکه گلوتنی خمیر در اثر حرارت تثبیت می‌شود که این امر در اثر دناتوراسیون پروتئین‌ها و ژلاتینه‌شدن نشاسته صورت گرفته و نان ویژگی‌های خاصی نهایی خود را پیدا می‌کند.

به طور کلی چرخه نانوایی در شکل ذیل خلاصه می شود:

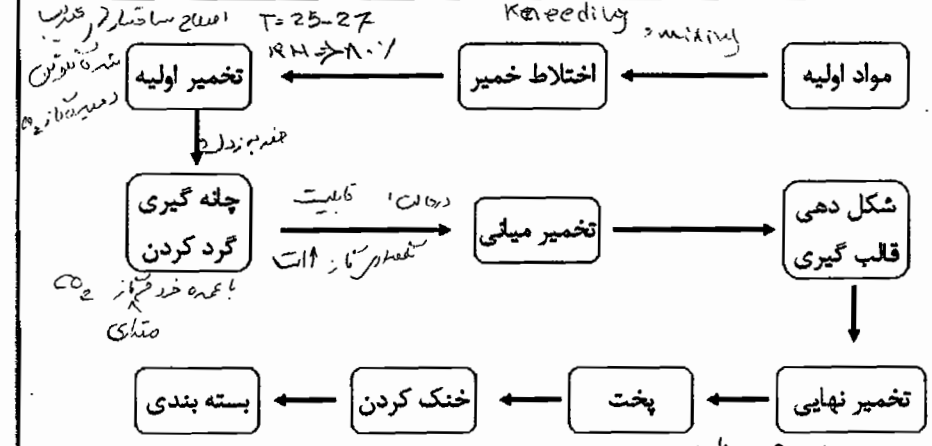
---

[1] Dough development یا Dough maturing

[2] Dividing

[3] Moulding

[4] Proofing



شکل ۳-۱. دیاگرام چرخه نانوایی

۳-۵- مواد اولیه نان

لغت نان دربرگیرنده انواع مختلفی از محصولات می‌باشد که از لحاظ فرمولاسیون، فرآیند تهیه، وزن، شکل، درجه پخت و غیره متفاوت می‌باشند اما همگی این محصولات از چهار ماده اولیه اصلی تشکیل یافته‌اند و بقیه مواد با توجه به نوع محصول و مشخصات خاص آن متغیر می‌باشند لذا مواد اولیه لازم جهت تهیه نان به دو دسته مواد اولیه لازم جهت تهیه نان به دو دسته مواد اولیه اصلی و مواد اولیه فرعی تقسیم می‌شوند.

۳-۵-۱- مواد اولیه اصلی

۳-۵-۱-۱- آرد گندم

آردگندم حاوی پروتئین‌هایی می‌باشد که هنگامی که آب جذب می‌کنند تشکیل شبکه پروتئینی یکنواخت و ویسکوالاستیک موسوم به شبکه گلوتنی را می‌کنند. گندم تنها غله‌ای می‌باشد که حاوی مقدار کافی از پروتئین‌هایی می‌باشد که قادر به تشکیل شبکه گلوتنی در خمیر هستند. چاودار نیز به مقدار کمی دارای این پروتئین‌ها می‌باشد. تشکیل شبکه گلوتنی برای ایجاد حجم مناسب در نان یکی از موارد اساسی در فرآیند تهیه نان می‌باشد لذا از آرد سایر غلات که قادر به تشکیل شبکه گلوتنی و جریان تهیه خمیر نیستند، نمی‌توان نان مناسب تهیه نمود.

اختلاف در کیفیت نان (همانطور که در شکل ۲-۲ نشان داده شده است) عمدتاً در تغییرات کمی و کیفی پروتئین گندم نهفته است.

شکل ۳-۲. تفاوت کیفیت نان که در نان‌های حجیم در حجم آن مستتر است ناشی از کیفیت ماده اولیه یا گندم می باشد.

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

۱ـ مقدار پروتئین آن بالا بوده و کیفیت پروتئینی آن نیز باید در وضعیت مطلوبی قرار داشته باشد.

۲ـ فعالیت آنزیمی آرد باید در حد مناسب باشد.

۳ـ خواص رئولوژیکی خمیر حاصل از آرد باید در وضعیت مناسبی قرار داشته باشد.

قوت آرد:

تشریح کامل این کیفیت کاری مشکل است اما به‌طور کلی می توان گفت که اگر آرد برای رسیدن به حد معینی از قوام (سفتی)، آب بیشتری جذب کرده و خمیر آن دارای خواص کشسانی مطلوبی باشد، آردی قوی است که برای نانوایی مناسب است. بر عکس اگر آرد جذب آب کم داشته و خمیر حاصل از آن سست باشد آردی ضعیف محسوب می شود که بیشتر برای تولید بیسکویت، فرآورده‌های قنادی مناسب است. بنابرین قوت یا ضعف آرد ویژگی می باشد که به تنهایی می تواند تناسب آرد را برای مصارف و فرآورده های مختلف مشخص کند.

قوت آرد مربوط به گلوتن گندم می باشد. مقدار و کیفیت گلوتن دو عامل اساسی تعیین کننده بوده و تابع واریته گندم و شرایط آب و هوایی کاشت و زراعت گندم می باشند و توسط فاکتورهای ژنتیکی تعیین می شوند. می توان با اتخاذ تدابیری هنگام آسیاب کردن گندم و نیز با استفاده از افزودنی های خاص قوت آرد را بهبود بخشید تا مقاومت مکانیکی خمیر در برابر نیروهای مکانیکی مخلوط کردن و نیز نگهداری بهتر گاز کربنیک حاصل از تخمیر افزایش یابد.

۳-۵-۱-۲- آب

آب به عنوان جزء اصلی در فرآیند تهیه نان می‌باشد و بدون آن تهیه خمیر و تشکیل گلوتنی امکان‌پذیر نمی‌باشد. مقدار آب افزوده شده در طول مخلوط‌کردن خمیر بستگی به مقدار جذب آب آرد، روش و تجهیزات مورد استفاده در فرآیند تهیه خمیر و خصوصیات محصول نهایی پخت شده دارد. معمولاً با افزایش مقدار پروتئین و درصد استخراج آرد جذب آب آرد نیز افزایش می‌یابد. افزودن مقادیر بیش از حد آب باعث می‌شود که خمیر حاصله چسبنده شده و جابجایی آن مشکل گردد. از طرفی نان حاصله از چنین خمیری

مرطوب شده و مستعد فساد میکروبی می‌باشد. اگر مقدار آب اضافه شده به آرد نیز کم باشد خمیر حاصله خشک شده و چنین خمیرهایی در طول مرحله مخلوط کردن به خوبی گسترش پیدا نمی‌کنند و قابلیت تخمیر آنها توسط مخمرها کاهش می یابد و نان تهیه شده از این خمیرها سریع بیات شده و بافت نان به سهولت تکه تکه می‌گردد (فرو می‌ریزد).

۳-۵-۱-۲-۱- عملکرد آب در تهیه نان

به طور خلاصه می‌توان نقش آب در تهیه نان را به صورت زیر بیان نمود:

۱- تشکیل شبکه گلوتنی خمیر را امکان پذیر می‌سازد.

۲- امکان تورم و ژلاتینه شدن نشاسته و به سبب آن تشکیل بافت نان را در طول پخت فراهم می سازد.

۳- باعث انحلال برخی از مواد اولیه (نظیر قندها، پروتئین‌های محلول و پنتوزان‌ها)، در فاز آبی خمیر می‌گردد.

۴- باعث افزایش فعالیت مخمرها و یا میکروارگانیسم‌های خمیرترش می‌گردد.

۵- عامل واکنش برای فرآیندهای شیمیایی و بیوشیمیایی است.

۶- باعث ایجاد اتصال و چسبندگی بین آرد و سایر مواد اولیه خمیر شده و بدین طریق ویسکوزیته و قوام خمیر را کنترل می‌کند.

۷- به کنترل درجه حرارت خمیر برای مخمرها کمک می‌کند.

۸- به قابلیت جویدن و احساس دهانی مغز نان کمک می کند.

همانطور که قبلا نیز اشاره شد مقدار یا کمیت آب مصرفی نقش بسزایی در توازن فرمول خمیر و کیفیت نان دارد. علاوه بر کمیت، کیفیت آب نیز حائز اهمیت است که ذیلاً به آن اشاره می گردد:

آب مورد استفاده برای تهیه خمیر بایستی ویژگی‌های زیر را دارا باشد:

۱- آب مورد استفاده باید عاری از آلودگی باشد.

۲- درجه سختی آب باید در حد متوسط باشد. وجود مواد معدنی مانند کلسیم و منیزیم در آب باعث سفت شدن گلوتن شده و انسجام خمیر در طول مرحله تخمیر را افزایش می‌دهند از طرفی قابلیت نگهداری گاز توسط خمیر نیز بهبود می‌یابد اما اگر میزان این مواد معدنی بیش از حد باشد (بیش از ۱۸۰ پی پی ام در آب سخت)، موجب تأخیر در عمل تخمیر و باعث جمع شدن و سفتی گلوتن می‌شوند که در نتیجه گازهای تولید شده در جریان تخمیر به خوبی در بافت خمیر توزیع نخواهند شد. آب بیش از حد نرم (سختی کمتر از ۱۰۰ پی پی ام) نیز باعث چسبنده شدن خمیر خواهد شد. سختی مناسب آب در تولید نان ۱۰۰ تا ۱۵۰ پی پی ام می باشد.

۳- pH آب یکی دیگر از عوامل مهم در تناسب آب برای تهیه خمیر می‌باشد. pH مناسب برای فرآیند تخمیر حدود ۴/۵ تا ۵/۵ می‌باشد و بالاتر و یا پائین‌تر از این حد باعث تأثیر نامطلوب روی فعالیت مخمرها می‌شود.

۴- در مورد آب‌های کلرینه اگر باقیمانده کلر در آب از حد معینی تجاوز کند موجب تغییرات نامطلوبی در خمیر می‌گردد که عبارتند از: تغییر pH، اثر روی رشد و نمو مخمرها و تغییر رنگ محصول. در مواردی که استفاده از آب کلرینه اجتناب‌ناپذیر می‌باشد یا باید کلر را خنثی نمود و یا با هوا دادن آب و قرار دادن آن در معرض هوا کلر اضافی آب را خارج کرد.

۵- کیفیت آب مصرفی روی خواص ارگانولپتیک و پروفایل عطر و طعم نان تأثیر بسزایی خواهد گذاشت.

۳-۵-۱-۲-۲- نسبت آب به آرد در فرمول خمیر نان

تنظیم و رعایت نسبت آب به آرد در تهیه خمیر با کیفیت خوب بسیار حیاتی است. اگر نسبت آب به آرد کم باشد: خمیر حاصله خشک خواهد شد، نشاسته در طول پخت بطور کامل ژلاتینه نخواهد شد و در نتیجه بافت نان به آسانی خشک و نان سریع بیات می شود. به علاوه از نظر اقتصادی موجب ضرر نانوا خواهد شد چرا که بازدهی خمیر پائین خواهد آمد. اگر نسبت آب به آرد زیاد باشد: آب آزاد در توده خمیر باقی مانده و باعث نامطلوب شدن بافت نان می شود. همچنین خمیر حاصله چسبنده بوده و مشکلات عدیده ای در جابجایی و ماشین کردن خمیر ایجاد خواهد شد.

۳-۵-۱-۳- مخمر نانوایی

مخمر نانوایی یا در اصطلاح عام «خمیرمایه» سلولهای زنده میکروارگانیسم یک گونه مخمر به‌نام ساکارومایسس سرویسیا[1] می‌باشد. هر گرم مخمر حاوی ۱۰ میلیارد سلول می باشد. روشهای تهیه و بخصوص خشک کردن نامناسب منجر به افت کیفیت و مردن سلولهای مخمر می‌شود. قبل از استفاده از مخمر باید قابلیت زنده بودن آن آزمایش شود. بهترین روش، انجام آزمایش‌های اختصاصی و یا خیساندن مخمر در آب ولرم حاوی کمی قند و مشاهده نحوه فعالیت آن است.

شکل ۳-۳. سلول های مخمر نانوایی: ساکارومایسس سرویسیا

[1] Saccharomyces cerevisiae

۳-۵-۱-۳-۱- نقش مخمر در نانوایی

- **ایجاد حجم:** در جریان فعالیت مخمرها در محیط حاوی موادمغذی (قندهای موجود) و آب، گاز دی‌اکسیدکربن به عنوان یک فرآورده جانبی حاصل از متابولیسم مخمرها تولید می‌گردد. این گاز به تدریج در فاز آبی خمیر حل شده و زمانی فرا می‌رسد که این فاز از گاز CO_2 اشباع می‌شود در نتیجه گاز آزاد شده در حفره‌هایی در خمیر پر می‌شود و باعث ور آمدن آن می‌گردد. حجم دهی و ایجاد تخلخل در نان نقش اصلی مخمر در تولید نان می باشد.
- **بهبود عطر و طعم نان:** در جریان تخمیر مواد آروماتیک پیچیده‌ای توسط مخمرها سنتز می‌شوند که به توسعه عطر و طعم فرآورده نهایی کمک می‌کند.
- **بهبود رنگ پوسته نان:** در اثر فعالیت مخمرها آنزیم‌هایی توسط این میکروارگانیسم‌ها سنتز می‌شود که برخی از این آنزیم‌ها باعث آزاد شدن قندهای احیاءکننده می‌شوند که این قندهای احیاءکننده با مواد پروتئینی خمیر به ویژه در قسمت‌های سطحی که بیشتر تحت تأثیر حرارت فر یا کوره پخت می‌باشد، ترکیب شده و باعث قهوه‌ای شدن پوسته نان می‌شود که در اثر واکنش مایلارد رخ می‌دهد. این واکنش تولید ترکیبات آروماتیک نیز می‌کند که همگی در عطر وطعم نان نقش بسزایی دارند.
- **افزایش ارزش غذایی نان:** یکی از آنزیم‌هایی که در جریان فعالیت مخمرها سنتز می‌شود آنزیم فیتاز می‌باشد. این آنزیم باعث تجزیه اسیدفیتیک و فیتات‌های موجود در خمیر می‌گردد. با توجه به اینکه اسیدفیتیک و نمک‌های آن با یون‌هایی نظیرکلسیم و آهن تشکیل کمپلکس‌هایی می‌دهند که در بدن قابل جذب نیست لذا وجود اسیدفیتیک به عنوان یک عامل بازدارنده از جذب این یون‌ها می‌باشد. به ویژه در مورد آردهایی با درجه استخراج بالا (آردهای تیره یا کامل) این امر بیشتر به چشم می‌خورد. لذا در این موارد با استفاده از تخمیر و افزایش مدت‌زمان آن می‌توان اسیدفیتیک و نمک‌های آن را تجزیه نمود و بدین ترتیب ارزش تغذیه‌ای نان را افزایش داد.
- **افزایش قابلیت هضم نان:** ایجاد حجم در نان توسط گاز دی‌اکسیدکربن حاصله از فعالیت مخمرها باعث متخلخل و حجیم شدن محصول نهایی گشته و سطح تماس آن با آنزیم‌های گوارشی را در بدن انسان افزایش می‌دهد و بدین ترتیب قابلیت هضم نان بهبود می‌یابد.

مخمرهای نانوایی در صنعت با روش‌های متفاوتی تولید و به اشکال مختلف برای فروش عرضه می‌شوند که متداول‌ترین آنها عبارتند از:

الف) مخمر خشک فعال[1]: از طریق انجماد و خلاء خشک شده و محتوی ۵/۴، ۴ و ۲/۲ درصد رطوبت می‌باشد. هنگام مصرف در ۱۰۰ و ۱۰ برابر وزنش آب به آن اضافه می‌گردد و به صورت فعال درمی‌آید.

[1] Active Dry Yeast

ب) مخمر فشرده[1]: محتوی ۶۹-۷۱ درصد رطوبت می‌باشد.

ج) مخمر خشک غیرفعال: به وسیله حرارت سلول‌های زنده آن کشته شده و استفاده محدودتری دارد.

نگهداری مخمر نانوایی:

نگهداری مخمر در محیط سرد و خشک از اتلاف سلولهای زنده جلو گیری می کند. به ازاء هر ماه نگهداری، مخمر ۷ درصد فعالیت خود را از دست می دهد.

جدول ۳-۳. قابلیت ماندگاری مخمر ناانوایی در دماهای مختلف

دمای نگهداری	قابلیت ماندگاری مخمر
دمای یخچال	حداکثر ۱۲ ماه
۲۱ درجه سانتی‌گراد	۹ ماه
۳۲ درجه سانتی‌گراد	۶ ماه
۴۹ درجه سانتی‌گراد	۸ روز

وجود ذرات تیره در مخمر نانوایی نشان دهنده سلول های مرده و فاقد فعالیت حیاتی می باشد. برای تسریع فعالیت مخمر و کمک به رشد بهینه آن در طول تخمیر سوسپانسیون مخمر (مخمر به‌اضافه آب ولرم در حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد و مقدار کمی قند) قبل از افزودن آن به آرد تهیه می شود.

مقدار مصرف مخمر:

مقدار استفاده از مخمر در فرمول خمیر نان بستگی به کیفیت مخمر (میزان زنده بودن سلولهای مخمر)، کیفیت آرد، روش تهیه خمیر، فرمول تهیه نان، دمای خمیر و محیط و سایر عوامل دارد. مقدار مورد استفاده معمولا بین ۱ – ۳ درصد وزن آرد می باشد. (به ازاء هر کیلوگرم آرد حدود ۱۰ تا ۳۰ گرم مخمر خشک فعال). مقدار مصرف مخمرتازه بدلیل داشتن آب بیشتر ۲/۵ تا ۳ برابر مخمر خشک فعال می باشد. درصورت استفاده از خمیر ترش در تهیه خمیر مقدار مصرف مخمر کاهش می یابد.

۳-۵-۱-۴- خمیر ترش

تولید نان به وسیله خمیر ترش به سالیان بسیار قدیم بر می‌گردد. استفاده از خمیر ترش در تولید نان توسط مصری ها از زمان های دور (۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ سال قبل) به شکل ابتدایی شروع شده و به‌تدریج پیشرفت

[1] Compressed Yeast

کرده است. حفاری‌های باستان شناسی در سویس نشان دادند که قدمت مصرف نان حاصل از خمیر ترش به عنوان غذای سنتی بشر در این مناطق به بیش از ۵۰۰۰ سال قبل بر می گردد. مصری ها اولین مردمانی بودند که تولید انبوه نان تخمیر شده را در حوالی رود نیل پایه گذاری و رواج دادند. مصر، یونان و ایتالیا جزو کشورهایی هستند که نخستین تلاشها برای تولید نان‌های تخمیر شده یا حجیم در آنها گزارش شده است. لذا وجود میکروارگانیسم ها و نقش آنها در تخمیر از زمانهای قدیم در این مناطق معلوم بوده است. سنت تخمیر و پخت غلات برای بدست آوردن نان حجیم تخمیر شده با خصوصیات ارگانولپتیکی بهبود یافته در سراسر دنیا مهم بوده و هست، به عنوان مثال در سودان (کسری محصول بدست آمده از سورگوم)، هندوستان (ایدلی محصول بدست آمده از برنج، نخود و سایر حبوبات)، مکزیک (پوزول محصول بدست آمده از ذرت) و در اروپا (خمیرترش محصول بدست امده از گندم یا چاودار) نمونه هایی از محصولات حاصل از تخمیر غلات می باشند.

خمیرترش مخلوطی از آب و آرد است که توسط باکتری‌های اسید لاکتیک تخمیر می‌شود. خمیرترش یک محصول واسطه است و حاوی گونه‌های فعال متابولیکی مخمرها و باکتری‌های اسیدلاکتیک است. در ایتالیا بیش از ۳۰٪ محصولات پخت را محصولات حاصل از خمیرترش تشکیل می‌دهد. بیشتر این محصولات از سالیان بسیار قدیم تولید می‌شوند و تفاوت آن‌ها در نوع آرد، سایر ترکیبات، نوع خمیر ترش، تکنولوژی و مدت ماندگاری آنها است. به دلیل کیفیت حسی بسیار مناسب و مدت زمان ماندگاری طولانی، امروزه تکنولوژی خمیر ترش به عنوان یک تکنیک مهم در صنایع پخت مدرن باقی مانده است.

خمیرترش یک محصول واسطه است (جهت خمیر و تهیه نان) و حاوی میکروارگانیسم‌هایی که از نظر متابولیکی فعال هستند، می باشد. به دلیل تفاوت در منطقهٔ تولید، خمیر ترش منابع مختلف دارای گونه‌های متفاوتی از باکتری‌های اسیدلاکتیک و مخمرها هستند. توسعهٔ باکتری‌های اسید لاکتیک که در خمیر صورت می‌گیرد دارای منشأ طبیعی در آرد یا از کشت استارتری حاوی یک یا چند گونهٔ مشخص از باکتریهای اسید لاکتیک هستند. دانستیه سلولی بیش از 10^8 cfu/g در تولید خمیرترش استفاده می‌شود. مطالعات میکروبیولوژیکی نشان داده است که بسیار از گونه‌های به خصوص لاکتوباسیلوس‌ها و برخی گونه‌های مخمر به خصوص ساکارومایسس و کاندیدا در خمیر ترش یافت می‌شوند.

فاکتورهای ذیل بر غالب شدن لاکتوباسیلوس‌ها در طی تهیه خمیرترش سنتی، نقش دارند:

۱- متابولیسم کربوهیدارت‌های آنها که با منبع انرژی اصلی در خمیر سازگار شده اند (مالتوز و فروکتوز)

۲- نیازهای رشد که با شرایط pH و دمائی که جهت تهیه خمیر ترش اعمال می‌شود، مطابقت دارد.

۳- لاکتوباسیلوس‌های خمیرترش دارای مکانیسم‌های پاسخ به استرس برای فائق آمدن بر اسید و درجه حرارتهای بالا و پائین، اسمز معکوس، دهیدراسیون، اکسید اسیون و غیره می‌باشند.

سه فاکتور فوق عامل اصلی رقابت و آداپته شدن در این سوشها است.

۴- تولید ترکیبات ضد میکروبی (اسیدهای آلی، لاکتات، استات و ...). این ترکیبات برای مثال باکتریوسین‌ها، رقابت آنها را بهبود می‌بخشد و آنها را به فلور ثابت تخمیر در خمیر ترش تبدیل می‌کند.

خمیر ترش در واقع مانند یک اکوسیستم طبیعی شامل میکروارگانیسم‌های مختلف است که عامل تخمیر توسط مخمر و اسید لاکتیک باکتریها، تعیین کننده کیفیت محصول نهائی است. فلورمیکروبی داخل

خمیرترش و تنوع میکروبی آن سبب فعالیت‌های آنزیماتیک است که از جمله آنها، تولید فیتاز است. تولید اسید و در نتیجه آن کاهش pH توسط خمیرترش دگراداسیون اسید فیتیک را افزایش می‌دهد. همچنین محصولات حاصل در طی زمان تخمیر مانند اسیدسیتریک، لاکتیک، استیک، بوتیریک، فرمیک سبب افزایش جذب مواد معدنی شده که علت آن لیگاندهای محلول با آنها و نیز مانع از تشکیل کمپلکس‌های نامحلول با فیتات است.

اسید لاکتیک باکتری‌ها با کاهش pH، بر روی حلالیت بیشتر کمپلکس فیتات مؤثر است و در زمان ۵ ساعت تخمیر سبب کاهش pH به حدود ۴/۷ می‌گردد در حالی که تخمیر با مخمر بر روی pH تأثیر چندانی ندارد. اسیدیفیکاسیون سبب حلالیت بیشتر فسفر و منیزیم در تخمیر با خمیر ترش در مقایسه با مخمر می‌شود.

۳-۵-۱-۴-۱- مزایای استفاده از خمیر ترش در تولید نان

به طور کلی استفاده از خمیر ترش دارای مزایای متعددی در صنعت نانوایی است:

- محصولات متابولیکی اولیه باکتری های اسید لاکتیکی، اسید لاکتیک و اسید استیک می‌باشند که نسبت این دو اسید در طعم محصولات نانوایی اثر گذار است. تشکیل اسیدهای آمینه آزاد ناشی ازفعالیت پروتئولیزی در طی تخمیر باعث تشدید واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی و به سبب آن باعث بهبود رنگ پوسته و خواص ارگانولپتیک نان می گردد. #
- تهیه نان با خمیرترش باعث کاهش رشد کپک شده و زمان ماندگاری نان افزایش می‌یابد. #
- اجزای ضد میکروبی تولید شده بوسیله برخی از باکتری‌های اسید لاکتیکی می تواند به کنترل رشد میکروارگانیسم‌های عامل فساد و بیماری کمک کند زیرا که این ترکیبات به شرایط پخت مقاوم بوده و در نان فعال می باشند.#
- به تعویق انداختن بیاتی نان: برخی از انواع باکتری های اسید لاکتیکی، پلی ساکاریدهای خارج سلولی تولید می کنند که قابلیت جذب آب را افزایش داده و نان دیرتر بیات می‌شود.#
- همچنین قابلیت نگهداری گاز کربنیک در خمیر به سبب بهبود خاصیت قالب پذیری خمیر تقویت شده و حجم نان افزایش می‌یابد.#
- استفاده از خمیرترش باعث هیدرولیز فیتات‌ها شده و خواص تغذیه ای نان بهبود می‌یابد.

۳-۵-۱-۴-۲- معایب استفاده از خمیر ترش

- لزوم داشتن دانش فنی در زمینه تأثیر شاخص‌های فرآیند، مواد اولیه و نوع میکروارگانیسم‌ها جهت به‌دست آوردن خمیر و در نتیجه نان با کیفیت ثابت (تکرارپذیر) و مطلوب
- نیاز به فضا و امکانات تولید و نیروی کارگری برای جابجایی خمیر ترش
- عدم یکسان بودن کیفیت خمیر ترش از یک منطقه به منطقه دیگر تولید
- مراحل متعدد تهیه خمیر ترش و پیچیدگی در عملیات تولید و در نتیجه افزایش هزینه‌های تولید

- طعم اسیدی یا ترش محصول در صورت عدم کنترل بهینه شرایط تخمیر و درصدهای افزودن خمیر ترش (البته در مورد برخی از نان‌های خاص این یک ویژگی مطلوب است)#
- پررنگ تر شدن غیر طبیعی پوسته نان: ایجاد پوسته قهوه ای طلایی به‌جای پوسته مایل به قرمز

۳-۵-۱-۴-۳- نحوه تهیه خمیر ترش#

روش استاندارد و یکسان خاصی برای تولید خمیر ترش وجود ندارد و واحدهای نانوایی در دنیا از روش‌های مختلف بهره می گیرند. اما تهیه خمیر ترش اساساً از اصول زیر تبعیت می‌کند:

- داشتن یک منبع نشاسته ای (معولا آرد چاودار ترجیح داده می شود)
- وجود میکروارگانیسم (مایه ترش) برای شروع
- داشتن دانش و مهارت مربوطه
- داشتن تجهیزات، فضا و امکانات لازم (کنترل دمای اتاقک تخمیر، کنترل تهیه هوا و ...)#

در خمیر ترش مخلوطی از باکتری ها و مخمر ها در کنار هم زندگی میکنند. هر دو گروه شرایط متفاوتی از نظر دما، زمان، pH و غلظت لازم دارند. لذا با کنترل فاکتورهای دما و زمان می توان بطور دلخواه رشد هر کدام را تسریع و فرایند ترش شدن خمیر را بطور مطلوب کنترل نمود.

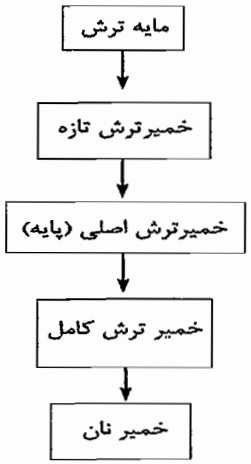
معمولاً دمای مطلوب رشد مخمرها ۲۵ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد، باکتری‌های اسیدلاکتیک ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد و باکتری‌های اسیداستیک ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. لذا فرآیند تهیه خمیر ترش به صورت چند مرحله ای و در دماهای مختلف باید انجام گردد. در نانوایی ها با تنظیم دمای آب مصرفی دمای خمیر را کنترل می نمایند. دمای محیط (اتاقک تخمیر) و مراحل مختلف خمیرترش، زمان استراحت خمیر در هر مرحله از نکات بسیار مهم برای حصول کیفیت مطلوب می‌باشند. جهت کیفیت مطلوب، خمیرترش باید مرحله به مرحله ترش شده و کاملاً برسد. در این صورت خمیر اصلی بخوبی اسیدی شده و نان حاصله بخوبی پوک می شود.

کیفیت و درجه استخراج آرد (سبوس دار بودن) از عوامل تعیین کننده در خمیر ترش می باشند. آردهای روشن معمولا بخوبی ترش نمی شوند زیرا فعالیت آنزیماتیکی آنها در حد پائینی قرار دارد.

روش تهیه خمیرترش چندمرحله‌ای

نمودار شکل ۳-۴ روش تهیه خمیرترش چندمرحله ای را نشان می دهد.

مایه ترش: مایه ترش از قسمت مغز خمیر ترش کاملا رسیده برداشته می شود. مقدار مایه بطور متوسط نیم تا یک درصد مجموع آرد مصرفی است. مایه را در دمای پائین در ظروف چوبی نگهداری می کنند. درصورت نگهداری طولانی مدت مایه به آن آرد اضافه می کنند و در صورت نگهداری کوتاه مدت به آن آب اضافه می نمایند.



شکل ۳-۴. نمودار مراحل تهیه خمیر ترش چند مرحله ای

خمیر ترش تازه: در این مرحله دما ۲۴ – ۲۷ درجه سانتیگراد تنظیم شده و زمان استراحت ۴ الی ۵ ساعت می باشد. شرایط تهویه یا رساندن اکسیژن بایستی خوب انجام پذیرد که شرایط مناسبی برای رشد مخمر ها و شرایط نا مناسب برای رشد باکتری های لاکتیکی و استیکی فراهم نماید.

خمیر ترش اصلی یا پایه: در این مرحله دما ۲۲ الی ۲۸ درجه سانتی گراد بوده، زمان استراحت ۴ الی ۸ ساعت، تهویه (رساندن اکسیژن) محدود گشته و در نتیجه رشد مخمرها کم و رشد باکتری‌ها زیاد می شود. در این مرحله بیشترین افزایش تعداد باکتری و افزایش اسیدیته در خمیر مشاهده می‌شود.

خمیر ترش کامل: دما در این مرحله به ۳۰ الی ۳۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و زمان استراحت ۱/۵ الی ۴ ساعت می باشد. تهویه (رساندن اکسیژن): خوب تا خیلی خوب در نظر گرفته می شود تا ادامه رشد مخمر ها در کنار رشد باکتری ها صورت پذیرد. در این حالت نسبت مخمر به باکتری افزایش می یابد.

خمیر نهایی نان: در مرحله آخر خمیر نان قبل از پخت آماده می گردد. دمای تخمیر ۲۸ الی ۳۲ درجه سانتی‌گراد، زمان استراحت خمیر ۵ الی ۲۰ دقیقه و تهویه (رساندن اکسیژن) خوب در نظر گرفته می‌شود.

علیرغم مزایای متعدد استفاده از خمیر ترش در بهبود خواص حسی، کیفی و نگهداری نان بسیاری از واحدهای تولیدی نان استقبال چندانی از استفاده از روشهای دو مرحله ای تهیه خمیر یا خمیر ترش در تولید نان نمی کنند. لزوم داشتن دانش فنی برای تولید و فرآوری خمیر ترش، نیاز به فضا و امکانات تولید و نیروی کارگری برای جابجایی خمیر ترش و عدم یکسان بودن کیفیت خمیر ترش از یک منطقه به منطقه دیگر تولید از جمله عوامل محدود کننده استفاده از خمیر ترش محسوب می شوند. لذا در سال‌های اخیر تهیه خمیر ترش خشک به عنوان یک راه حل جایگزین که معایب و محدودیتهای فوق را مرتفع نموده و مزایای متعدد استفاده از خمیر ترش را به نان ارائه می دهد متداول گشته است.

عملیات تخمیر با استفاده از خمیر ترش نیازمند داشتن اطلاعات علمی در زمینه تأثیر شاخص های فرایند، مواد اولیه و نوع میکروارگانیسم‌ها جهت بدست آوردن خمیر و در نتیجه نان با کیفیت ثابت (تکرارپذیر) و مطلوب می باشد. این اطلاعات در نانوایی‌ها وجود ندارد. لذا برای سهولت امر، کشت‌های آغازگز خمیر ترش به‌صورت تازه و فعال و نیز به‌صورت میکروارگانیسم‌های خمیر ترش برای شروع تخمیر خمیر ترش با میکروفلورای لازم مورد استفاده قرار می گیرند. از آنجائیکه تخمیر خمیر ترش یک فرآیند زمان بر و پرزحمتی می باشد، صنعت نانوایی به دنبال راه حل بهتری که معایب فوق را نداشته و در عین حال ویژگی های لازم برای تخمیر در نان را ارائه دهد بوده است. در ابتدا اسیدهای آلی (اسید لاکتیک، اسید استیک و اسید سیتریک) مورد استفاده قرار می‌گرفتند. این ترکیبات به‌صورت مستقیم یا به‌صورت مخلوط با خمیر ترش به‌کار می رفتند. اما طعم و مزه نان نهایی چندان رضایت بخش نمی‌شد. تا اینکه خمیر ترش بصورت خشک، خمیری و مایع بر اساس فرآیندهای سنتی بهینه شده و تعدیل یافته توسعه پیدا نمودند. شرکت-هایی که چنین خمیر ترشهای آماده برای مصرف را تولید می نمایند ادعا دارند که این محصولات دارای ویژگی سهولت کاربرد برای تولید فرآورده های نانوایی با کیفیت ثابت بوده و نیز کلیه مزایای تخمیر بیولوژیکی خمیر ترش اعم از طعم، مزه، حفظ تازگی نان، و قابلیت نگهداری طولانی مدت را دارا هستند. امروزه طیف گسترده ای از محصولات خمیر ترش آماده برای مصرف در بازار وجود دارند و برای حفظ طولانی مدت آنها از فرآیند های نگهداری از قبیل خشک کردن، پاستوریزاسیون و اتواستریلیزاسیون بهره گرفته می شود.

تهیه خمیر با روش خمیر ترش یک فرآیند زمان بر بوده و هست. در تهیه سنتی نان استفاده از خمیر ترش از یک طرف به منظور تکثیر مخمرها و لاکتوباسیلوس های هتروفرمانتاتیو جهت تولید میزان کافی گاز دی اکسید کربن برای دادن حجم به نان لازم بوده و از طرف دیگر استفاده از خمیر ترش شرط لازم برای تهیه نان چاودار می باشد. از زمان شروع تولید صنعتی مخمر نانوایی توسط فرآیند وین در سال ۱۸۴۶ توسط ماتنر، خمیرترش به منظور ایجاد حجم در نان دیگر مورد استفاده قرار نگرفت. اما بایستی ذکر نمود که خمیر ترش تا ابتدای قرن ۲۰ توسط بسیاری از نانوا ها جهت حجم دهی مورد استفاده قرار می گرفت چراکه ارزان تر از مخمر نانوایی تمام می شد. اولین کشت آغازگر خمیر ترش جهت استفاده در نانوایی ها در حوالی سال ۱۹۱۰ توسعه یافت که هر هفته بصورت تازه در اختیار نانوایی ها قرار می گرفت تا کیفیت نان تولیدی و کارائی تولید خمیر ترش را ثابت نگهدارد. استفاده از چنین کشت‌های آغازگر تازه امروزه تیز مرسوم می باشد. هرچند که بهره گیری از کشت‌های آغازگر باعث ثابت ماندن کیفیت تولید نان گردید اما باعث کاهش زمان تولید نگردید. تا اینکه محصولات خمیرترش خشک شده با قابلیت کاهش دادن زمان تولید و حفظ کیفیت ثابت تولید در سال ۱۹۷۰ در کشورهای آلمان و اطریش که سابقه دیرینه‌ای در تهیه نان‌های ترش چاودار دارند به بازار معرفی گردید.

۳-۵-۱-۴-۴- انواع خمیر ترش

دو نوع مهم از خمیرترش گندم در صنعت استفاده می‌شود:

۱- خمیرترش مخمری[1]: در این نوع، مخمر در خمیرترش استفاده می‌شود و به مدت ۱۶-۴ ساعت در دمای اتاق (۲۶-۲۲ °C) تخمیر می‌شود. توسعه اسیدیته در این نوع متوسط است و اسیدیته از فلور طبیعی آرد، مخمر یا تجهیزات نانوائی منشأ می‌گیرد. این نوع بیشتر از نوع دوم (خمیرترش اسیدی گندم) مورد استفاده قرار می‌گیرد. مثال مهم از این نوع در روش تهیه خمیر از نوع دو مرحله‌ای یا Sponge and Dough استفاده می‌شود. در این روش ابتدا Sponge با اختلاط $\frac{۲}{۳}$ از کل آرد، قسمتی از آب و مخمر تهیه شده و برای مدت ۵ ساعت تخمیر می‌شود. سپس Sponge حاصله با باقیماندهٔ فرمولاسیون ترکیب و به خمیر یا Dough تبدیل می‌شود.

۲- خمیرترش اسیدی[2]: در این نوع خمیر ترش باکتری‌های اسیدلاکتیک (به‌علاوه مخمرها) برای تخمیر آرد برای مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۵°C-۲۵ استفاده می‌شود. خمیر ترش اسیدی به روش سنتی در کشورهای مدیترانه و برخی مناطق انگلیس به طور وسیع استفاده می‌شود. در شروع قرن ۲۱، تولید نان توسط خمیر ترش جزء کوچکی در تولید نان را به عهده داشت به طوری که فرانسه ۳٪ را در بر می‌گرفت. استفادهٔ موفق از خمیر ترش گندم مستلزم استفاده از پرسنل ماهر و با تجربه و کنترل دقیق بر پروسه جهت به دست آوردن کیفیت بالا می باشد، بنابراین روش‌های متعدی جهت بهبود کیفیت نسبت به استفاده از افزودنی‌ها دارد. تأثیر مثبت خمیر ترش گندم بر بهبود عطر و طعم و خصوصیات تغذیه ای منحصر به فرد، استفاده از آن را در سالهای اخیر افزایش داده است. میزان خمیر ترش از نوع ۱ و ۲ که در فرمولاسیون خمیر بعدی استفاده می‌شود ۴۰-۵٪ است (بر اساس وزن خمیر). مقادیر کمتر مربوط به خمیر ترش اسیدی و مقادیر بالاتر جهت خمیر ترش مخمری است.

انواع پروسه‌های تولید خمیر ترش

خمیر ترش به ۳ دسته کلی تقسیم بندی می‌شود که این تقسیم بندی بر اساس نوع تکنولوژی تولید مانند استفاده از روش سنتی یا صنعتی می‌باشد.

- **نوع I یا خمیر ترش سنتی**

این نوع خمیر ترش به روش سنتی تهیه شده (به طور روزانه و پیوسته) تا میکروارگانیسم‌های آن به طور فعال باقی بماند. این پروسه در دمای ۳۰°C-۲۰ و pH=4 صورت می‌پذیرد. این نوع خمیرترش به سه زیر گروه Ia، Ib و Ic تقسیم می‌شود. در خمیر ترش نوع Ia میکروارگانیسم‌های موجود در خمیر ترش که از منابع مختلف منشأ گرفته اند در اثر تخمیر خود به خودی توسعه می‌یابند. خمیر ترش نوع Ib از تخمیر چند مرحله ای نوع Ia حاصل می‌شود و نوع Ic در دماهای بالاتر تخمیر صورت می‌گیرد.

[1] Yeasted sourdough
[2] Acidified sourdough

- **نوع II یا خمیر ترش صنعتی**

در پروسهٔ پخت صنعتی نان چاودار و همچنین به دلیل تقاضای صنعت در سرعت بیشتر، کارایی بالاتر، قابلیت کنترل بیشتر و تولید در مقیاس بالای خمیر ترش، خمیر ترش نوع II شکل گرفته است. این نوع خمیرترش با استفاده از نژادهای عجین شده با شرایط تخمیر تهیه می شود. این خمیر ترش می تواند مایع باشد که قابلیت پمپ شدن را داشته و به آسانی در صنایع پخت کاربرد دارد.

- **نوع III یا خمیر ترش خشک شده**

خمیر خشک شده به شکل پودر است که دارای انواع مشخص استارتر می‌باشد. این نوع خمیرترش به عنوان مکمل‌های اسیدیفیه کننده و ناقل و حامل آروما استفاده می‌شود (در تولید نان) و بیشتر دارای اسیدلاکتیک باکتریهائی است که مقاوم به خشک شدن هستند و قادر به بقا در این حالت هستند.

برای تهیه خمیر ترش نوع III چندین تکنیک مورد استفاده قرار می گیرند: خشک کردن انجمادی، گرانوله کردن پاششی ، خشک کردن با بستر سیال شناور ، خشک کردن پاششی و خشک کردن غلتکی.

صنعت تهیه خمیر ترش خشک ایجاب می کند تا خمیر ترش مورد استفاده قابلیت پمپ شدن داشته باشد. لذا بازدهی خمیر یا DY[1] برای این منظور معمولا بیشتر از ۲۰۰ در نظر گرفته می شود.

از جمله خصوصیات تکنولوژیکی که برای تهیه خمیر ترش خشک در نظر گرفته می شود بازدهی خمیراست. خمیر با قوام بالا (بازدهی پائین، در حدود ۱۶۰) باعث تولید اسید استیک بیشتر شده و مقدار اسید لاکتیک کاهش می یابد. از طرف دیگر استفاده از خمیربا قوام پائین (بازدهی بالا، بیشتر از ۲۰۰) موجب می شود نرخ اسیدی شدن سریع تر رخ دهد (۱۵).

نحوه محاسبه بازدهی خمیر یا DY:

$$DY = [(\text{مقدار آرد}/(\text{مقدار آب} + \text{مقدار آرد})] \times ۱۰۰$$

از موارد دیگر مقدار خاکستر است. هرچه درجه استخراج بیشتر باشد میزان مواد مغذی در دسترس باکتری‌های اسید لاکتیک نیز بیشتر خواهد بود. این فاکتور همچنین بر ظرفیت بافری و اسیدیته کل قابل تیتر(TTA)[2] نیز اثر گذار است. عدد فالینگ نیز شاخصی مهم محسوب می شود زیرا با بالا بودن فعالیت آنزیمی، میزان قند در دسترس میکروارگانیسم، افزایش می یابد.

نوع آغازگر نیز در اینجا مد نظر است. دو خانواده اصلی از باکتری های اسید لاکتیکی در این مکانیسم نقش دارند. باکتری های اسید لاکتیکی هموفرمنتاتیوکه اساساً تولید اسید لاکتیک می کنند و مسئول اسیدیفیکاسیون هستند. باکتری های اسید لاکتیکی هتروفرمنتاتیو که مخلوطی از اسید لاکتیک و اسید استیک تولید کرده و گاهاً میکروفلورای آروماتیک نامیده می شوند. استارترهای تجاری مورد استفاده برای تخمیر خمیر ترش، حداقل به طور قابل قبولی باید خمیر را اسیدی کنند. پس باید از محیط غلات ایزوله شوند تا بتوانند فرایند خشک کردن را تحمل کنند و به صورت پودری در اختیار مصرف کننده قرار بگیرند.

[1] Dough Yield
[2] Total Titrable Acidity

متأسفانه بیشتر نژادهای مورد استفاده نمی توانند با میکروفلورای داخلی غلات رقابت کنند و نیازمند تلقیح مجدد هستند. L-Sanfranciscensis از جمله باکتری هایی است که به صورت انجمادی خشک شده و درتلقیح، کاربرد دارد.

اسید استیک نقش مهمی در کیفیت نان (عطر و طعم، جلوگیری از رشد کپک و قابلیت ماندگاری) دارد. از آنجائی‌که نقطه جوش اسید استیک ۱۱۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد خمیرترش‌های خشک شده معمولاً مقدار اسید استیک کمتری نسبت به خمیرترش‌های تازه دارند. می‌توان با افزودن فروکتوز یا با هوادهی میزان تشکیل اسید استیک توسط باکتری‌های اسید لاکتیک هتروفرمانتاتیو را کنترل نمود.

البته مقدار اسیداستیک موجود در خمیرترش خشک شده تا حدود زیادی بستگی به روش خشک شدن (دمای اعمال شده) دارد. لذا نان حاصل از خمیرترش تازه بیشتر مزه اسیدی می دهد در حالی‌که نان تهیه شده از خمیرترش خشک داری مزه مالتی و کره ای هست.

نوع روش خشک کردن علاوه بر تأثیر روی میزان اسیدیته نان روی ترکیبات طعمی تولید شده نیز اثر چشمگیری دارد. در خشک کردن انجمادی اکثر مواد طعمی کلیدی کاهش می یابند. در روش خشک کردن با بستر شناور برخی از مواد طعمی افزایش می یابند. بیشترین تغییر مواد طعمی مربوط به روش خشک کردن غلتکی می باشد. بسیاری از ترکیبات طعمی در خمیر ترش بجز اسید استیک و چند ماده فرار دیگر در روش خشک کردن غلتکی افزایش می یابند. انجام واکنش مایلارد و تشکیل مواد طعمی شبیه آنهایی که در پوسته نان یافت می شوند باعث غنی شدن طعم خمیر ترش خشک شده با روش خشک کردن غلتکی می شود.

از آنجائی‌که برخی از مواد طعمی در جریان خشک کردن خمیر ترش از دست می روند برای جبران آن می‌توان قسمتی از خمیر ترش تازه به فرم مایع یا خمیری استفاده نمود. البته بعد از تخمیر بلافاصله باید میکروفلورای این نوع خمیرترش‌ها غیر فعال گردند تا تولید گاز و اسید متوقف گردد. با افزودن نمک یا با روش پاستوریزاسیون می توان فعالیت میکروارگانیسم‌ها در این نوع خمیرترش‌ها را کنترل نمود.

در نهایت می توان عنوان نمود که استفاده از خمیرترش خشک آماده برای مصرف گامی مؤثر در تولید نان با کیفیت مطلوب که دارای مزایای متعددی از قبیل کوتاه شدن پروسه تخمیر و ارائه کلیه مزایای تخمیر خمیر ترش (بهبود عطر و طعم، کاهش روند بیاتی، افزایش زمان ماندگاری نان با کنترل رشد کپک ها توسط محصولات تخمیر) می باشد.

هدف امروز بازار محصولات نانوایی، تهیه محصولات با طعم بهتر و با کیفیت ثابت است. با توجه به برهه زمانی حال که در کشور ما مشکل افت شدید کیفیت نان متأثر از تکنیک‌های تولید مشهود است وسالانه منابع مالی هنگفتی در قالب ضایعات نان اتلاف می گردد لزوم توجه به کاربرد فرآورده‌های خمیرترش آماده برای مصرف که خمیر ترش خشک یکی از آنها می باشد، بسیار ضروری می باشد. چرا که در این روش توجه به تولید سنتی نان و استفاده از تخمیر خمیر ترش مد نظر بوده اما تلاش می گردد که معایب استفاده از خمیر ترش که زمان بر بودن و هزینه های بالای تولید می باشد، مرتفع گردد.

۳-۵-۱-۵- نمک طعام

یکی دیگر از مواد اولیه اصلی جهت تهیه نان، نمک طعام یا کلرور سدیم می‌باشد که در مقادیر کم معمولا در حد ۱/۸ تا ۲/۲ درصد در فرمول نان مورد استفاده قرار می گیرد. نک در این مقدار کم تأثیر شگرفی بر کیفیت نان دارد.

۳-۵-۱-۵-۱- نقش نمک در تهیه نان

به طور کلی نقش نمک در تهیه نان را به صورت زیر می‌توان بیان نمود:

- تأثیر بهبود دهندگی کیفیت رئولوژیکی خمیر بویژه در آردهای ضعیف که باعث استحکام و تقویت شبکه گلوتنی می گردد. گلیادین ها در حلول های نمکی کمتر حل شده و از این رو در ساختار شبکه گلوتنی نان نقش بیشتری ایفا می نمایند. افزودن مقدار مطلوب نمک تشکیل شبکه گلوتنی را تسریع کرده و ثبات و پایداری گلوتن را افزایش می‌دهد و تحمل خمیر در هنگام زدن و مخلوط‌کردن افزایش می‌یابد. افزودن زیاد نمک روی خصوصیات فوق تأثیر منفی دارد.
- بهبود طعم و مزه و پوشاندن سایر مزه‌ها مانند مزه شیرینی
- خنثی‌کردن اسیدهای حاصل از فرآیند تخمیر که بدین طریق از ترشی مزه نان حاصل جلوگیری می‌شود. این امر به خصوص در مواردی که مدت زمان تخمیر طولانی است حائز اهمیت می‌باشد.
- کنترل تخمیر با افزایش تولرانس خمیر (تحمل خمیر در طول فرآیند فرمانتاسیون افزایش می‌یابد). اگر مقدار نمک مورد استفاده بیش از اندازه باشد اثر بازدارنده روی تخمیر داشته و باعث سفت شدن گلوتن می‌گردد.
- جلوگیری از رشد و نمو باکتری‌های ناخواسته در خمیر: تأثیر نمک طعام روی گروه‌های مختلف باکتری‌های خمیرترش متفاوت بوده و بستگی به غلظت نمک دارد.
- نمک روی تشکیل بافت، پوسته رنگ نان نیز تأثیر دارد.

۳-۵-۲- مواد اولیه فرعی

این مواد اغلب به عنوان مواد اولیه کمکی یا اختیاری نیز نامیده می‌شوند که استفاده از آن‌ها در فرمول نان اختیاری بوده و به عوامل متعددی از جمله ویژگی‌های خاص محصول نهایی، شرایط تولید، تقاضای مصرف کننده، پارامترهای اقتصادی و ... دارد. این مواد عبارتند از:

۳-۵-۲-۱- شیر

شیر بیشتر به صورت خشک و بدون چربی در فرمول نان به کار می‌رود زیرا در این حالت دارای قیمت کمتر بوده و قابلیت نگهداری آن در شرایط معمولی محیط بیشتر است.

۳-۵-۲-۱-۱- نقش شیر در تهیه خمیر و نان

- پروتئین و املاح موجود در شیر روی گلوتن اثر کرده و بازدهی خمیر را افزایش می‌دهد.
- افزودن شیر باعث فرم‌پذیری بهتر خمیر شده و قدرت تورم آن افزایش می‌یابد همچنین نگهداری گاز در خمیر بیشتر شده و حجم نان افزایش می‌یابد.

- به علت مقاومت به کشش و شرایط مناسب نگهداری گاز در خمیر، خلل و فرج نان ظریف، ریزتر و یکنواخت‌تر (نسبت به نان تهیه شده بدون افزودن شیر) می‌شود.
- افزودن شیرخشک در فرمول نان ضمن افزایش ارزش غذایی آن مدت زمان بیاتی نان را به تأخیر می‌اندازد.

۳-۵-۲-۲- شکر

شکر را به صورت محلول قندی در فرمول خمیر مورد استفاده قرار می‌دهند زیرا به‌کار بردن گرانول‌های درشت شکر بافت داخلی نان را تحت تأثیر قرار داده و به آن آسیب می‌رساند و حجم نان تقلیل می‌یابد.

۳-۵-۲-۲-۱- نقش شکر در تهیه نان

- ساکارز در اثر آنزیم سلول‌های مخمر به قند انورت تبدیل شده و توسط مخمر مصرف می‌گردد لذا وجود مقدار کمی شکر به عنوان غذای مخمر و برای شروع فرآیند تخمیر لازم و ضروری می‌باشد.
- مقدار کم شکر باعث تشدید فعالیت تخمیری شده در حالی که مقدار زیاد آن باعث کند شدن تخمیر می‌گردد.
- شکر در مقدار کم باعث نرمی و اصلاح الاستیسیته خمیر شده در حالی که در مقدار زیاد باعث کاهش تورم پروتئین شده و الاستیسیته خمیر را کاهش می‌دهد.
- محصولات هیدرولیز شکر توسط آنزیم‌های مخمرها از طریق شرکت در واکنش های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی (مایارد) باعث باعث بهبود عطر، طعم و رنگ پوسته نان می‌شود.
- در اثر افزودن محلول قند به فرمول نان، ساختار و بافت داخلی نان بهبود یافته، خلل و فرج آن یکنواخت‌تر شده و حجم نان افزایش می‌یابد.

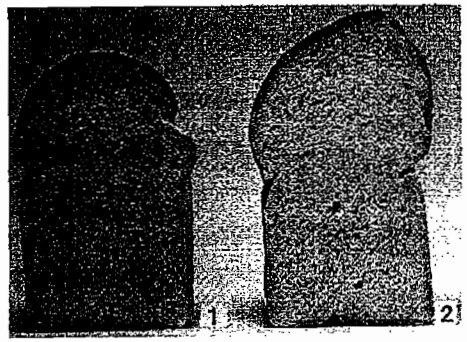
۳-۵-۲-۳- چربی

چربی‌ها در صنایع نانوایی و سایر محصولات صنایع پخت تأثیر تکنولوژیکی زیادی داشته زیرا روی عمل‌آوری، شدت تخمیر، و فعالیت میکروارگانیسم‌ها و سرانجام بر کیفیت نهایی فرآورده اثر فراوانی دارند.

۳-۵-۲-۳-۱- نقش چربی در تهیه نان

- در اثر افزودن چربی، خمیر نرم تر شده و به راحتی فرم می گیرد. برای جلوگیری از نرم‌شدن زیادتر خمیر باید مقدار آب را به اندازه ۴۰٪ وزن چربی اضافه شده، کاهش داد.
- افزودن چربی تا میزان ۵ درصد باعث کاهش فعالیت تخمیری به مقدار کمی شده لیکن قابلیت نگهداری گاز در خمیر را افزایش می‌دهد. در اثر افزودن چربی، خمیر نرم‌تر شده و به راحتی توسط گازهای ناشی از فعالیت تخمیری بالا می‌آید (شکل ۳-۵) . افزودن بیش از حد چربی باعث کاهش فعالیت تخمیری و تولید CO_2 در خمیر شده و مدت زمان تخمیر را طولانی می‌کند.

- افزودن چربی در فرمول نان به بهبود بافت و ساختار داخلی نان، بهبود قابلیت جویدن و بهبود قابلیت ماندگاری نان کمک کرده و ارزش غذایی نان را بالا می‌برد.



شکل ۳-۵. مقطع عرضی نان قالبی تهیه شده بدون مواد افزودنی اختیاری (شکل۱) و با افزودن ۱٪ چربی (شکل۲)

شکل ۳-۶. مقطع عرضی نان قالبی تهیه شده بدون چربی (سمت چپ) و با افزودن ۱٪ چربی (سمت راست) در فرآیند سریع تولید نان

در فرآیندهای سریع تولید نان مانند روش‌های چارلی وود و دومیکر چربی از دسته افزودنی های اختیاری خارج شده و جزء ضروری فرمولاسیون تلقی می گردد. اثر قوی بهبود دهندگی چربی در این گونه فرآیندها آن‌را جزء لاینفک فرمول قرار داده است. چربی مورد استفاده در این کاربردها از نوع چربی با نقطه ذوب بالاتر از دمای خمیر و به طور معمول در حدود ۳۰ درجه سانتی گراد می‌باشد. شکل ۳-۶ اثر بهبود دهندگی قابل ملاحظه افزودن چربی در فرآیندهای کوتاه تولید نان را نشان می دهد.

۳-۵-۲-۴- بهبود دهنده‌های نانوایی

بهبود دهنده‌ها موادی هستند که در آماده‌سازی خمیر و به‌منظور متعادل ساختن نوسانات کیفی آرد و به‌دست آوردن خواص کیفی مطلوب خمیر و محصول نهایی به‌کار می‌روند. تنظیم میزان و مقدار افزودن ترکیبات مختلف به خمیر، هزینه هنگفتی را در بر دارد لذا بدین منظور امروزه در کشورهای پیشرفته چندین نوع بهبود دهنده را با یکدیگر مخلوط کرده و به عنوان مواد کمکی پخت جهت عمل‌آوری و به‌دست آوردن کیفیت مطلوب نان عرضه می‌نمایند.

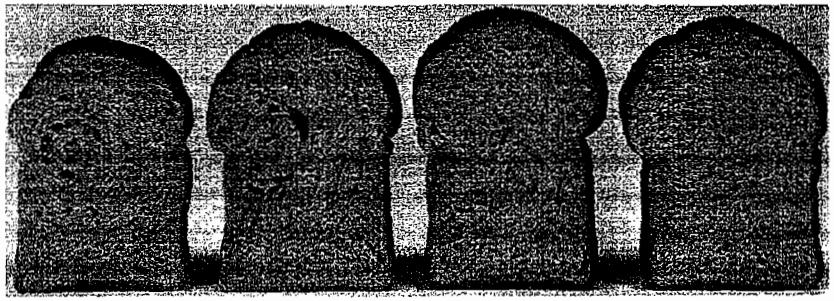
بهبود دهنده های نانوائی می‌توانند شامل مواد زیر باشند:

مواد تسریع‌کننده تولید گاز، مواد تورم‌دهنده، امولسیفایرهای طبیعی و سنتتیک، مواد ثبات‌دهنده خمیر، مکمل‌های آنزیمی، مواد اکسیدکننده و مواد نگهدارنده.

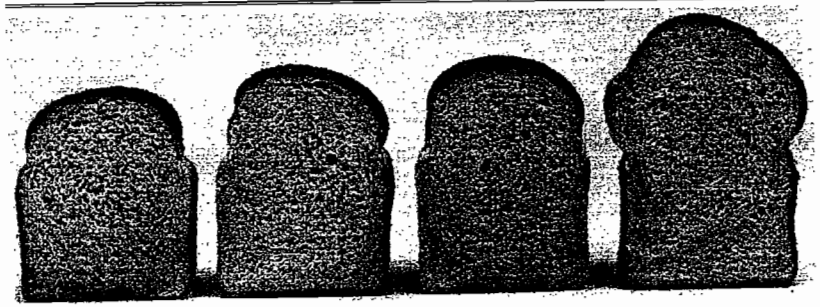
۳-۵-۲-۴-۱- نقش بهبود دهنده‌ها در تکنولوژی تولید نان

- بهبود مقاومت خمیر خمیر و قابلیت آماده‌سازی آن: این ویژگی بخصوص در عملیات ماشینی و صنعتی تولید نان حائز اهمیت است چون باعث تحمل بهتر خمیر در مقابل عملیات مکانیکی می گردد.
- تسریع در عمل تخمیر، پوکی و تولید اسید بیشتر
- بهبود الاستیسیته بافت داخلی نان و در نتیجه نرم تر شدن مغز نان
- افزایش حجم نان
- بهبود رنگ و تردی نان
- افزایش مدت زمان نگهداری و تازه‌ماندن نان

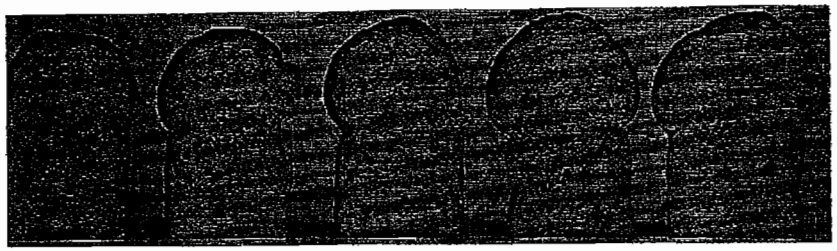
در شکل های ۳-۷ تا ۳-۱۰ تأثیر افزودن مواد کمکی پخت (امولسیفایرها، اسید آسکوربیک، آنزیمهایی از قبیل آمیلاز و همی سلولاز) نشان داده شده است.



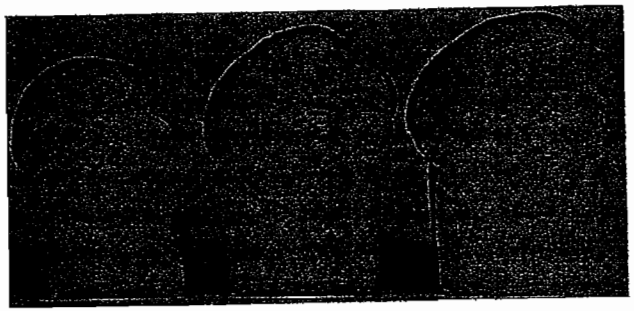
شکل ۳-۷. مقطع عرضی نان قالبی تهیه شده از (چپ به راست) به ترتیب ۰، ۰/۱، ۰/۲، و ۰/۴ درصد لستین



شکل ۳-۸ مقطع عرضی نان قالبی (چپ به راست) به ترتیب بدون مواد کمکی پخت، با امولسیفایر DATEM (دی استیل تارتار استر منوگلیسرید)، با اسید اسکوربیک و با افزودن همزمان دو ماده افزودنی فوق الذکر



شکل ۳-۹. مقطع عرضی نان قالبی (چپ به راست) به ترتیب با افزودن ۰، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ میلی گرم آمیلاز قارچی به یک کیلوگرم آرد



شکل ۳-۱۰. مقطع عرضی نان قالبی بدون افزودن آنزیم (شکل سمت چپ)، با افزودن ۴۸ میلی گرم همی سلولاز (شکل میانی) و با افزودن مخلوطی از ۴۸ میلی‌گرم همی سلولاز و ۴۸ میلی‌گرم آمیلاز قارچی (شکل سمت راست) بازاء هر کیلوگرم آرد

۳-۶- انواع فرمول نان

نان‌های مختلف را با فرمول‌های گوناگون تهیه می‌نمایند به‌طوری‌که نوع و نسبت مواد مصرفی در آن‌ها متفاوت است در نتیجه ترکیب نان‌های مختلف به نوع و نسبت مواد اولیه مورد استفاده در فرمول آنها بستگی دارد. مواد اولیه اصلی آرد، آب، مخمر و نمک و در مواردی چربی جزء لاینفک فرمول نان هستند. اما جهت کمک به ایجاد ویژگی های خاصی در نان مواد فرعی نیز اضافه می‌شوند. در مورد انواع موادی که در فرمول نان قابل استفاده هستند در بخش قبلی توضیح داده شد و در اینجا چند نمونه فرمولاسیون نان ارائه می گردد:

جدول ۳-۴. فرمول کلی نان قالب سفید

مواد اولیه	مقدار وزنی (کیلوگرم)	درصد وزنی (درصد)	درصد به ازاء آرد (درصد)
آرد	۵۵	۶۳/۳۶	**۱۰۰**
آب	۲۹	۳۳/۴۱	۵۳
مخمر	۱/۳۵	۱/۵۶	۲/۵
نمک	۰/۹۵	۱/۰۹	۱/۷
بهبود دهنده	۰/۵۵	۰/۵۸	۱/۰

جدول ۳-۵. مقایسه فرمول چند نمونه نان

مواد اولیه	نان قالبی سفید	نان رولی	باگت
آرد	۱۰۰	۱۰۰	**۱۰۰**
آب	۵۳	۵۵	۵۵
مخمر	۲/۵	۵	۲/۵
نمک	۱/۷	۱/۷	۱/۷
بهبود دهنده	۱/۰	۴/۰	۲/۵

جدول ۳-۶. مقایسه فرمول چند نمونه نان اروپایی

مواد اولیه	نان ایتالیایی	نان فرانسوی	نان Ciabatta	نان کشمش دار
آرد	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
آب	۶۰	۶۰	۶۶	۵۳
مخمر	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۰	۸/۰
نمک	۱/۷۵	۱/۵	۱/۷	۱/۷
شکر	-	۱/۵	-	۲/۰
روغن	-	۱/۵	۲/۵	-
بهبود دهنده	-	-	۱/۵	۱۵
کشمش	-	-	-	۱۰

جدول ۳-۷. مقایسه فرمول دو نمونه نان

مواد اولیه	نان همبرگری نرم Soft buns	نان کرویسانت Croissant
آرد	۱۰۰	۱۰۰
آب	۴۵	۵۵
مخمر	۸	۶
نمک	۱/۷	۱/۵
شکر	۵	۶
تخم مرغ	۱۰	۱
بهبود دهنده از نوع چربی	۱۵	-
بهبود دهنده	-	۵

۳-۷- توسعه یا گسترش خمیر[1]

یکی از مراحل مهم تولید نان، توسعه خمیر بوده و تأثیر بسزایی روی کیفیت فرآورده نهایی دارد. توسعه خمیر عبارت است از مجموعه تغییراتی که باعث شکل‌گیری شبکه گلوتنی در خمیر می‌شود. این عملیات شامل دو مرحله مخلوط کردن خمیر و مرحله بعد از مخلوط کردن یا عمل آوری یا رساندن خمیر می‌باشد که هر کدام ذیلاً توضیح داده می شود.

۳-۷-۱- مخلوط‌کردن خمیر

برای آماده‌کردن خمیر جهت پخت لازم است ابتدا تمام اجزاء آن به طور یکنواخت مخلوط شوند. در بعضی از موارد تمام اجزاء خمیر به طور همزمان مخلوط می‌شوند اما در پاره‌ای از موارد نیز مقداری از اجزاء خمیر در مرحله اول و باقیمانده در مراحل بعدی اضافه می‌شوند. برای نتیجه‌گیری بهتر بایستی ابتدا تمام اجزاء خشک بدون اضافه‌کردن آب مخلوط شوند که به این مرحله پیش مخلوط‌کردن[2] گفته می‌شود و پس از یکنواخت شدن آن‌ها آب اضافه شود. بهتر است سوسپانسیون مخمر پس از تهیه خمیر و در اواخر مرحله مخلوط‌کردن اضافه شود، در مواردی که چربی اضافه می‌گردد بهتر است این عمل پس از افزودن سوسپانسیون مخمر صورت گیرد.

در مرحله مخلوط‌کردن، گلوتن خمیر هیدراته شده و برای تشکیل شبکه گلوتنی آماده می‌گردد. سرعت و مدت زمان مخلوط‌کردن حائز اهمیت بوده و هنگامی که خمیر صاف و الاستیک بدست آید، عملیات خاتمه

[1] Dough Development
[2] Preminxing

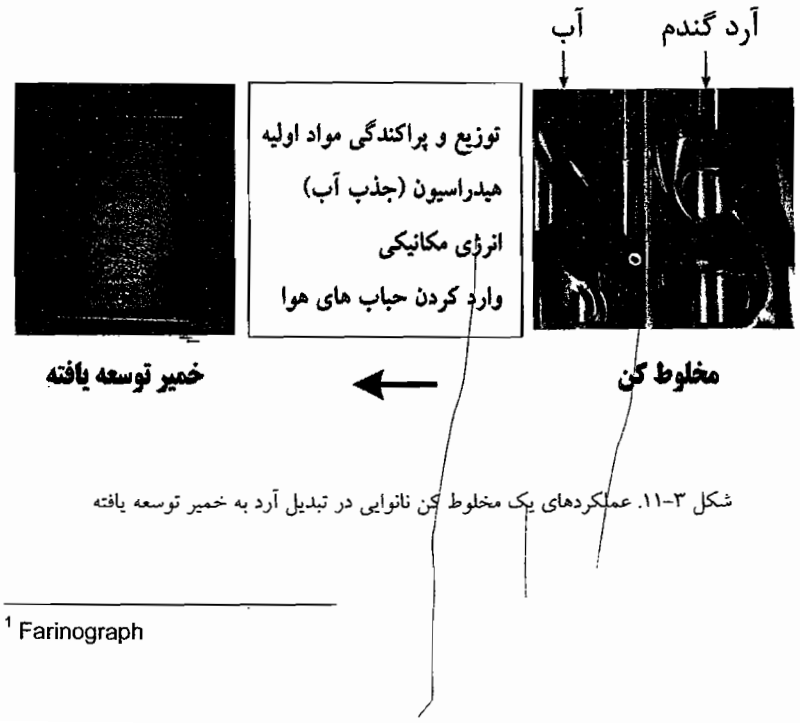
یافته است و از روی تجربه به خوبی می‌توان آن را تعیین نمود. با وجود این برای اطمینان و دقت عمل بیشتر از دستگاه فارینوگراف[1] استفاده می‌شود.

مخلوط کردن کوتاه ترین اما مهمترین مرحله در چرخه تولید نان می باشد. مخلوط کردن اساس تشکیل بافت مغز نان بوده و آنهم اساس کیفیت نان (کیفیت خوراکی و بیاتی) را تشکیل می دهد.

۳-۷-۱-۱- عملکرد یا نقش مخلوط کن نانوائی

یک مخلوط کن نانوائی عملیات ذیل را روی آرد یا خمیر انجام می دهد:

- توزیع و پراکنده ساختن مواد اولیه و یکنواخت سازی آنها
- هیدارسیون ذرات آرد
- وارد کردن انرژی یا کار مکانیکی به خمیر که به سبب آن در اثر تجمع و بهم پیوستگی توده های گلوتنی شبکه گلوتنی شکل می گیرد. اما اگر کار مکانیکی انجام گرفته بیش از حد استاندارد باشد شبکه گلوتنی تشکیل یافته مجدداً تخریب خواهد شد.
- وارد کردن حباب های هوا به خمیر که این حباب‌ها به‌عنوان هسته‌های اولیه برای تجمع گاز کربنیک حاصل از تخمیر عمل نموده و در ایجاد ساختار نرم مغز نان نقش مهمی دارند.



شکل ۳-۱۱. عملکردهای یک مخلوط کن نانوایی در تبدیل آرد به خمیر توسعه یافته

[1] Farinograph

۳-۷-۱-۲- نقش مخلوط کردن در فرآیند توسعه خمیر با نگرشی نوین بر مکانیسم‌های مؤثر در آن

هنگامی که آرد گندم و آب در مجاورت هم قرار می گیرند و کار یا انرژی مکانیکی اعمال می‌گردد خمیر شکل می گیرد. تشکیل خمیر در واقع از یک مرحله هیدراسیون یا جذب آب تشکیل یافته که به تبع آن مرحله توسعه خمیر قرار دارد. به‌طور کلی مراحل اساسی در تشکیل خمیر به شرح ذیل می باشند:

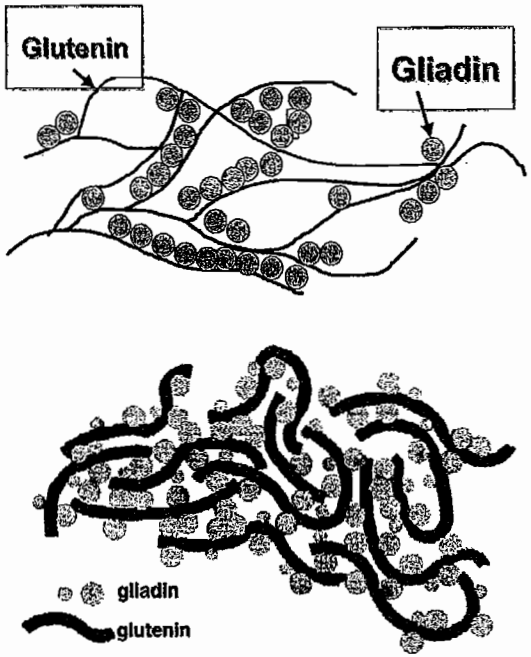
ذرات آرد به سرعت آب جذب می کنند. در اثر مرطوب شدن ذرات آرد رشته های باریک قابل رویت از جنس پروتئین تشکیل می دهند. این رشته های باریک به سرعت با یکدیگر برهم کنش داده و در اثر اتصالات عرضی با همدیگر ارتباط می‌یابند. کار مکانیکی باعث شکستن پیوندهای هیدروژنه بین ملکول‌های پروتئینی شده و در ادامه نقاطی ایجاد می گردد که باعث به‌هم پیوستن بیشتر پروتئین‌ها می‌گردد. تداوم عملیات مخلوط کردن باعث ایجاد خمیر چسبنده و ویسکوالاستیک می گردد. در این فرآیند مولکول‌های پروتئنی گلیادین و گلوتنین موجود در آرد با جذب آب از حالت پیچ خورده خارج شده و با پیوندهای جانبی به‌هم متصل می شوند و شبکه وسیعی از پروتئین ها را ایجاد کرده که به آن گلوتن می‌گویند. در واقع هدف مخلوط کردن منظم نمودن (تراز کردن) اتصالات بین گلوتنین ها می باشد (شکل ۳-۱۲).

این امر باعث ایجاد ساختاری در خمیر می گردد که می تواند حباب های هوا را بدون پاره شدن نگه‌دارد. شکستن و پیوستن مجدد پیوندها در توسعه یا گسترش خمیر نقش اساسی دارند. گروه های سولفیدریل (SH-) به صورت گروه‌های جانبی سیستئین در ملکول‌های پروتئین آرد وجود دارند، واکنش بین گروه های سولفیدریل و پیوند های دی‌سولفیدی (S-S) گردش اتصالات دی‌سولفیدی را در خمیر میسر می کند که یکی از نتایج این تغییر و تحولات این است که خمیر قادر به تحمل و توزیع تنش‌های حاصل از عمل مخلوط کردن می‌شود. در نتیجه مجموعه این تغییرات شبکه گلوتن در خمیر را بوجود آورده و خمیر الاستیسیته و قابلیت اتساع لازم را بدست می آورد. توسعه شبکه گلوتن در شکل گیری خمیر اهمیت زیادی داشته و سبب ایجاد شبکه سه بعدی به عنوان چارچوب خمیر شده که گرانول های نشاسته در آن قرار می گیرند. قابلیت نگهداری گاز در طی پخت ایجاد شده، به طوری که می توان گفت نان در اصل گلوتن پف کرده می باشد.

۳-۷-۱-۳- شناخت مرحله مخلوط کردن خمیر نان

همانطور که قبلاً نیز ذکر گردید خمیر نان با ترکیب و مخلوط کردن آب و آرد و با اعمال انرژی یا کار مکانیکی طی مرحله مخلوط کردن تهیه می شود که این مرحله نقش مهمی در کیفیت نان دارد. در مخلوط کردن خمیر عملیات توزیع و پراکنده کردن اجزاء خمیر، هیدراسیون ذرات آرد، اعمال انرژی مکانیکی و وارد کردن حبابهای هوا به خمیر (هوادهی مکانیکی) مستتر می باشند که در نهایت منجر به تشکیل شبکه گلوتنی ویسکوالاستیک با قابلیت نگهداری گاز حاصل از تخمیر در خمیر می گردند.

در منابع علمی آمده است که توسعه شبکه گلوتنی و ایجاد ساختار محصول نهایی در نتیجه کار مکانیکی انجام شده در جریان مخلوط کردن رخ می‌دهد. در دستگاههای کلاسیک و متداولی مانند فارینوگراف و میکسوگراف که عملیات مخلوط کردن خمیر را انجام داده و نتایج آنرا بطور دقیق ثبت می‌نمایند توزیع مواد اولیه همراه با اِعمال انرژی صورت گرفته و افزودن آب باعث تورم پروتئین ها می شود.



شکل ۳-۱۲. نحوه آرایش ملکلول‌های پروتئینی گلوتنین و گلیادین خمیر در اثر مخلوط کردن. گلوتنین ها با ارائه ساختار طولی مسئول خواص الاستیک خمیر و گلیادین ها با ارائه ساختار بین ملکولی عرضی مسئول خواص ویسکوز خمیر به شمار می روند.

از آنجائی که اجزاء مرحله مخلوط کردن خمیر بطور همزمان عمل می‌نمایند این امر فرآیند مخلوط کردن خمیر را پیچیده کرده و شناخت مکانیسم عملیات ونحوه اثرآن در تشکیل بافت نهایی در خمیر را با دشواری همراه می سازد.

در واقع بسیاری از میکسرهای نانوایی طوری طراحی شده اند که هدف آنها همگن کردن مواد اولیه و ایجاد فرصت برای هیدراته شدن یا جذب بهینه آب توسط ذرات آرد می باشد. در خلال این امر کار مکانیکی (نیروهای برشی و کششی) که توسط مخلوط کن به خمیر وارد می شود در جهت تشکیل شبکه گلوتنی عمل می کند. عده ای از محققین بر این باورند که نیروهای مکانیکی اعمال شده در جریان مخلوط کردن در راستای تشکیل بافت خمیر پیش می رود و برعکس عده ای دیگر معتقند که این نیروها در جهت تخریب ساختار گلوتنی عمل می نمایند.

مطالعات انجام گرفته در اکثر منابع علمی روی شاخص هایی چون نوع مخلوط کن، اندازه مخلوط‌کن، زمان مخلوط کردن، انرژی مخلوط کردن، سرعت میکسر، دمای خمیر و شرایط دیگر تمرکز داشته اند و تحقیقات سیتماتیک برای شناخت بهتر عملیات مخلوط کردن با بررسی اثر تک تک عوامل موثر در مرحله مخلوط کردن انجام نگرفته یا تعداد آنها بسیار محدود می باشند. در این میان می‌توان به پژوهش های انجام گرفته توسط مولف کتاب و همکاران اشاره کرد که در راستای تفکیک شاخص‌های مکانیکی موثر در مخلوط کردن خمیر با مطالعه اثرات نیروهای برشی و کششی مطالعات خود را انجام داده اند. در این مطالعات فاز مکانیکی مرحله مخلوط کردن و نوع نیروهای اعمال شده و نقش آنها روی خواص فیزیکوشیمیایی آرد و خمیر، خواص رئولوژیکی و ریز ساختار خمیر مورد مطالعه قرارگرفته است.

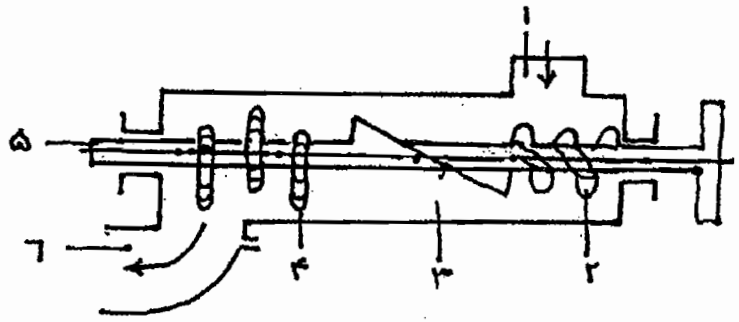
۳-۷-۱-۴- انواع میکسرهای نانوایی

صرفنظر از نوع دستگاه، میکسرها با توجه به سرعت چرخش تیغه‌های مخلوط‌کن و توان الکتروموتور به دو گروه میکسرهای **دورتند** و میکسرهای **دورکند** تقسیم می‌شوند. در انواع دورتند با توجه به توان میکسر، زمان مخلوط کردن بهینه برای تهیه خمیر با خواص مطلوب بین ۸ الی ۱۲ دقیقه و در مواردی که الکتروموتور توان بالایی دارد این زمان حتی به زیر ۸ دقیقه تقلیل می‌یابد درحالی‌که در مخلوط کن‌های دورکند مدت زمان بهینه مخلوط کردن بین ۲۰ تا ۳۰ دقیقه می‌باشد.

در تقسیم‌بندی دیگر میکسرهای نانوایی به دو گروه میکسرهای **پیوسته و غیرپیوسته** تقسیم می‌شوند. اکثر واحدهای نانوایی حتی در واحدهای صنعتی کارخانه‌ای از میکسرهای غیرپیوسته استفاده می‌نمایند چون کنترل پارامترهای مخلوط کردن و نسبت آرد به آب در آن‌ها بسهولت انجام می پذیرد. با پارالل کردن چند میکسر غیرپیوسته می‌توان عملیات تولید خمیر برای تغذیه دستگاه‌های پیوسته را بطور بدون وقفه و هماهنگ انجام داد.

روش مخلوط کردن پیوسته نیاز به دانش و تخصص بیشتری دارد زیرا امکان هرگونه اصلاح در طول مخلوط کردن سلب می گردد. در این روش مواد اولیه بدون وقفه توسط دستگاه‌های دوزسنج بطور خودکار وارد محفظه مخلوط‌کن شده و عملیات مخلوط شدن و انتقال خمیر حاصله به بخش‌های بعدی بطور پیوسته و بدون وقفه ادامه می یابد. مواد اولیه خمیر مانند مخمر نانوایی، نمک طعام، چربی و مواد کمکی پخت بصورت مایع آماده شده و یا در آب حل می شوند و توسط دستگاه‌های اتوماتیک و یا پیمانه شده وارد دستگاه مخلوط‌کن می شوند. کنترل مواد در این روش باید بطور مستمر صورت گیرد تا کیفیت محصول یکنواخت گردد. درصورت تغییر فرمول و یا بازدهی خمیر، دستگاه‌های فوق باید مجدداً تنظیم گردند. ظرفیت تولید خمیر در این نوع میکسرها در مقایسه با انواع غیرپیوسته بسیار زیاد می باشد.

شکل ۳-۱۳ تصویر شماتیک یک میکسر پیوسته را نشان می دهد.



شکل ۳-۱۳. دستگاه مخلوط‌کن پیوسته خمیر

۱) ورود مواد اولیه، ۲) المانهای مخلوط کردن حلزونی، ۳) قاشقک، ۴) المانهای دیسکی،۵) شفت یا محور مخلوط کن، ۶) خروجی خمیر

مخلوط‌کن‌های غیرپیوسته

طرح‌های بسیار متنوعی از این نوع مخلوط‌کن‌ها در بازار وجود دارند که ذیلاً و در شکل ۳-۱۴ به متداول‌ترین آنها اشاره می‌شود:

۱- مخلوط کن پروانه ای با تغار ثابت (شکل ۳-۱۴ A)

اولین طرح مخلوط کن نانوایی می باشد که از چوب ساخته شد که پروانه آن در وسط تغار قرار داشت و به دور محوری می چرخید. بعدها تغار و پروانه به فلز تبدیل شد. مخلوطکن پروانه ای با تغار ثابت بیشتر برای میرهای سنگین بکار می رود زیرا قدرت مخلوطکردن و زدن آنها بسیار زیاد و قوی می باشد.

۲- مخلوط‌کن دوبازوئی افقی با تغار ثابت (شکل ۳-۱۴ B)

این مخلوط‌کن امروزه برای خمیرهای سنگین (نسبت آب به آرد در آنها کم است) به‌کار می‌رود. بازده مخلوط‌کن دوبازویی بسیار زیاد می باشد. این نوع مخلوط‌کن از دو بازوی افقی که در جهت خلاف یکدیگر و عموماً با سرعت غیرمساوی حرکت کرده و خمیر را مخلوط می‌نمایند، تشکیل شده است.

۳- مخلوط‌کن یک بازوئی با حرکت بیضی شکل و تغار چرخان (شکل ۳-۱۴ C)

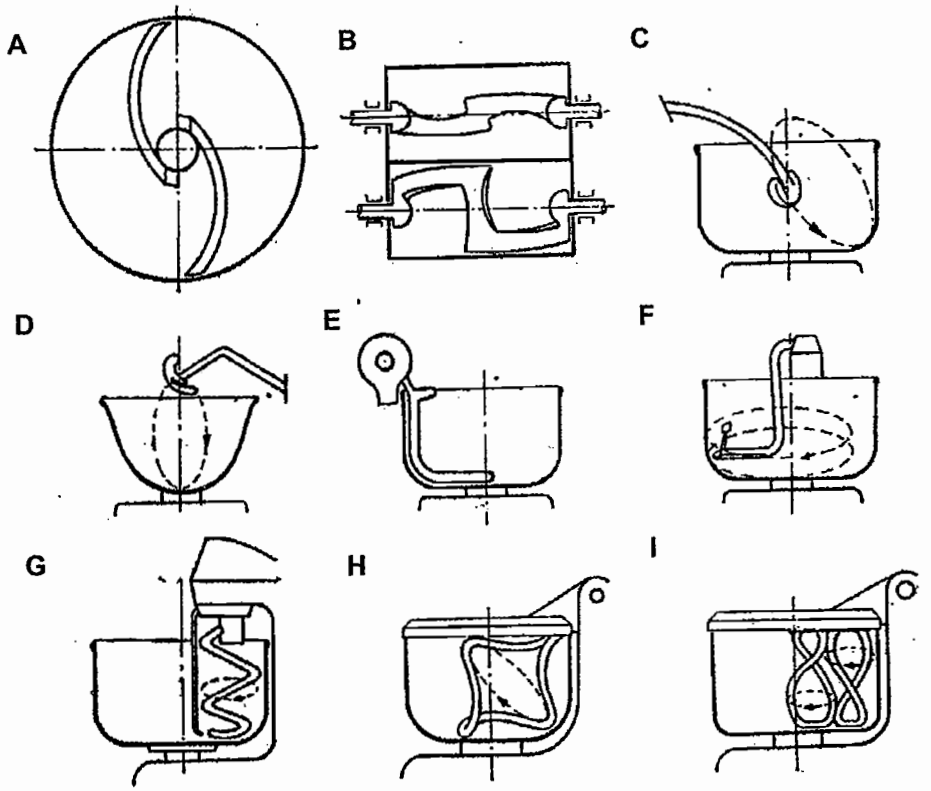
در این نوع مخلوط‌کن حرکت بازوی مخلوط‌کن بیضی شکل بوده و ابتدا بازو از بالا به وسط تغار حرکت کرده و به خمیر فشار وارد نموده و آنرا به قسمت تحتانی تغار برده و سپس به دیواره آن کوبانده و مجدداً خمیر را بالا می آرود و این عمل را تکرار می کند. در ضمن تغار نیز به دور خود می‌چرخد. این نوع مخلوط‌کن از نظر قدرت و بازده در سطح بسیار بالایی بوده و برای تهیه خمیرهای زیاد و سنگین مناسب است.

۴- مخلوط‌کن یک بازوئی با حرکت چرخشی (دایره‌ای) و تغار دوار (شکل ۳-۱۴ D)

این مخلوط‌کن یکی از میکسرهای متداول در تهیه خمیر نان می باشد. بازوی این مخلوط‌کن خمیر را به‌صورت دایره وار بالا آورده و آن‌را به دیوار مخلوط‌کن کوبانده و باعث اختلاط خمیر می شود. تغار در جهت مخالف بازو می چرخد. این نوع میکسر بیشتر برای تهیه خمیر آرد گندم مناسب است و حتی در تهیه خمیر آرد چاودار نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۵- مخلوط‌کن یک بازوئی ثابت با تغار دوار (شکل ۳-۱۴ E)

بازوی این مخلوط‌کن ثابت بوده و تغار آن به دور محور مرکزی می چرخد. زمانی که خمیر در آن قرار می گیرد از طریق چرخش تغار و با برخورد به بازوی ثابت مخلوط می شود.



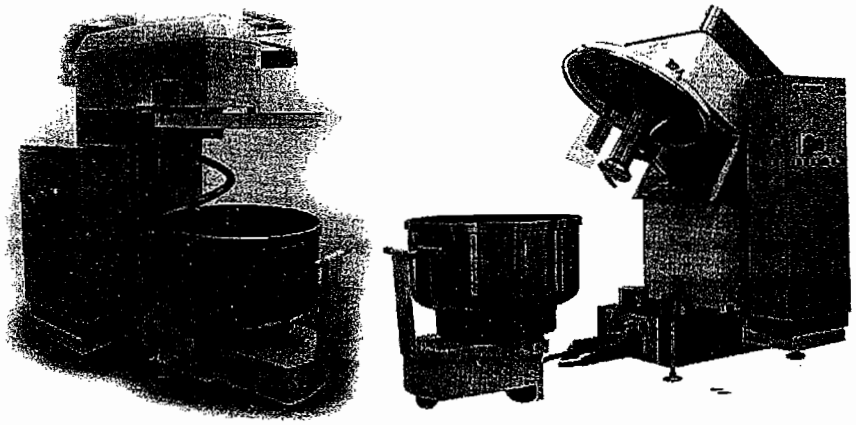
شکل ۳-۱۴. طرح‌های مختلف دستگاه مخلوط‌کن غیرپیوسته خمیر

۶- مخلوط‌کن یک بازوئی با حرکت دایره ای و تغار چرخان (شکل ۳-۱۴ F)

این میکسر از نوع دور تند بوده و در اثر ضربه های بازوی مخلوط‌کن به خمیر باعث خوب مخلوط شدن خمیر می شود. بازوی مخلوط‌کن به شکل حرف S می‌باشد. برای خمیرهای کم و در سطح کوچک مناسب است و می تواند در صنایع کیک و شیرینی تر مورد استفاده قرار گیرد.

۷- مخلوط‌کن مارپیچی با تغار چرخان (شکل ۳-۱۴ G)

این نوع مخلوط‌کن امروزه یکی از متداول‌ترین مخلوط‌کن‌های غیرپیوسته نانوایی محسوب می‌شود. مارپیچ مخلوط‌کن به دور محور خود چرخیده و همزمان با آن تغار نیز به‌گردش در می‌آید. در اثر این دو چرخش، خمیر به‌خوبی مخلوط شده و زده می‌شود. مسیر حرکت بازوی مارپیچی می‌تواند در اثر تنظیم جریان برق در جهت مخالف حرکت کند (زیرا هریک از آنها با الکتروموتور جداگانه‌ای تغذیه می شوند). انواع دوبازوئی این نوع مخلوط‌کن نیز وجود دارد که عملیات مخلوط‌کردن را با قدرت و شدت بیشتری انجام می‌دهد. حرکت بازوی مخلوط‌کن قابل تنظیم بوده که بسته به نوع آن قادر به اختلاط خمیر در مدت زمان ۵ تا ۱۰ دقیقه می باشد. شکل ۳-۱۵ مخلوط‌کن مارپیچی تک بازو و دوبازو را نشان می‌دهد.



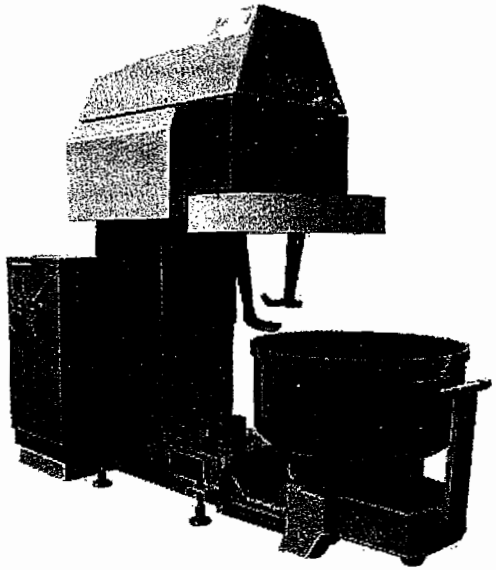
شکل ۳-۱۵. دو نمونه از طرح های مخلوط‌کن نانوائی با بازوی مارپیچی

۸- مخلوط‌کن یک بازوئی دوکی شکل با تغار چرخان (شکل ۳-۱۴ H)

بازوی این نوع مخلوط‌کن همانطور که از نامش پیداست دوکی شکل بوده و به‌علت شکل خاص خود عملیات مخلوط کردن را با شدت بیشتری انجام داده و زمان مخلوط‌کردن کاهش می‌یابد. همزمان با مخلوط شدن خمیر تغار نیز چرخیده و به یکنواخت سازی عمل اختلاط کمک می کند.

۹- مخلوط‌کن دوبازوئی عمودی با تغار چرخان (شکل ۳-۱۴ I)

این میکسر دارای دو بازوی عمودی با تغار چرخان بوده و با دور سریع می چرخد. در نتیجه در مدت زمان کوتاهی خمیر را مخلوط نموده و آماده می نماید. خلل و فرج و پوکی نان حاصل در چنین مخلوط‌کنی در سطح خوبی قرار دارد. نمونه‌ای از این نوع مخلوط‌کن در شکل ۳-۱۶ نیز دیده می‌شود.



شکل ۳-۱۶. مخلوط‌کن نانوائی با دو بازوی عمودی

۱۰- مخلوط‌کن سیاره‌ای

این مخلوط‌کن دارای یک بازوی عمودی بوده که به دلیل نوع حرکت خود که شبیه سیاره به دور محوری می چرخد به این نام موسوم گشته است. همزمان با گردش محیطی، بازو به دور خود نیز می چرخد و در نتیجه عملیات مخلوط شدن خمیر بخوبی صورت می‌گیرد. سرعت چرخش بازو در این نوع مخلوط‌کن قابل تنظیم است. در اغلب موارد تغار در این سیستم ثابت باقی می ماند.

در تقسیم بندی دیگری میکسرهای نانوایی را به‌شرح ذیل تقسیم نموده اند:

۱- میکسرهای آرتوفکس (artofex)

۲- میکسرهای چنگالی (fork mixers)

۳- میکسرهای مارپیچی (spiral mixers)

۴- میکسرهای افقی (horizontal mixers)

۵- میکسرهای دورتند (high speed mixers)

۶- میکسرهای فشار- خلاء (pressure-vacuum mixers)

۳-۷-۱-۵- مدت زمان بهینه مخلوط کردن

در عمل یافتن زمان بهینه مخلوط کردن خمیر کاری دشوار است. این زمان از یک مخلوط‌کن به مخلوط‌کن دیگر و از یک فرمول به فرمول دیگر و با تغییر آرد مصرفی تغییر می‌نماید. به‌طور کلاسیک با استفاده از مخلوط‌کن دستگاه فارینوگراف می‌توان در آزمایشگاه زمان بهینه مخلوط کردن یک نوع آرد را معین نمود. طرح مخلوط‌کن های نانوایی در عمل با دستگاه آزمایشگاهی فارینوگراف متفاوت است. لذا زمان بهینه مخلوط کردن با روش حدس و خطا و با توجه به تجربه اپراتور دستگاه معلوم می گردد.

جدول زیر بطور خلاصه عوامل تأثیرگذار بر زمان بهینه مخلوط کردن خمیر را بیان می نماید:

جدول ۳-۸ عوامل تأثیرگذار بر زمان بهینه مخلوط کردن خمیر

عوامل تأثیر گذار بر زمان بهینه مخلوط‌کردن	کاهش زمان مخلوط کردن	افزایش زمان مخلوط کردن
آماده کردن آرد	الک کردن و مخلوط کردن اولیه	آرد الک نشده و کلوخه
کیفیت آرد	آرد دارای گلوتن کم (ضعیف)	آرد دارای گلوتن زیاد (قوی)
درجه استخراج	آردهای روشن (سبوس کم)	آردهای تیره (سبوس زیاد)
زبری و نرمی آرد	آرد نرم (اندازه ذرات ریز)	آرد زبر (اندازه ذرات درشت)
دمای مواد اولیه	دمای بالاتر از ۲۸ درجه	دمای کمتر از ۲۴ درجه
روش تهیه خمیر	روش غیر مستقیم (دو مرحله)	روش مستقیم (یک مرحله)
دور مخلوط‌کن	دور زیاد (حداقل ۵۰ rpm)	دور کم (حد اقل ۲۵ rpm)
مواد افزودنی خمیر	مصرف تعداد زیاد افزودنی ها	مصرف تعداد کم افزودنی ها
زمان افزودن مواد	اضافه کردن سریع مواد افزودنی	اضافه کردن تدریجی افزودنی ها
سفتی و شلی خمیر	خمیر سفت	خمیر شل
سیستم مکانیکی	مخلوط کن پرقدرت (توان بالا)	مخلوط کن کم قدرت (توان پائین)

۳-۷-۱-۶- بازدهی خمیر

مقدار خمیر با قوام مطلوب حاصل از ۱۰۰ کیلوگرم آرد بازدهی خمیر نامیده می شود. در قسمت‌های قبلی نحوه محاسبه بازدهی خمیر ذکر گردید.

عوامل مؤثر در بازدهی خمیر:

- نوع آرد ، نگهداری آرد (کهنگی یا تازگی)، رطوبت آرد، اندازه ذرات آرد (زبری و نرمی)، درجه استخراج آرد (میزان سبوس)
- روش مخلوط کردن خمیر (تند یا کند زدن خمیر)
- نوع آب مصرفی (درجه نرمی و سختی)
- استفاده از خمیر ترش
- بکاربردن سایر افزودنی ها (شیر، تخم مرغ، مواد بهبود دهنده)

موارد زیر باعث **افزایش** بازدهی خمیر می شوند:

- نگهداری آرد جای خشک و خنک (استفاده از آرد کهنه)
- استفاده از آرد با ذرات ریز
- استفاده از آرد با کیفیت نانوایی مطلوب
- استفاده از آرد با درجه استخراج بالا
- الک کردن آرد
- استفاده از مخلوط کن دور تند
- استفاده از آب سخت (در حد نرمال) ۱۵۰-۱۵۵
- افزایش مقدار نمک در فرمول خمیر (تا حد معقول)
- استفاده از مواد بهبود دهنده

۳-۷-۲- مرحله رساندن یا عمل آوری خمیر

مرحله دوم در آماده‌سازی خمیر، عمل‌آوردن یا رساندن خمیر می‌باشد. در طی این مرحله شبکه گلوتنی در خمیر تشکیل شده و الاستیسیته و قابلیت اتساع لازم را به‌دست می‌آورد که برای نگهداری گازهای تولید شده در فرآیند تخمیر ضروری است.

روش‌های متداولی که برای عمل‌آوری خمیر مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

۳-۷-۲-۱- عمل‌آوردن خمیر با استفاده از تخمیر: در این روش از مخمرنانوایی استفاده شده و تغییرات فیزیکی و شیمیایی مورد نظر برای عمل‌آوردن خمیر در آن ایجاد می‌گردد. عمل تخمیر در این حالت به یکی از سه روش زیر ممکن است انجام گیرد:

الف- با استفاده از سوش‌های خالص مخمرنانوایی[1]

ب- با استفاده از خمیرترش (خمیر مانده از روزهای قبل و یا حتی خمیر ظروف در حال تخمیر)

ج- تخمیر به کمک میکروارگانیسم‌های طبیعی موجود در آرد، بدیهی است که در این نوع تخمیر کنترل عمل تخمیر میسر نبوده و به مدت زمان بسیار طولانی نیاز دارد.

مزایای عمل‌آوری خمیر با استفاده از تخمیر به کمک مخمرها:

- در اثر عمل تخمیر قندهای موجود در خمیر تبدیل به گاز کربنیک و الکل می‌شوند و همزمان مواد لازم برای عطر و طعم توسط مخمرها سنتز می‌شود.
- تغییرات آنزیماتیکی حاصل از فعالیت مخمرها به بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خمیر کمک نموده و محصول تولید شده نهایی را قابل گوارش و سهل الهضم می‌سازد.
- در اثر سنتز برخی از آنزیم‌های خاص توسط مخمرها در جریان فرآیند تخمیر، موادی که مانع جذب مواد مغذی و املاح به خصوص کلسیم و آهن در دستگاه گوارش می‌شوند، تجزیه شده و فعالیت آن‌ها خنثی می‌شود. نمونه‌ای از این مواد که تحت عنوان بازدارنده[2] می‌باشند، اسید فیتیک و نمک‌های آن می‌باشد که باجذب عناصری چون کلسیم و آهن، آن‌ها را از دسترس بدن خارج می‌سازد. این ماده (اسید فیتیک) در اثر آنزیم فیتاز که توسط مخمرها سنتز می‌شود، تجزیه شده و از بین می‌رود.

در روش عمل‌آوری خمیر با استفاده از تخمیر معمولاً به دو روش عمل می‌شود:

۳-۷-۲-۱-۱- تخمیر مایع[3] یا روش «اسفنج و خمیر»[4] یا روش دومرحله‌ای تهیه خمیر

این روش قدیمی‌ترین روش تهیه خمیر با مخمر نانوایی می باشد. در این روش توسعه آروما و عطر و طعم در نان بخوبی صورت گرفته و نان حاصل قابلیت خوراکی و هضم بسیار مطلوبی داشته و بالاخص دیرتر بیات خواهد شد. برای این منظور دو نوع خمیر بنام خمیر اولیه (Sponge) و خمیر اصلی (Dough) تهیه می شود. ابتدا تمامی آب مورد نیاز را با قسمتی از آرد و کل مخمر و سایر مواد اولیه مخلوط می‌کنند تا یک خمیر شل (Sponge) حاصل شود. خمیر حاصله بسته به شرایط مختلف بین ۲ تا ۱۲ ساعت تخمیر می‌شود. عمل تخمیر در درجه حرارت حدود ۲۷ - ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵٪ انجام می‌شود. طی این عمل مقداری گاز کربنیک و الکل (حدود ۳/۳ درصد وزن آرد) از قندهای قابل تخمیر ایجاد می‌شود

[1] Saccharomyces cerevisiae
[2] Inhibitor
[3] Bulk Fermentation
[4] Sponge-and-Dough

که موجب تخلخل خمیر می‌گردد. این عمل به کمک آنزیم‌های حاصل از مخمرها صورت می‌گیرد مقداری از گاز کربنیک حاصل از تخمیر از خمیر خارج می‌شود اما قسمت اعظم آن در بافت‌های شبکه گلوتنی توزیع می‌شود. الکل حاصل نیز در طی عمل پخت همراه بخارآب تبخیر می‌شود و فقط ممکن است مقدار ناچیزی (حدود ۰/۳ درصد) در نان تازه باقی بماند. الکل تولید شده در طی عمل تخمیر به حفظ حالت کلوئیدی خمیر کمک می‌کند.

در جریان تخمیر علاوه بر مواد فوق، مقادیری اسید و استر نیز توسط مخمرها سنتز می‌شود. اسیدلاکتیک و اسید استیک ایجاد شده در این مرحله روی لاستیسیته خمیر و گلوتن اثر مثبتی داشته و در آرومای نان مؤثر هستند. از طرفی اسیدها با تغییر pH و قدرت یونی محیط روی فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارند که به سبب آن ویژگی های خمیر و نان بهبود می یابد.

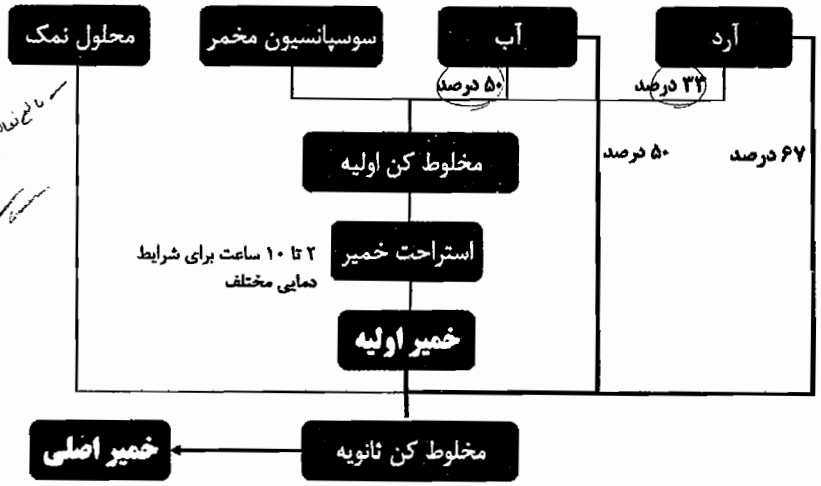
پس از عمل‌آمدن و تخمیر خمیر شل اولیه ، بقیه آرد را اضافه می‌کنند تا خمیر اصلی تهیه گردد. عمل تخمیر نهایی در این خمیر در مقایسه با خمیر اولیه بسیار کوتاه خواهد بود.

جدول ۳-۹ اثر مدت زمان تخمیر را با توجه به درصد آرد در خمیر اولیه، مقدار مخمر و دمای تخمیر و بازدهی خمیر در روش دومرحله ای نشان می دهد.

جدول ۳-۹. زمان تخمیر، درصد آرد، درصد مخمر، دمای تخمیر و بازدهی خمیر در تهیه خمیر اولیه یا اسفنج

زمان تخمیر (ساعت)	درصد آرد اولیه (نسبت به مجموع)	درصد مخمر (نسبت به کل آرد)	دمای خمیر اولیه (درجه سانتی گراد)	بازدهی خمیر (درصد)
۲-۱	۵۰	۲	۳۰	۱۶۰
۴-۳	۴۰	۱/۷۵	۲۸	۱۵۵
۶-۵	۳۳	۱/۵	۲۷	۱۵۵
۸-۷	۲۵	۱/۲۵	۲۶	۱۵۲
۱۰-۹	۲۰	۱	۲۵	۱۵۰

شکل ۳-۱۷. دیاگرام عملیات تهیه خمیر با روش دو مرحله ای را نشان می دهد.



شکل ۳-۱۷. دیاگرام عملیات تهیه خمیر با روش دو مرحله ای

۳-۷-۲-۱-۱-۱- مزایا و معایب روش دو مرحله ای تهیه خمیر

مزایا:

- آماده شدن سریع خمیر اصلی به علت تهیه قبلی خمیر اولیه
- صرفه جویی در مصرف مقدار مخمر
- به تأخیر افتادن بیاتی نان به‌دلیل اثر تخمیر اولیه روی نشاسته
- ایجاد عطر و طعم بسیار مطلوب در نان
- بهبود حجم نان و ایجاد خلل و فرج ریز در نان

معایب:

- کاهش وزن خمیر در طی تخمیر (همان‌طور که در جدول ۳-۹ بازدهی خمیر کاهش نشان می‌دهد)
- اضافه شدن حجم کار
- نیاز به فضا و نیروی انسانی بیشتر

روش غیرمستقیم یا روش دو مرحله ای تهیه خمیر از قدیمی ترین روش‌های عمل آوری خمیر می‌باشد. در نقطه مقابل روش مستقیم یا تک مرحله‌ای، روشی نوین و متکی بر کار مکانیکی ماشین‌آلات فرآورش خمیر می‌باشد که در زمان کوتاه‌تری به محصول نهایی تبدیل می‌گردد. سابقاً در حدود ۴۰ درصد از واحدهای تولید نان در کشورهای پیشرفته خمیر را به صورت غیر مستقیم یا دومرحله‌ای تهیه می کردند. اما

با پیشرفت تکنولوژی و با ابداع میکسرهای دورتند و استفاده از طیف گسترده ای از مواد بهبود دهنده پخت نان و نیاز به تولید در زمان کوتاه‌تر برای صرفه اقتصادی بیشتر، استفاده از روش تک‌مرحله‌ای جایگزین روش دومرحله‌ای گردید. در این راه نانوا بسیاری از مزایای تخمیر دو مرحله نظیر بهبود خواص ارگانولپتیک، بهبود الاستیسیته و ایجاد خلل و فرج ریز در بافت داخلی نان، طولانی شدن زمان ماندگاری و به تعویق افتادن بیاتی نان و در نتیجه کاهش ضایعات نان را از دست می دهد. اما در عوض پروسه تولید کوتاهتر، ساده‌تر و اقتصادی‌تر می گردد.

۳-۷-۲-۱-۲- روش مستقیم[1] یا یک‌مرحله ای تهیه خمیر یا تخمیر کلی[2]

تهیه خمیر با روش یک‌مرحله‌ای روش نسبتاً جدیدی است که در آن تمام اجزاء تشکیل دهنده خمیر یک جا و با هم مخلوط شده و برای مدت معینی به حال خود باقی می‌ماند تا مرحله تخمیر سپری شود. زمان تخمیر تابع عوامل گوناگونی (درجه حرارت، مقدار مخمر، قوام خمیر و روش تهیه خمیر و ...) بوده و نمی‌توان رقم مشخصی برای آن ارائه نمود. به طور تجربی برای آگاهی از پایان تخمیر، با انگشتان دست به خمیر فشار مختصری وارد می‌کنند چنانچه جای انگشتان به ملایمت برطرف شد خمیر برای پخت آماده است.

در این روش مخمر فرصت کافی برای آداپته شدن با محیط و قدرت جذب آب را نداشته و عمل تخمیر به خوبی صورت نخواهد گرفت لذا بهتر است مخمر را به طور جداگانه در آب ولرم خیس کرده و بعد از شروع فعالیت همراه آب به خمیر اضافه کرد. از طرفی اگر تمامی اجزاء خمیر یکجا با هم مخلوط شوند مخمرها طی رشد و نمو و فعالیت خود با سنتز آنزیم‌های آمیلولیتیک روی ترکیبات نشاسته‌ای اثر کرده و باعث تضعیف آن‌ها خواهند شد. روش دومرحله ای تهیه خمیر که قبلاً ذکر گردید معایب فوق را ندارد. در روش دومرحله ای آردی که در مرحله دوم اضافه می‌شود دور از تغییرات نامطلوب قرار گرفته و شبکه گلوتنی سالمی خواهد داشت. از طرفی خمیر نهایی فاقد هرگونه مواد زاید (مانند اسیدهای آلی و ...) خواهد بود لذا خمیری که بدین ترتیب حاصل می‌شود کاملاً تعدیل می‌شود.

جدول ۳-۱۰ اثر مدت زمان تخمیر را با توجه به مقدار مخمر و دمای تخمیر و نیز بازدهی خمیر را در روش تک مرحله‌ای نشان می دهد.

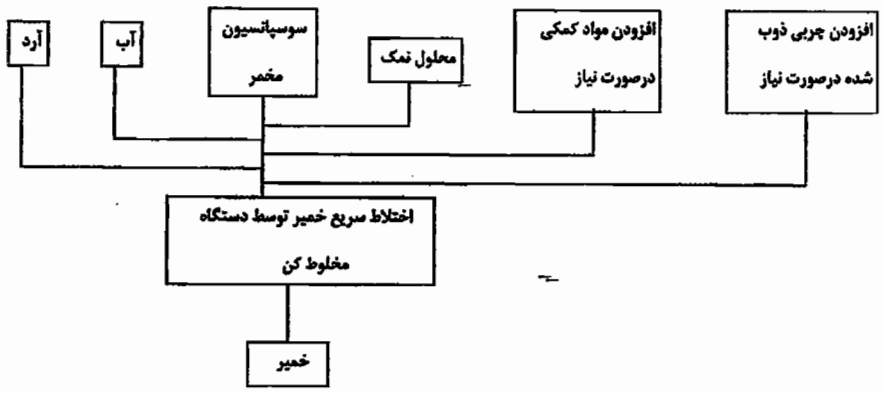
زمان تخمیر با توجه به شرایط مطلوب تخمیر نباید طولانی شود زیرا همان‌گونه که از جدول فوق مشاهده می‌شود با طولانی شدن آن بازدهی خمیر کاهش یافته و از طرفی تجزیه پروتئین‌ها با پیشرفت واکنش‌های پروتئولیز توسط میکروارگانیسم‌ها شدت پیدا کرده و آنزیم‌ها به‌شدت به فعالیت پرداخته و کاهش وزن خمیر افزایش می یابد. البته باید اضافه نمود که با طولانی شدن زمان تخمیر نان حاصل از عطر و طعم بهتری برخوردار خواهد شد.

[1] Straight dough
[2] Liquid Fermentation

جدول ۳-۱۰. تغییرات زمان تخمیر، درصد مخمر، دمای تخمیر و بازدهی خمیر در تهیه خمیر با روش تک‌مرحله‌ای

زمان تخمیر (ساعت)	درصد مخمر (۱۰۰ کیلوگرم آرد)	دمای خمیر اولیه (درجه سانتی گراد)	بازدهی خمیر (درصد)
۳ – ۱	۴ – ۳	۳۰ – ۲۸	۱۶۰
۴ – ۳	۳ – ۲	۲۸ – ۲۶	۱۵۵
۶ – ۵	۲ – ۱	۲۶ – ۲۴	۱۵۵
۸ – ۷	۱ – ۰/۵	۲۳ – ۲۲	۱۵۰

نمودار نحوه تهیه خمیر با روش یک مرحله ای در شکل ۳-۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۸. تهیه خمیر به‌روش تک مرحله‌ای

۳-۷-۲-۱-۲-۱- مزایا و معایب روش تک‌مرحله‌ای

مزایا:

- صرفه جویی در زمان، نیروی انسانی، فضا و تجهیزات

- سهولت تهیه
- کاهش تأثیر عوامل خارجی روی خمیر (به علت کوتاه بودن زمان تخمیر) وافزایش ضریب اطمینان تولید و نتیجتاً کاهش عیوب نان

معایب:

- عطر و طعم ضعیف در نان
- افزایش مصرف مخمر
- لزوم افزودن مواد کمکی حاوی آنزیم (بهبود دهنده‌ها) و اجبار در مصرف آردهای قوی
- گرفتن طعم و بوی بیشتر مخمر در نان حاصله

فریدی تحقیقات گسترده‌ای در زمینه نان‌های مسطح ایران انجام داده است که در کتاب خود زمان‌های مراحل مختلف تهیه خمیر با دو روش تهیه خمیر تک مرحله‌ای و دو مرحله ای را به‌شرح جدول ذیل با هم مقایسه نموده است:

جدول ۳-۱۱. مقایسه زمان‌های مراحل مختلف تهیه خمیر در روش دو مرحله ای و یک مرحله‌ای

روش تهیه خمیر	زمان در روش دومرحله‌ای (دقیقه)	زمان در روش یک مرحله‌ای (دقیقه)
مراحل تولید		
توزین و آماده سازی مواد اولیه	۲۰	۲۰
اختلاط خمیر اولیه	۱۰	۲۰
تخمیر اولیه	۲۱۰	۸۰
اختلاط خمیر ثانویه	۱۰	-
زمان استراحت خمیر اصلی	۱۰	-
شکل دادن	۲۵	۵۰
تخمیر نهایی	۶۰	۶۰
پخت	۲۰	۳۵
سرد کردن	۵۵	۵۵
بریدن و بسته بندی	۶۰	۴۰
زمان کل	۸ ساعت	۶ ساعت

معمولاً در جریان عمل‌آوری خمیر، عملیات مکانیکی ویژه‌ای روی آن انجام می‌دهند که به مشت زدن[1] موسوم است. این عملیات چندین بار در طی تخمیر و برای آخرین بار پس از تخمیر صورت می‌گیرد. مزایای عملیات مشت‌زنی خمیر عبارتند از:

- یکنواخت‌کردن درجه حرارت خمیر برای رشد و نمو یکسان مخمرها
- رساندن اکسیژن برای تنفس مخمرها
- عمل‌آوری مکانیکی شبکه گلوتن و خروج CO_2

بهترین روش پانچ‌کردن خمیر این است که آن را از یک طرف ظرف تخمیر به طرف مقابل آن منتقل کنند و این عمل باید به نحوی انجام گیرد که تمام خمیر جابجا شود. اولین پانچ خمیر معمولاً پس از طی نصف زمان تخمیر انجام می‌شود و بعد از آن هر نیم ساعت یکبار این عمل صورت می‌گیرد تا مدت تخمیر خاتمه یابد.

۳-۷-۲-۲- عمل‌آوردن خمیر با استفاده از عوامل مکانیکی (MDD)[2]

در این روش، عمل‌آوردن خمیر به وسیله روش‌های مکانیکی صورت می‌گیرد و مرحله مخلوط کردن با استفاده از مخلوط‌کن‌های بسیار قوی انجام می‌شود و در اثر نیروهای وارد شده به خمیر در جریان مخلوط‌کردن، شبکه گلوتنی شکل می‌گیرد. این روش عمل‌آوری خمیر بیشتر در سیستم‌های پیوسته تولید نان انجام می‌شود. عمده‌ترین این سیستم‌ها عبارتند از:

الف) سیستم‌های آمریکایی نظیر دو میکر[3] و ای ام فلاو[4]

ب) سیستم انگلیسی چارلی وود[5]

۳-۷-۲-۳- عمل‌آوری خمیر با استفاده از مواد شیمیایی (ADD یا CDD)[6]

در این روش برای عمل‌آوردن خمیر از یک ماده احیاءکننده قوی و با اثر فوری نظیر سیستئین[7] به همراه مواد اکسیدان نظیر برومات پتاسیم و اسیداسکوربیک استفاده می‌شود. مقادیر مورد استفاده، ۳۵پی‌پی‌ام سیستئین، ۵۰ پی‌پی‌ام اسیداسکوربیک و ۴۰ پی‌پی‌ام برومات پتاسیم می‌باشد. البته استفاده از مواد شیمیایی در فرمول نان در خیلی از کشورها منسوخ شده و این روش کمتر مورد توجه می باشد.

---

[1] Punching
[2] Mechanical Dough Development
[3] Do-Maker
[4] Am Flow
[5] Chorley Wood Bread Process
[6] Chemical (Activated) Dough Development
[7] L-cysteine hydrochloride

۳-۸- شکل دادن به خمیر(آراستن خمیر)[1]

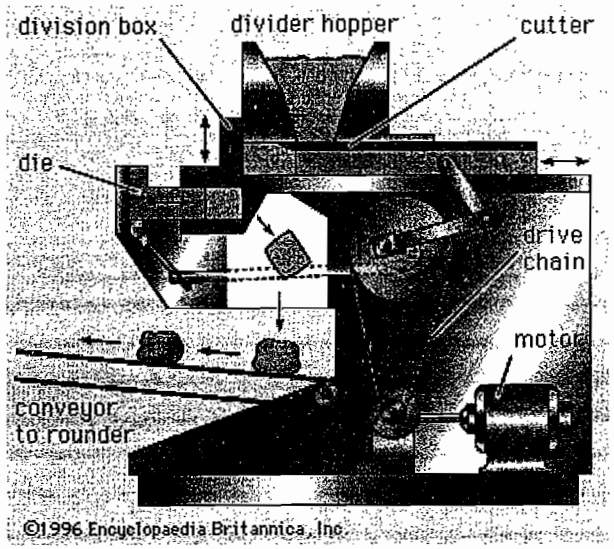
پس از خارج شدن خمیر از اتاقک تخمیر و قبل از ورود آن به کوره پخت یکسری عملیات دیگر روی آن انجام می‌گیرد که اصطلاحاً آن‌ها را آراستن خمیر می‌نامند و شامل چند مرحله به ترتیب زیر می‌باشد:

۳-۸-۱- چانه‌گیری[2]

این عمل شامل تقسیم خمیر به قطعاتی به اندازه قرص نان می‌باشد که پس از تخمیر و پانچ صورت می‌گیرد. در روش‌های سنتی این عمل به وسیله دست صورت می‌گیرد اما در روش صنعتی از ماشین‌های چانه‌گیر استفاده می‌شود. این ماشین‌ها معمولاً بر اساس حجم عمل کرده و قطعات خمیر با حجم معینی را از توده خمیر جدا می‌کنند. بدیهی است که چنانچه خمیر به خوبی پانچ شده باشد و گازهای موجود از آن خارج شده باشند قطعات علاوه بر حجم دارای وزن مساوی نیز خواهند بود. اما چون در طی چانه‌گیری دستگاه، عمل تخمیر ادامه یافته و گاز تولید می‌شود تغییر مختصری در وزن چانه‌های خمیر اتفاق می‌افتد.

ماشین‌های چانه‌گیر صنعتی قادرند در هر دقیقه در حدود ده هزار چانه خمیر را آماده کنند.

تصویر یک نمونه دستگاه چانه گیر خمیر در شکل ۳-۱۹ نشان داده شده است.



۳-۱۹. دستگاه چانه گیر پیوسته خمیر

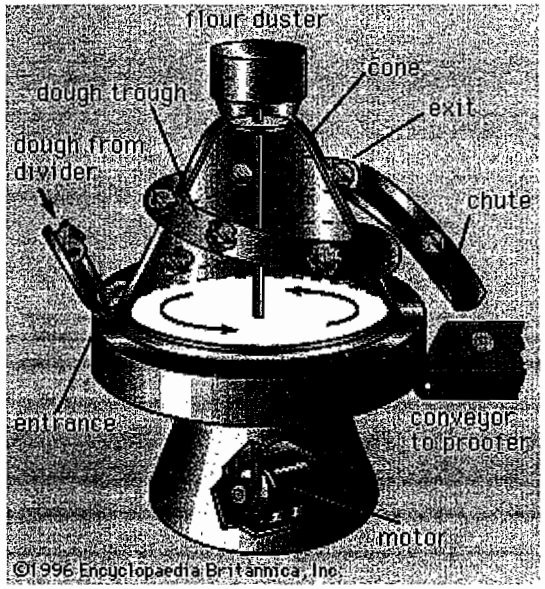
[1] Dough Make-up
[2] Dough Development

۳-۸-۲- گردکردن خمیر[1]

قطعات خمیر هنگام خروج از دستگاه چانه‌گیر معمولاً یکنواخت نبوده و دارای شکل نامنظم و سطح خارجی ناصاف و چسبنده می‌باشند. چنانچه به همین صورت وارد مراحل بعدی یعنی تخمیر و فر پخت شود اولاً قسمت عمده‌ای از گاز کربنیک حاصله از تخمیر اولیه که برای ایجاد حجم لازم می باشد از خمیر خارج می‌شود و در ثانی سطح نان حاصل یکنواخت نبوده و دارای بریدگی، ترک و شکاف شده و پوسته‌پوسته خواهد شد. برای جلوگیری از این امر در کارخانجات نان ماشینی به وسیله دستگاه‌های ویژه قطعات خمیر را مالش داده و گرد می‌کنند به نحوی که یک لایه ضخیم روی سطح خارجی چونه‌های خمیر تشکیل شود تا اولاً از خروج گاز جلوگیری شود و در ثانی سطح نان حاصل یکنواخت گردد.

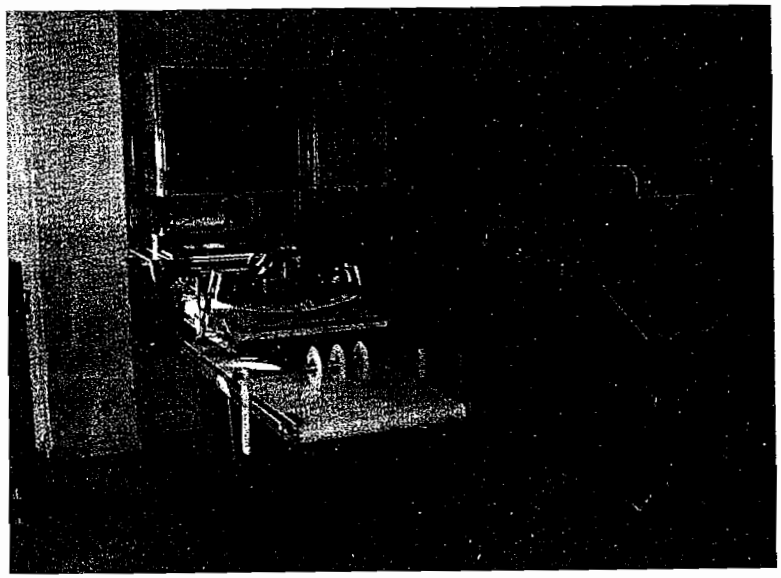
دستگاه‌هایی که عمل گردکردن چونه های خمیر را انجام می‌دهند انواع مختلفی دارند که معروف‌ترین آنها عبارتند از: گردکن گلوله‌ای[2]، گردکن چتری[3]، گردکن استوانه‌ای[4]

نوع استوانه ای این دستگاه در شکل ۳-۲۰ دیده می شود.



شکل ۳-۲۰. دستگاه گرد کن خمیر استوانه ای

[1] Rounding
[2] Bowl Rounder
[3] Umbrella Rounder
[4] Drum Rounder

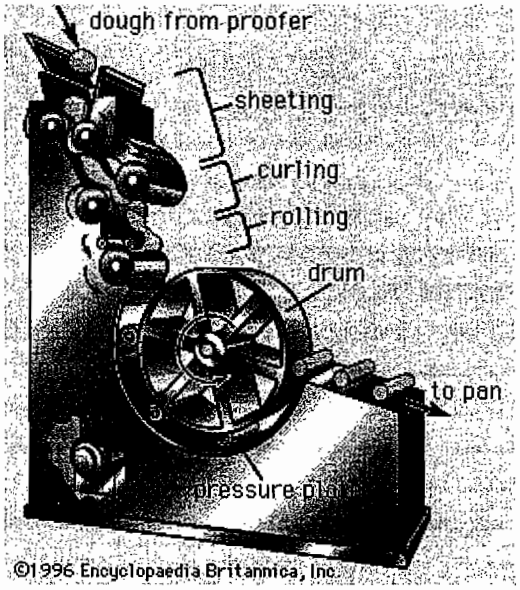


شکل ۳-۲۱. دستگاه مورد استفاده در تخمیر میانی

۳-۹- تخمیر میانی[1]

زمانی که چانه گرد شده خمیر استراحت کرده تا قابلیت شکل پذیری پیدا نماید، تخمیر میانی یا رسیدن چانه نام دارد. قطعات خمیر پس از خارج شدن از دستگاه گردکننده تقریباً عاری از گاز هستند زیرا فشارهایی که در قسمت چانه‌گیری و گردکردن به آن‌ها وارد شده منجر به خروج گازهای حاصل از تخمیر اولیه شده است همچنین شبکه گلوتن قابلیت اتساع خود را از دست داده و به سادگی پاره می‌شود، بنابراین لازم است خمیر مدت کوتاهی به حال خود گذاشته شود. در طی این مدت عمل تخمیر ادامه یافته و حجم قرص خمیر به مقدار کمی افزایش می‌یابد. برای جلوگیری از خشک‌شدن سطح چانه‌های خمیر، رطوبت نسبی محلی که تخمیر میانی در آنجا صورت می‌گیرد باید حدود ۷۵٪ باشد. تخمیر میانی می تواند در یک یا چند نوبت روی تغارهای نان در محل کارگاه با دما و رطوبت لازم پیرامون خمیر انجام شود. قرار دادن سینی‌های خمیر در اتاقک تخمیر (دمای ۲۸ درجه رطوبت نسبی ۷۵٪) به مدت ۵-۱۰ دقیقه برای این مرحل کافی خواهد بود.

[1] Intermediate Proofing



شکل ۳-۲۲. شکل دادن نهایی خمیر (لوله کردن)

۳-۱۰- شکل دادن نهایی و قالب گیری

این دستگاه خمیر حاصله از دستگاه تخمیر میانی را به شکل استوانه در آورده و آن‌را برای قرار دادن در قالب آماده می نماید. چند نوع دستگاه شکل‌دهنده وجود دراد که اساس کار تمام آن‌ها مشابه می باشد، بدین ترتیب که ابتدا خمیر به صورت ورقه در آمده و سپس پیچانده شده، غلتک‌زده شده و به‌صورت کاملاً صاف در می آید تا برای قرار گرفتن در قالب آماده باشد.

خمیری که از دستگاه تخمیر میانی خارج می‌گردد دارای شکل تقریباً کروی پهن می باشد. دستگاه شکل دهنده توسط غلتک های متوالی خود به تدریج قرص خمیر را پهن و به‌صورت لوله‌ای در می‌آورد. کاهش تدریجی ضخامت ورقه خمیر که به‌وسیله سیستم چندغلتکی انجام می شود فشار وارده به خمیر را به حداقل خود رسانده و این مسئله پاره شدن خمیر را کاهش می‌دهد. پس از کاهش ضخامت و لوله شدن اولیه، استوانه‌های خمیر در بخش انتهایی دستگاه با توجه به طول نهایی مورد از لحاظ طولی درازتر و نیز باریک‌تر شده و دستگاه را ترک می نمایند تا وارد دستگاه قالب‌گیر گردند. شکل ۳-۲۲ عملیات شکل‌دهی خمیر را نشان می‌دهد.

۳-۱۱- تخمیر نهایی[1]

آخرین مرحله‌ای است که خمیر قبل از ورود به فر پخت طی می‌کند و یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین مراحل می‌باشد زیرا در این مرحله درجه حرارت و رطوبت بالا است بنابراین حجم خمیر افزایش می‌یابد و گازهای حاصل از فعالیت مخمرها و آنزیم‌های موجود در خمیر توسط شبکه گلوتن به طور یکنواخت در تمام خمیر پخش می‌گردد. چنانچه این عمل با موفقیت انجام نگیرد یعنی گازهای تولید شده به طور یکنواخت در داخل قرص خمیر توزیع نشود قرص نان حاصل دارای پخت یکنواخت نخواهد بود زیرا قسمت‌هایی که دارای مقدار گاز کمتری هستند به صورت خمیر باقی مانده و قسمت‌هایی که دارای مقدار گاز بیشتری هستند بهتر پخت می‌شوند. به علاوه اگر حجم گازهای تولید شده به اندازه کافی نباشد به طور کلی نان کم حجم و سنگین حاصل می‌شود که سطح خارجی آن به خوبی پخته شده و حتی سوخته در حالی که قسمت‌های مغز نان، خمیر خواهد شد. مصرف چنین نانی موجب اختلالات گوارشی می‌گردد زیرا اولاً پخت آن کامل نیست و در ثانی سطح تماس آن با آنزیم‌های گوارشی کم است و در نتیجه عمل هضم آن به خوبی صورت نمی‌گیرد.

تخمیر نهایی در اتاقک های تخمیر و روی سینی های حاوی خمیر شکل داده شده یا قالب‌گیری شده انجام می شود. بعد از این تخمیر، خمیرها بدون هیچگونه دستکاری و جابجایی پخت می‌شوند. دمای اتاقک تخمیر نهایی ۳۵- ۳۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی آن ۸۰ تا ۸۵٪ و زمان آن ۳۰ تا ۶۰ دقیقه بسته به شرایط تهیه خمیر، نوع نان (وزن خمیر) و مقدار مخمر خواهد بود.

۳-۱۲- پخت نان[2]

فرآیند پخت نان مرحله‌ای است که در آن محصول، ویژگی‌های نهایی خود را پیدا نموده و خمیری که به سختی هضم می‌شود تبدیل به محصولی با قابلیت هضم آسان با حالت اسفنجی، مطبوع و خوشمزه می‌شود. کیفیت نان تا حدود زیادی وابسته به مرحله پخت می‌باشد و بر اساس آمار و گزارش‌های موجود حدود ۳۰- ۴۰ درصد عیوب نان در کشورهای اروپایی نظیر آلمان مربوط به مرحله پخت می‌باشد.

در طی مرحله پخت نان تغییرات و فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی مختلفی در خمیر صورت گرفته و نان مأکول بدست می‌آید. به طور کلی تغییرات انجام گرفته در طی عمل پخت در خمیر را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی نمود:

۱- در ابتدای عمل پخت برای مدت کوتاهی فعالیت مخمرها و آنزیم‌ها تشدید یافته و در نتیجه تولید گاز و فعالیت‌های پروتئولیتیک و آمیلولیتیک افزایش می‌یابد. با افزایش درجه حرارت تا حدود ۶۰ درجه سانتی‌گراد در خمیر، فعالیت‌های فوق متوقف می‌شود.

---

[1] Final Proofing
[2] Baking

۲- در اثر حرارت حجم گاز کربنیک افزایش یافته و باعث حجیم شدن حفره‌های داخل خمیر می‌شود این عمل باعث تخلخل بیشتر محصول می‌گردد. به علاوه افزایش حجم موجب نازکتر شدن جدار حفره‌ها می‌گردد.

۳-گرانول‌های نشاسته در حرارت حدود ۵۵ درجه سانتی‌گراد ژلاتینه شده و به شبکه گلوتن می‌چسبند.

۴- الکل حاصل از تخمیر در حرارت حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد تبخیر می‌شود.

۵- در اثر افزایش درجه حرارت مقداری از رطوبت گلوتن تبخیر شده و در نتیجه گلوتن دارای الاستیسیته بیشتر می‌گردد و در این حالت حفظ حالت فیزیکی نان به عهده نشاسته ژلاتینیزه است و تشکیل ژل مقدار بیشتری از رطوبت گلوتن را جذب می‌کند و در نتیجه گلوتن دهیدراته و کوآگوله می‌شود و سرانجام قرص خمیر تثبیت می‌گردد.

جدول ۳-۱۲. تغییرات رخ داده در جریان پخت نان

دمای فر (°C)	نوع فعل و انفعال
۳۰	انبساط گازهای حاصل از فعالیت مخمرها و خمیر ترش افزایش فعالیت‌های آنزیمی
۴۵ – ۵۰	از بین رفتن مخمر ها
۵۰ – ۶۰	فعالیت شدید آنزیم‌ها نقطه شروع ژلاتینه شدن نشاسته
۶۰ – ۸۰	از بین رفتن آنزیم‌ها واکنش بین نشاسته و گلوتن و آغاز سفت شدن بافت پایان ژلاتینه شدن نشاسته تشکیل مغز نان
۱۰۰ – ۱۱۰	تبدیل آب خمیر به بخار آب اولین نشانه‌های تشکیل پوسته
۱۲۰ – ۱۴۰	تشکیل پوسته در نان تشکیل دکسترین‌های قهوه‌ای رنگ
۱۴۰ – ۱۵۰	واکنش‌های قهوه‌ای شدن (مایارد) و تشکیل کامل پوسته واکنش‌های کاراملیزاسیون و تشکیل پوسته قهوه‌ای
۱۵۰ – ۲۰۰	تشکیل پوسته ضخیم در نان تشکیل مواد عطر و طعمی (آروماتیک) در نان

در جریان پخت نان، در اوایل به علت تبخیر آب و الکل درجه حرارت محصول از حدود ۱۰۰ درجه سانتی-گراد تجاوز نمی‌کند اما با پیشرفت فرآیند پخت، درجه حرارت افزایش یافته و به حدود ۲۰۰ تا ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و در نتیجه قند و نشاسته بترتیب کاراملیزه و دکسترینیزه[1] شده و موجب ایجاد رنگ مطلوب در پوسته نان می‌گردد. به علاوه مواد مؤثر در طعم مخصوص نان در جریان تشکیل پوسته طی واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی (واکنش مایارد) بوجود می‌آیند. به طورکلی تغییرات انجام گرفته در طی پخت نان در جدول ۳-۱۲ خلاصه گردیده است.

شکل ۳-۲۳ تغییرات انجام گرفته روی خمیر در جریان پخت نان را بصورت زیر تقسیم بندی می‌کنند:

الف) تغییرات فیزیکی

- تشکیل فیلم یا لایه سطحی خمیر
- انبساط گاز
- کاهش حلالیت گاز
- تبخیر الکل

ب) تغییرات شیمیایی

- فعالیت مخمرها
- تشکیل دی اکسیدکربن
- ژلاتینه شدن نشاسته
- انعقاد گلوتن
- کاراملیزاسیون قندها
- واکنش های قهوه‌ای شدن

۳-۱۳- فرهای نانوائی[2]

فر پخت مهم‌ترین و معمولاً گران‌ترین قسمت واحد نانوایی است. از زمان‌های قدیم فر را قلب نانوائی می‌دانستند و امروزه هنوز این موضوع به اعتبار خود باقی است.

به طورکلی فر نانوایی باید ویژگی‌های زیر را داشته باشد:

۱- در مدت زمان کوتاه داغ شده و گرما به خوبی در آن انتقال یابد.

۲- با داشتن سطح وسیع، فضای کمی را اشغال نماید.

۳- پرکردن و تخلیه آن به راحتی صورت گیرد.

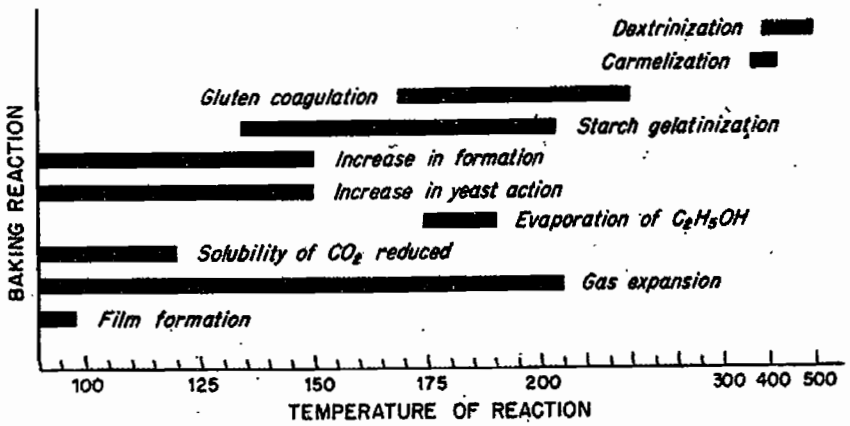
۴- مسائل ایمنی در آن کاملاً رعایت شده باشد.

۵- دارای بازده نسبتاً بالایی باشد.

۶- محیط زیست را آلوده نکند.

[1] Dextrinization
[2] Bakery Ovens

۷- هزینه نگهداری و تعمیرات آن پائین باشد.



شکل ۳-۲۳. تغییراتی که حین پخت در قرص خمیر تا تبدیل شدن به نان اتفاق می افتد

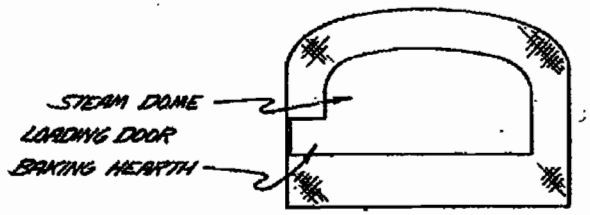
۳-۱۳-۱- انواع فرهای نانوائی

فرهای پارویی[1] و کشوئی[2]

این نوع فر که بیشتر برای پخت نان بربری و سنگک در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای یک دهانه بوده که از آن برای وارد کردن خمیر و خارج ساختن نان استفاده می‌شود. منبع حرارتی آن از طریق یک مشعل با سوخت گازوئیل و یا گاز شهری تأمین می‌شود که در یک گوشه از تنور قرار می‌گیرد و حرارت از آنجا به تمام نقاط تنور می‌رسد. در مدتی که تنور روشن است دریچه جلو فر به‌عنوان دودکش نیز عمل می کند. برای قرار دادن خمیر در فر از پاروهای دسته بلند[3] چوبی که با توجه به ویژگی های فیزیکی نان ساخته می‌شود استفاده می‌شود. عیب بزرگ این نوع فرها نحوه قرار دادن قطعات خمیر در داخل فر و بیرون آوردن محصول نهایی است و قطعات خمیری که زودتر در فر قرار داده می شوند دیرتر از بقیه از فر خارج شده و در نتیجه حرارت بیشتری دیده و کیفیت محصولات نهایی یکنواخت نخواهد شد. شکل ۳-۲۴ طرح شماتیک فر پاروئی را نشان می‌دهد.

[1] Peel Oven
[2] Draw-plate Oven
[3] Peel

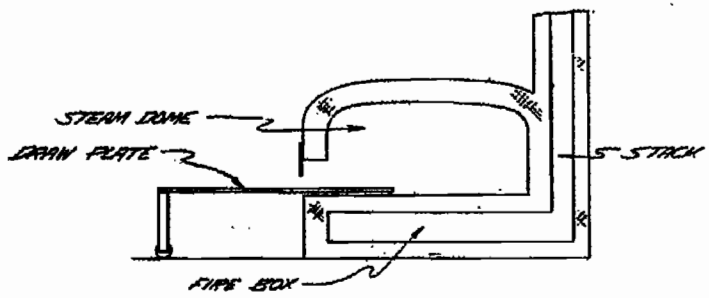
فرهای پاروئی با تغییرات مختصری در کشورهای غربی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند و در برخی موارد به صورت چند طبقه‌ای ساخته می‌شوند که در این صورت هر طبقه ممکن است حاوی منبع حرارتی مستقلی باشد.



شکل ۳-۲۴. فر پاروئی

فرهای کشوئی شبیه فر پارویی می‌باشند با این تفاوت که ورود و خروج خمیر و نان به آنها توسط ریل‌های مخصوصی صورت می‌گیرد. (شکل ۳-۲۵)

معایب فرهای پارویی وکشویی: در این نوع فرها شرایط داخلی فر یکنواخت نبوده و محصولی که در قسمت‌های نزدیک به منبع حرارتی قرار می‌گیرد بیشتر حرارت دیده و احتمال سوختن وجود دارد و محصولی که در قسمت‌های دور از آن قرار می‌گیرد حرارت کافی نمی‌بیند. لذا در عمل بعد از مدتی نسبت به جابجایی محصول در قسمت‌های مختلف فر اقدام می‌کنند که معمولاً به‌دشواری صورت می گیرد. برای رفع این نقیصه فرهای گردشی رایج گردیدند.



شکل ۳-۲۵. فر کشوئی

فرهای گردشی[1]

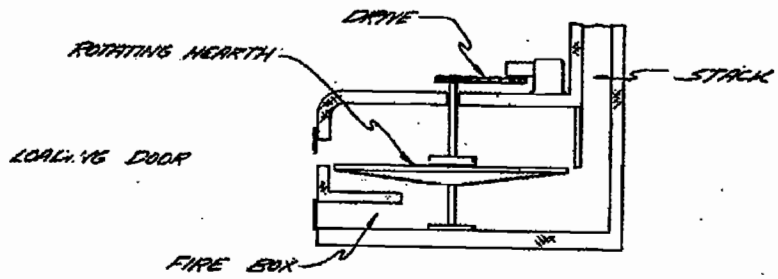
در این نوع فرها که ممکن است شکل‌های مختلفی داشته باشد چانه‌های خمیر روی صفحات چرخان در داخل فر حرکت می‌کنند. مزیت این نوع فرها نسبت به دو نوع قبلی در این است که قرص‌های خمیر شرایط

[1] Rotary Ovens

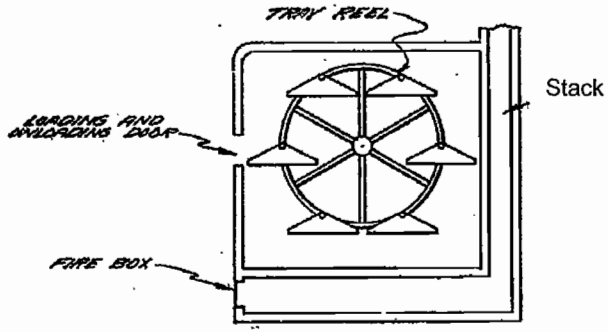
یکسانی را از لحاظ حرارت طی می‌کنند و پخت آنها یکنواخت‌تر خواهد بود. عیب این نوع فرها هم در این است که چرخش صفحات حاوی قرص‌های خمیر در یک سطح افقی نسبت به سطح زمین صورت می‌گیرد و چون رطوبت بیشتر در قسمت‌های فوقانی محفظه فر جمع می‌شود ممکن است سطح قرص‌های نان خشک شود. یک نمونه از این فرها در شکل ۳-۲۶ نشان داده شده است.

برای رفع عیب فر فوق، کوره‌هایی اختراع شد که دارای حرکت چرخشی در سطح قائم نیز بودند. قسمت داخلی این کوره‌ها تقریباً مانند دستگاه چرخ فلک معمولی می‌باشد که در آن قرص خمیر روی سینی‌های مخصوصی قرار گرفته و به داخل فر منتقل شده و در محل مخصوصی قرار می‌گیرند.

بدین ترتیب قرص‌های نان در درجات مختلف رطوبت نسبی و حرارت قرار گرفته و دارای پخت یکنواخت خواهند گردید. این نوع فر را فر چرخان قائم[1] می‌نامند (شکل ۳-۲۷).



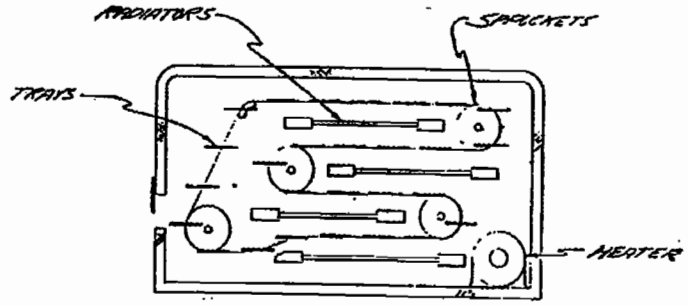
شکل ۳-۲۶. فر گردشی افقی



شکل ۳-۲۷. فر گردشی عمودی

[1] Reel Oven

با پیشرفت صنایع پخت فرهای دیگری وارد بازار گردید که در آن‌ها از باندهای نقاله برای حرکت سینی‌های محتوی قرص‌های نان در داخل کوره استفاده می‌شد. از این نوع فرها می‌توان فر تک‌نقاله‌ای[1]، فر دو نقاله‌ای[2] (شکل ۳-۲۸) و فرهای تونلی[3] را نام برد که نوع اخیر مجهز به باند نقاله وسیع برای چند ردیف نان می‌باشد و برای نان‌های قالبی و نان‌های پهن به اشکال و اندازه‌ها ضخامت‌های مختلف قابل استفاده است. قطعات خمیر در فرهای تونلی از یک طرف وارد شده و پس از طی چند متر فاصله در درجات حرارت مختلف پخته می‌شود. مزیت این نوع فر که انواع ذکر شده قبلی فاقد آن هستند در این است که در روش پیوسته تولید نان می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.



شکل ۳-۲۸. فر دونقاله ای

۳-۱۴- معایب نان و عوامل مؤثر در آن[4]

برای بدست آوردن یک محصول ایده‌آل لازم است از مواد اولیه و فرآیند یکسان برای تولید نان استفاده شود زیرا مختصر تغییری در فرمول و یا مشخصات کلی مواد اولیه و همچنین انحرافات جزئی در عملیات مختلف فرآیند موجب می‌شود که کیفیت نان تحت تأثیر قرار گیرد و این امر به خصوص در واحدهای صنعتی تولید نان اشکالات زیادی ایجاد می‌کند که در زیر به بعضی از آنها اشاره می‌شود:

۳-۱۴-۱- تغییرات حجم نان

تغییرات حجم نان اغلب در اثر وجود و یا تولید مقدار کم و یا مقدار زیاد گازها به خصوص گاز کربنیک در مرحله قبل از تثبیت حالت فیزیکی بافت[5] نان در فر ایجاد می‌شود. گاهی مقدار گاز تولید شده در مراحل

[1] Single- Lap Tray Oven
[2] Double-Lap Tray Oven
[3] Tunel Ovens
[4] Defecs of Bread
[5] Texture

تخمیر میانی و نهایی و یا در داخل فر به اندازه کافی بوده اما شبکه گلوتن قدرت نگهداری آن را ندارد که در این صورت جدار حفره‌های ایجاد کننده تخلخل پاره شده و گازهای حاصله خارج می‌شوند. در این حالت باید آرد را با آردهای قوی مخلوط کرد تا نقص برطرف شود. اما گاهی کشش گلوتن به قدری زیاد است که حباب‌های خیلی درشت بوجود می‌آیند زیرا قدرت کشش زیاد گلوتن مانع پاره‌شدن جدار حفره‌ها می‌گردد. در این مورد معمولاً با استفاده از مقدار معین و حساب شده آنزیم‌های پروتئولیتیک مشکل برطرف می‌شود. بدیهی است در هر دو حالت فوق اندازه و شکل قرص نان تغییر می‌کند.

علاوه بر عوامل فوق تغییر قالب‌های پخت و نقص در دستگاه‌های چانه‌گیری و مراحل دیگر هم ممکن است در حجم و شکل قرص نان مؤثر باشد.

۳-۱۴-۲- تغییرات در رنگ پوسته نان

رنگ پوسته نان در جریان واکنش مایارد تشکیل می‌شود بدین معنی که در اثر ترکیب مواد ازته با مواد احیاءکننده، در لایه سطحی واکنش قهوه‌ای شدن[1] اتفاق می‌افتد. البته مقداری از رنگ پوسته نان نیز در اثر کاراملیزاسیون قندها ایجاد می‌شود. بدیهی است که مقدار مواد مؤثر در واکنش و شرایطی که این مواد تحت آن وارد عمل می‌شوند مانند درجه حرارت و دهیدراته شدن سطح نان در سرعت و شدت تشکیل رنگ تأثیر زیادی دارند.

چنانکه عمل دهیدراته شدن تا حدی برسد که مقدار رطوبت لایه سطحی ناچیز شود، شدت تغییر رنگ زیادتر است زیرا در اثر این عمل مقدار مؤثر در تغییر رنگ افزایش می‌یابند.

برای استاندارد شدن رنگ پوسته لازم است همواره از واریته‌های معینی استفاده نموده و سعی شود که کلیه مواد مؤثر در رآکسیون مایارد ثابت باشند، بدیهی است با تغییر واریته گندم و یا استفاده از مواد آنزیمی به مقدار و فعالیت متفاوت یا انتخاب مخمرهای مختلف که قدرت تولید قندهای احیاءکننده متفاوتی دارند، رنگ پوسته نان تغییر خواهد کرد.

چنانچه مقدار قندهای احیاءکننده کافی نباشد می‌توان مقداری لاکتوز به صورت شیر خشک بدون چربی و یا آب پنیر[2] به خمیر اضافه نمود و چون لاکتوز به وسیله مخمرها تخمیر نمی‌شود می‌توان مقدار زیادی از آن را بکار برد بدون اینکه خطر افزایش مقدار گاز در اثر فعالیت شدید مخمرها مطرح باشد، هرچند در اثر اضافه‌کردن مقدار زیاد لاکتوز ممکن است فشار اسمزی محیط مخمرها تغییر کند و در اثر این عمل تغییراتی در حجم نان حاصل گردد.

عامل دیگری که در تغییر رنگ پوسته نان مؤثر است افزایش درجه حرارت فر می‌باشد و بالاخره درصد استخراج آرد مورد استفاده نیز در رنگ محصول نهایی مؤثر بوده و افزایش درصد استخراج منجر به تیرگی نان می‌شود.

[1] Browning
[2] Whey

۳-۱۴-۳- تغییرات در طعم، مزه و بو

آرد نان جاذب انواع بو است و چنانچه در طی حمل و نقل و نگهداری در انبارها در مجاورت موادی از قبیل رنگ‌ها، توتون، حلال‌ها، مواد ضدعفونی‌کننده، میوه‌جات و امثال این‌ها قرار گیرد بوی این مواد را جذب می‌کند. آلودگی گندم به کپک‌ها و مخلوط‌کردن آن با گندم‌های خیلی کهنه نیز باعث تغییر بو و مزه محصول نهایی می‌شود. به علاوه مزه غیرطبیعی موادی که به آرد اضافه می‌شوند مثل روغن، شیر و حتی آب در طعم نان تأثیر دارند. به علاوه تغییر مزه و بو ممکن است در اثر کافی نبودن مقدار نمک و یا کمی مدت زمان تخمیر و عدم تکافوی فرآیند حرارتی باشد.

۳-۱۴-۴- نقص در تقارن

نقص در شکل و تقارن قرص نان معمولاً در طی مرحله قالب‌گیری و یا در مورد نان‌های قالبی در مرحله قرار دادن خمیر در قالب پخت اتفاق می‌افتد. چنانچه دستگاه چونه‌گیر در مرحله جدا کردن خمیر مربوط به قرص نان از توده خمیر، فشار زیادی به آن وارد آورد تقارن قرص نان بعد از پخت غیریکنواخت خواهد شد. همچنین افزایش مدت زمان تخمیر یا پروف و استفاده از آردهای خیلی قوی نیز در تغییر تقارن قرص نان تأثیر دارند.

۳-۱۴-۵-ترک خوردن سطح نان

این کیفیت در اثر تخمیر طولانی در قالب پخت، رطوبت زیاد در اتاقک تخمیر نهایی، کهنگی خمیر، تازگی خمیر و کاهش مقدار بخار در فر پخت اتفاق می‌افتد.

۳-۱۴-۶- پوسته پوسته شدن سطح نان

این حالت نیز در اثر تازگی یا کهنگی زیاد خمیر، خشک‌شدن سطح خمیر در مرحله تخمیر نهایی که به علت پایین بودن رطوبت نسبی اتفاق می‌افتد، افزایش مقدار نمک، کافی نبودن تخمیر نهایی، دمای زیاد در بالای فر، سرد شدن خمیر، کمبود نمک، کهنگی آرد، داغ شدن آرد در مرحله نگهداری در انبار یا طی حمل و نقل، بالا بودن مقدار مواد اکسیدان نظیر برومات پتاسیم، زیادی مقدار خمیر در قالب ممکن است اتفاق بیفتد.

۳-۱۴-۷- بیات شدن نان[1]

بیاتی فرآیندی است که طی آن ویژگی‌های ظاهری و باطنی، بو، طعم، مزه و قابلیت جویدن فرآورده‌های نانوایی تغییر می‌کند که نتیجه این تغییرات کهنه شدن نان می‌باشد. در جریان بیات شدن فرآیندهای بسیار پیچیده فیزیکی، شیمیایی و فیزیکوشیمیایی رخ می‌دهند که مکانیسم این واکنش‌ها هنوز به درستی

[1] Bread Staling

شناخته نشده است. جلوگیری از پدیده بیاتی در شرایط عادی امکان‌پذیر نیست حتی اگر از بهترین مواد و روش‌ها برای تهیه نان استفاده شود.

علت بیات‌شدن نان را در اوائل از دست‌دادن آب آن می‌دانستند در حالیکه بعدها ثابت شد که حتی در صورت نگهداری نان در شرایط مرطوب هم نان بیات می‌شود.

بر اساس آخرین یافته‌های علمی، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و آب که جزء مواد اصلی نان به شمار می‌روند به صورت پیچیده‌ای در بیاتی نان مؤثرند ضمناً گلیکولیپیدها، گلیکوپروتئین‌ها و همچنین پنتوزان‌ها نیز به نحوی در بیاتی شرکت دارند.

۳-۱۴-۷-۱- نقش نشاسته در پدیده بیات شدن نان

تغییرات ساختمانی که در موقع کهنه شدن و بیات شدن نشاسته بوجود می‌آید، اصطلاحاً برگشت یا رتروگراداسیون[1] نامیده می‌شود. در اثر کهنه و بیات شدن نشاسته، جذب آب سطحی کاهش یافته، قابلیت تورم تغییر کرده و مقدار نشاسته محلول نیز کاهش می‌یابد و از طرفی تغییراتی در الاستیسیته مغز و یا بافت داخلی نان پدید می‌آید.

طبق نظریه فرنچ[2] و اسکاچ[3] (۱۹۷۴) جمع و متراکم‌شدن آمیلوپکتین عامل بیاتی نان می‌باشد. طبق این تئوری بیاتی مربوط به تغییرات فیزیکی ملکول‌های منشعب آمیلوپکتین در دانه‌های تورم یافته نشاسته می‌باشد. در این تئوری آمیلوز در بیاتی نقش پراهمیتی ندارد.

در جریان پدیده بیاتی نشاسته از حالت آمورف یا بی‌شکل که حالت بی‌ثباتی دارد و فرم **آلفا** گفته می‌شود به حالت کریستالی یا باثبات که فرم **بتا** گفته می‌شود، تبدیل می‌گردد. در حرارت بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد، نشاسته بیشتر به صورت آلفا یا بی‌ثبات ظاهر شده در حالیکه در حرارت‌های ۲۵ تا صفر درجه سانتی‌گراد، به صورت فرم بتا یا کریستالی درآمده که در این حالت باثبات می‌شود، به عبارت دیگر در اثر سرد و خنک شدن نان، فرآیند بیاتی شروع می‌شود.

وقتی نشاسته به حالت کریستالی تبدیل می‌شود ساختار ژلی به خود گرفته و در اثر تشکیل پیوندهای ئیدروژنه بین ملکول‌های آمیلوز و آمیلوپکتین بافت نان سفت می‌گردد. اگر نان بیات شده را گرم کنیم، نان تازه می‌شود زیرا در اثر واردکردن انرژی حرارتی پیوندهای ئیدروژنی تشکیل شده دوباره شکسته می‌شوند و نشاسته برای مدت کوتاهی به حالت آمورف تبدیل می‌شود. البته برگشت کامل به حالت اولیه در شرایط عادی امکان‌پذیر نمی‌باشد زیرا به حرارت‌های بسیار بالا (حدود ۱۴۰ الی ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد) برای شکستن پیوندهای هیدروژنی بین ملکول‌های آمیلوز نیاز هست. نانی که در اثر گرم کردن مجدد حالت تازگی پیدا نموده است، سریع‌تر نیز بیات می‌شود.

[1] Retrogradation
[2] French
[3] Schoch

سرعت رتروگراداسیون نشاسته بستگی به درجه حرارت دارد. در درجه حرارت‌های بالاتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد و پایین‌تر از ۳۰- درجه سانتی‌گراد رتروگراداسیون متوقف می‌شود و در درجه حرارت حدود صفر درجه سانتی‌گراد رتروگراداسیون سریع‌تر اتفاق می‌افتد.

۳-۱۴-۷-۲- نقش پروتئین در پدیده بیات شدن

با وجودی که مقدار پروتئین در نان نسبت به مقدار نشاسته به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر است، اما پروتئین‌ها دارای اهمیت زیادتری هستند زیرا ویژگی‌های فیزیکی محصول (حجم، فرم و ساختار) را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند.

بر خلاف پدیده بیاتی در مورد نشاسته که پیوندهای ئیدروژنی نقش مؤثرتری در روند بیاتی داشتند، در مورد ملکول‌های پروتئین به علت محدود بودن تعداد گروههای هیدروکسیل آزاد پیوندهای هیدروژنی در تغییر ساختمان حائز اهمیت نیستند بلکه نیروهای قطبی و واندروالسی نقش بیشتری دارند.

به تغییرات شیمیایی که در ساختمان پروتئین در پدیده بیاتی بوجود می‌آید اصطلاحاً «تغییر ماهیت مجدد پروتئین»[1] گفته می‌شود که تحت تأثیر حرارت می‌باشد. عده‌ای بر این عقیده‌اند که در طی فرآیند پخت، ساختار اولیه پروتئین‌ها تغییر نکرده بلکه ساختمان دوم و سوم آن‌ها تحت تأثیر حرارت می‌باشد. عده‌ای بر این عقیده‌اند که در طی فرآیند پخت، ساختار اولیه پروتئین‌ها تغییر نکرده بلکه ساختمان دوم و سوم آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. گلوتن در اثر حرارت در طی فرآیند پخت تغییر ماهیت داده و بیات می‌شود. البته خود پروتئین‌ها به تنهایی در فرآیند بیاتی نقش ندارند بلکه یک نوع تأثیر متقابل بین گلوتن و اجزاء تشکیل‌دهنده نشاسته در خمیر وجود دارد.

۳-۱۴-۷-۳- نقش پنتوزان‌ها در پدیده بیاتی

پنتوزان‌ها اهمیت فوق‌العاده‌ای در ساختار و بافت داخلی نان داشته و در حدود دو الی سه درصد آرد را تشکیل می‌دهند. پنتوزان‌ها از نظر شیمیایی جزء پلی‌ساکاریدها به شمار رفته و در روند بیاتی نقش پراهمیتی دارند.

افزودن نیم تا سه درصد پنتوزان با خلوص ۹۸ درصد به آرد، جذب آب آرد خمیر را به میزان ۲ تا ۵ درصد افزایش می‌دهد و از طرفی تازگی نان را به میزان کمی اصلاح کرده و باعث افزایش حجم نان به میزان پنج تا هشت درصد می‌شود.

پنتوزان‌ها یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین‌کننده در تازه ماندن نان می‌باشند. این ترکیبات ویژگی‌های کیفی محصول را بهبود بخشیده و باعث ظریف‌تر شدن خلل و فرج نان می‌گردند. از نظر تئوری تاکنون نتوانسته‌اند تأثیر پنتوزان‌ها را در چگونگی به تأخیر انداختن بیاتی توجیه و تفسیر نمایند اما به نظر می‌رسد که کمپلکسی از پنتوزان ـ نشاسته تشکیل می‌شود که موجب به تعویق انداختن بیاتی نشاسته می‌گردد.

[1] Redenaturation

۳-۱۴-۸- روش‌های جلوگیری از بیات شدن نان

به طور کلی برای به تعویق انداختن بیاتی در نان اعمال روش‌های زیر می‌تواند مفید باشد:

۳-۱۴-۸-۱- به تأخیر انداختن بیاتی در اثر اقدامات تکنولوژیکی

یکی از ساده‌ترین اقداماتی که جهت به تأخیر انداختن بیاتی بکار می‌رود فرمول مناسب و اجرای صحیح روش‌های تکنولوژی تولید می‌باشد. در این راستا عواملی چون نحوه اختلاط خمیر، روش تهیه خمیر، مدت زمان اختلاط درجه حرارت خمیر در طول فرآیند تخمیر، رطوبت نسبی هوا در اتاقک‌های تخمیر، درجه حرارت، مدت زمان و نحوه پخت همگی در تازه ماندن نان می‌توانند تأثیر داشته باشند.

برخی از این عوامل در زیر بیشتر توضیح داده می‌شوند.

• تأثیر مواد اولیه آردهای تیره حاوی سبوس و جذب آب بیشتر از آرد روشن بیاتی شده

اصولاً آردهای تیره و حاوی سبوس زیاد به علت جذب آب بالا می‌توانند آب زیادی را در خود نگهداشته و در اختیار نشاسته جهت ژلاتینه شدن قرار دهند که در نتیجه این امر نان به مدت طولانی‌تری در مقایسه با آردهای روشن و نان حاصل، تازه باقی می‌ماند. همچنین آرد چاودار به دلیل داشتن مواد تورم‌دهنده و پنتوزان‌های بیشتر جذب آب بالایی داشته و اختلاط آن با آرد گندم یکی از راههای به تأخیر انداختن بیاتی می‌باشد.

• شرایط تهیه خمیر

تهیه خمیر با روش غیرمستقیم (دومرحله‌ای) و همچنین تهیه خمیر نرم و شل در شرایط خنک همراه با مصرف پایین مخمر سبب مرطوب شدن بافت نان شده که در تازگی و به تأخیر انداختن بیاتی مؤثر می‌باشد. به تجربه ثابت شده است که اگر در تولید نان نکات علمی بخوبی رعایت شوند نان دیرتر بیات می‌شود. به عنوان مثال اگر نان از خمیری تهیه شود که قوام آن کمتر و یا بیشتر از حد لازم باشد، سریعتر بیات می‌شود یا اگر خمیری به خوبی و تا حد لازم مخلوط نشده باشد و یا تخمیر آن کمتر یا بیشتر از حد لازم انجام شده باشد نان حاصل سریعتر بیات می‌شود.

• شرایط مرحله تخمیر

درجه حرارت خمیر در طول تخمیر نهایی و همچنین رطوبت نسبی هوا در اتاقک‌های تخمیر روی حجم، تردی و پوکی نان و در نهایت روی ماندگاری نان تأثیر دارند. بعنوان مثال در تهیه نان بروتشن (یک نوع نان کوچک کروی یا بیضی شکل) حفظ حرارت خمیر در مرز ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد و همچنین رعایت رطوبت نسبی هوا در حدود ۷۰ الی ۸۰ درصد در طی تخمیر نهایی روی کیفیت و تازه ماندن نان تأثیر مثبتی به جا می‌گذارد.

رسیدن مطلوب خمیر در طی مرحله عمل‌آوری باعث پوکی بهتر خمیر و حجیم شدن نان شده که این عوامل در تازه نگه داشتن نان دخالت دارند. در اثر پوک شدن خمیر و نان حاصل، دیواره سلول‌های خلل و فرج ایجاد شده در نان ظریف‌تر شده و نشاسته به مدت طولانی‌تری به صورت ژلاتینه باقی می‌ماند که در نتیجه این امر رتروگراداسیون نشاسته و بیاتی به تعویق می‌افتد.

• شرایط مرحله پخت

درجه حرارت، مدت زمان و روش پخت از عوامل مؤثر در پدیده بیاتی نان محسوب می‌شوند. نگهداری و حفظ درجه حرارت مناسب فر یا تنور پخت یکی از عوامل مؤثر در تازه ماندن نان می‌باشد. افزایش مدت زمان پخت باعث خشک‌شدن نان و تشکیل پوسته ضخیم شده و سرعت بیاتی را افزایش می‌دهد. چنانچه حرارت ابتدای فر را بالا برده و سپس آن را کاهش دهیم و یا به عبارت دیگر ابتدا چونه خمیر را در قسمتی از فر که حرارت بالاتری دارد، انتقال دهیم پوسته بهتر تشکیل شده و این امر در تازه ماندن نان اثر می‌گذارد.

پخت دومرحله‌ای (پخت منقطع) نیز در تازه ماندن نان اثر خوبی دارد. در این روش خمیر پس از آنکه ۷۵ الی ۸۰ درصد زمان معمولی پخت را طی نمود از فر بیرون آورده می‌شود (پخت قطع گردد)، چنین نان‌هایی می‌توانند در شرایط مطلوب و رطوبت کافی حداکثر به مدت ۲۰ ساعت نگهداری شوند. پس از این مدت نان به مدت کوتاهی مجدداً پخت شده و بلافاصله جهت فروش ارائه می‌گردد.

۳-۱۴-۸-۲- به تأخیر انداختن بیاتی با استفاده از مواد افزودنی

به علت اینکه افزودن یک ماده معمولاً به تنهایی جهت بهبود تازگی و به تأخیر انداختن بیاتی نان کافی نمی‌باشد لذا بدین منظور مخلوطی از مواد را بکار می‌برند. از مواد افزودنی عمده که برای به تأخیر انداختن بیاتی و بهبود خصوصیات فیزیکی فرآورده نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان آردمالت و یا عصاره مالت، آرد سویا، گلوتن وایتال، شیر، آمیلوز، پروتئین و نشاسته هیدرولیز شده، ترکیبات آلدئیدی، آنزیم‌هایی مانند آلفاآمیلاز، باکتیال پروتئاز، لیپاز، امولسیفایرها نظیر ستین‌و منو و دی‌گلیسیریدها، پلی‌اکسی‌اتیلن منواستئارات و غیره را نام برد.

۳-۱۴-۸-۳- تأثیر بسته‌بندی و شرایط نگهداری در بیاتی نان

فرآیندهای بیاتی تحت تأثیر بسته‌بندی قرار می‌گیرند. چنانچه نان پس از تولید در زمان مناسب (که بستگی به شرایط نگهداری و نوع محصول دارد) بسته‌بندی می‌شود، بیات شدن آن به تعویق می‌افتد. علت به تأخیر افتادن فرآیند بیاتی را می‌توان چنین توجیه نمود که در اثر بسته‌بندی فشار بخارآب ایجاد شده در داخل بسته‌بندی مانع از ادامه از دست دادن آب و دهیدراسیون می‌گردد. البته شدت و درجه به تأخیر افتادن بیاتی بستگی به نوع بسته‌بندی دارد.

تأثیر بسته‌بندی‌های مختلف در به تأخیر انداختن بیاتی در جدول نشان داده شده است:

جدول ۳-۱۳. تأثیر بسته‌بندی‌های مختلف در به تأخیر افتادن بیاتی نان

نوع مواد بسته‌بندی	حداکثر تازه ماندن نان (درصد)
کیسه‌های آلومینیم پلی‌اتیلن	۲۳
پاکت‌های کاغذی با پوشش داخلی پلی‌اتیلن	۱۶
پوشش‌های پلی‌اتیلنی	۹

سرعت بیاتی نان همچنین بستگی نزدیکی به شرایط نگهداری مانند درجه حرارت و رطوبت هوا دارد. به طوری که قبلاً نیز ذکر شد به طور کلی بیات شدن نان در درجات حرارت بالاتر از ۵۵ċ و یا کمتر از ۲۰- درجه سانتی‌گراد صورت نمی‌گیرد بنابراین می‌توان نان را بلافاصله پس از تولید منجمد و نگهداری نمود و یا می‌توان آن را برای مدت کوتاهی در درجات حرارت بالاتر از ۵۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری نمود که در این صورت از بیات شدن نان جلوگیری به عمل خواهد آمد. در عمل نگهداری نان در درجات حرارت بالا با مشکلات تکنولوژیکی و احتمال فساد همراه است در صورتی که انجماد نان یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای جلوگیری از بیاتی آن می‌باشد.

عمل انجماد معمولاً با استفاده از ازت مایع صورت می‌گیرد. در مرحله انجماد برای جلوگیری از دو پوسته شدن نان می‌بایست سرعت انجماد نان را افزایش داد و در مدت زمان کوتاهی شوک سرما را به آن وارد نمود.

فهرست منابع

Azizi M.H., Seyyedin Ardabili S.M., Peighambardoust S.H. 2006. **Effect of flour extraction rate on flour composition, dough rheological characteristics and quality of flat bread.** Journal of Agricultural Science and Technology (JAST), 8: 323-330.

Bennion E.B., Bamford G.S.T. 1992. **The technology of cake making.** Blackie and Academic & Professionals. Glasgow

Cauvain S., Salmon S.S., Young S.L. 2005. **Using cereal science and technology for the benefits of consumers.** Woodhead PublishingLtd. Cambridge

Cauvain S., Young L. 2001. **Baking problems solved.** Woodhead Publishing Ltd. Cambridge

Cauvain S., Young L. 2007. **Technology of breadmaking, 2nd Ed**. Springer Science LLC. New York

Cauvain S.P. 2003. **Breadmaking: improving quality.** Woodhead Publishing Ltd. Cambridge

Chinachoti P., Vodovotz Y. 2001. **Bread staling.** CRC Press LLC. Boca Raton, Florida

Dexter J.E., Williams P.C., Martin D.G., Cordeiro H.M. 1994. **The effects of extraction rate and flour-sieve aperture on the properties of experimentally milled soft wheat flour.** Canadian Journal of Plant Science, 74: 51-58.

Eastwood M.A. 1974. **Dietary fiber in human nutrition.** Journal of the Science of Food and Agriculture, 25: 1523.

Edwards W.P. 2007. **The science of bakery products.** Royal Society of Chemistry (RCS). Cambridge

Fabriani G., Lintas C. 1988. **Durum chemistry and technology.** American Assiciation of Cereal Chemists (AACC), Inc. St. Paul, Minnesota, USA

Faridi H.A., Finney P.L., Rubenthaler G.L. 1983. **Iranian flat breads: relative bioavailability of zinc.** Journal of Food Science, 48: 107-110.

Faridi H.A., Finney P.L., Rubenthaler G.L. 1983. **Effect of soda leavening on phytic acid content and physical characteristics of middle eastern breads.** Journal of Food Science, 48: 1654-1658.

Faridi H.A., Finney P.L., Rubenthaler G.L., Hubbard J.D. 1982. **Functional (breadmaking) and compositional characteristics of Iranian flat breads.** Journal of Food Science, 47: 926-929.

Faridi H.A., Ranhotra G.S., Finney P.L., Rubenthaler G.L. 1982. **Protein quality characteristics of Iranian flat breads.** Journal of Food Science, 47: 676-677.

Fast R.B., Caldwell E.F. 2000. **Breakfast cereals and how they are made, 2nd Ed.** American Assiciation of Cereal Chemists (AACC), Inc. St. Paul, Minnesota

Hamer R.J., Hoseney R.C. 1998. **Interactions: the keys to cereal quality.** American Assiciation of Cereal Chemists (AACC), Inc. St. Paul, Minnesota, USA

Hamer R.J., van Vliet T. **Understanding the structure and properties of gluten: An overview.** In: Shewry PR, Tatham AS, editors. Wheat Gluten: The proceedings of the 7th International Gluten Workshop; 2000: Royal Society of Chemistry; 2000. p. 125-131.

Hamer R.J., Weegels P.L., Orsel R. **The polymerisation of glutenin in relation to end-use quality.** Proceedings of international meeting - wheat kernel proteins: molecular and functional aspects; 1994; 1994. p. 139-144.

Hoseney R.C. 1998. **Principals of cereal science and technology. 2nd Ed.** American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota

Jongen T.R.G., Bruschke M.V., Dekker J.G. 2003. **Analysis of dough kneaders using numerical flow simulations.** Cereal Chemistry, 80: 383-389.

Kaletunc G., Breslauer K.J. 2003. **Characterization of cereals and flours: properties, analysis, and applications.** Marcel Dekker, Inc. New York

Kent N.L., Evers A.D. 1994. **Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture, 4th Ed.** Elsevier Science, Ltd. Oxford

Kent-Jones D.W., Amos A.J. 1967. **Modern Cereal Chemistry.** Food Trade Press, LTD. London

Kieffer R., Wieser H., Henderson M.H., Graveland A. 1998. **Correlations of the breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale.** Journal of Cereal Science, 27: 53-60.

Kilborn R.H., Tipples K.H. 1972. **Factors affecting mechanical dough development. I. effect of mixing intensity and work input.** Cereal Chemistry, 49: 34-47.

Kleiber D., Tipples K.H. 1974. **Implications of the mechanical development of bread dough by means of sheeting rolls.** Cereal Chemistry, 51: 648-657.

Kruger J.E., Matsuo R.B., Dick J.W. 1996. **Pasta and noodle technology.** American Assiciation of Cereal Chemists (AACC), Inc. St. Paul, Minnesota, USA

Kulp K. 1988. **Bread industry and processes.** Pages 371-406. In: Wheat:chemistry and technology. Pomeranz Y, ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota.

Kulp K., Lorenz K. 2003. **Handbook of dough fermentations.** Marcel Dekker, Inc. New York

Kulp K., Ponte J.G. 2000. **Handbook of cereal science and technology, 2nd Ed.** Marcel Dekker, Inc. New York

MacRitchie F. 1980. **Studies of gluten protein from wheat flours.** Cereal Foods World, 25: 382-385.

MacRitchie F. 1986. **Physicochemical processes in mixing. In: Chemistry and Physics of Baking: Materials, Processes and Products.** Blanshard JMV, Frazier PJ, Galliard T, eds. Royal Society of Chemistry. London.

Mani K., Eliasson A.C., Lindahl L., Tragardh C. 1992. **Rheological properties and breadmaking quality of wheat flour doughs made with different dough mixers.** Cereal Chemistry, 69: 222-225.

Manley D. 2000. **Technology of biscuits, crackers and cookies, 3rd Ed.** Woodhead Publishing Ltd. Cambridge

Orth R.A., Bushuk W. 1972. **A comparative study of proteins of wheats of diverse baking quality.** Cereal Chemistry, 49: 268-275.

Orth R.A., Shellenberger J.A. 1988. **Origion, production, and utilization of wheat.** Pages 1-14. In: Wheat: chemistry and technology, vol I. Pomeranz Y, ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota.

Owens G. 2001. **Cereals processing technology.** Woodhead Publishing Ltd. Cambridge

Peighambardoust S.H., Dadpour M.R., Dokouhaki M. 2010. **Application of epifluorescence light microscopy (EFLM) to study the microstructure of wheat dough: a comparison with confocal scanning laser microscopy (CSLM) technique.** Journal of Cereal Science, 51:21-27.

Peighambardoust S.H., Fallah E., Hamer R.J., van der Goot A.J. 2010. **Aeration of bread dough influenced by different way of processing.** Journal of Cereal Science, 51:89-95.

Peighambardoust S.H., Hamer R.J., Boom R.M., van der Goot A.J. 2008. **Migration of gluten under shear flow as a novel mechanism for separating wheat flour into gluten and starch.** Journal of Cereal Science, 48: 327-338.

Peighambardoust S.H., van der Goot A.J. 2010. **Migration of gluten under shear flow: Influence of process parameters on separation behaviour.** Food Chemistry, 118: 712-718.

Peighambardoust S.H., van Brenk S., van der Goot A.J., Hamer R.J., Boom R.M. 2007. **Dough processing in a Couette-type device with varying eccentricity: effect on glutenin macro-polymer properties and dough micro-structure.** Journal of Cereal Science, 45: 34-48.

Peighambardoust S.H., van der Goot A.J., Boom R.M., Hamer R.J. 2006. **Mixing behaviour of a zero-developed dough compared to a flour-water mixture.** Journal of Cereal Science, 44: 12-20.

Peighambardoust S.H., van der Goot A.J., Hamer R.J., Boom R.M. 2004. **A new method to study simple shear processing of wheat gluten-starch mixtures.** Cereal Chemistry, 81: 714-721.

Peighambardoust S.H., van der Goot A.J., Hamer R.J., Boom R.M. 2005. **Effect of simple shear on the physical properties of glutenin macro polymer (GMP).** Journal of Cereal Science, 42: 59-68.

Peighambardoust S.H., van der Goot A.J., Hamer R.J., Boom R.M. 2006. **Process for the separation of gluten and starch.** European Patent: WO 2006123932.

Peighambardoust S.H., van der Goot A.J., van Vliet T., Hamer R.J., Boom R.M. 2006. **Microstructure formation and rheological behaviour of dough under simple shear flow.** Journal of Cereal Science, 43: 183-197.

Peressini D., Peighambardoust S.H., Hamer R.J., Sensidoni A., van der Goot A.J. 2008. **Effect of shear rate on microstructure and rheological properties of sheared wheat doughs.** Journal of Cereal Science, 48: 426-438.

Pomeranz Y. 1988. **Wheat: chemistry and technology, Vol I and II.** 3rd Ed. American Assiciation of Cereal Chemists (AACC), Inc. St. Paul, Minnesota, USA

Posner E.S., Hibbs A.N. 2005. **Wheat flour milling, 2nd Ed.** American Assiciation of Cereal Chemists (AACC), Inc. St. Paul, Minnesota, USA

Qarooni J., Ponte J.G., Posner E.S. 1992. **Flat breads of the world.** Cereal Foods World, 37: 863-865.

Qarooni J., Posner E.S., Ponte J.G. 1993. **Production of pita bread with hard white and other United-States wheats.** Food Science and Technology (Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie), 26: 93-99.

Qarooni J., Posner E.S., Ponte J.G. 1993. **Production of Tanoor bread with hard white and other United-States wheats.** Food Science and Technology (Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie), 26: 100-106.

Qarooni J., Wootton M., McMaster G. 1989. **Factors affecting the quality of Arabic bread - additional ingredients.** Journal of the Science of Food and Agriculture, 48: 235-244.

Sluimer P. 2005. **Principles of breadmaking: functionality of raw materials and process steps.** American Assiciation of Cereal Chemists (AACC), Inc. St. Paul, Minnesota, USA

Van der Goot A.J., Peighambardoust S.H. 2006. **Een nieuwe kijk op een oud process: Het kneden van deeg.** NPT-Procestechnologie, 6: 8-9.

Van der Goot A.J., Peighambardoust S.H., Akkermans C., Manski J. 2008. **Creating novel structures in food materials: the role of well-defined shear flow.** Food Biophysics, 3: 120-125.

Wilson A.J., Wooding A.R., Morgenstern M.P. 1997. **Comparison of work input requirement on laboratory-scale and industrial-scale mechanical dough development mixers.** Cereal Chemistry, 74: 715.

منابع فارسی

آراسته ن. ۱۳۷۰. **تکنولوژی غلات: اصول مقدماتی برای دانشجویان رشته صنایع غذایی و کشاورزی**. معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی. مشهد

اکبرنیا ع.، آذرباد ح. ۱۳۸۵. **تکنولوژی آسیابانی: از گندم تا آرد**. انتشارات مرز دانش. تهران

پایان ر. ۱۳۷۷. **مقدمه ای بر تکنولوژی فرآورده های غلات**. انتشارات نوپردازان. تهران

پیغمبردوست س. ه. ۱۳۸۷. **تکنولوژی تولید بیسکویت، کوکی و کراکر: جلد اول و دوم**. انتشارات نوپردازان و عمیدی. تهران

پیغمبردوست س. ه.، اولادغفاری ع. ۱۳۸۸. **تکنولوژی فرآورده های ماکارونی**. انتشارات عمیدی. تبریز

پیغمبردوست س. ه.، اولادغفاری ع.، اردبیلی س.س. ۱۳۸۶. **بررسی تأثیر دماهای بالا در مرحله خشک کردن روی کیفیت پخت اسپاگتی**. دانش کشاورزی، شماره ۲، جلد ۱۷: ۱۵۷-۱۷۰.

پیغمبردوست س. ه.، اولادغفاری ع.، حصاری چ. ۱۳۸۰. **بررسی تأثیر افزودن ضایعات حاصل از برش فرآورده های ماکارونی روی کیفیت اسپاگتی**. دانش کشاورزی، شماره ۳، جلد ۱۱: ۵۵-۶۶.

حجتی م.، عزیزی م. ۱۳۸۳. **تکنولوژی نان‌های مسطح**. انتشارات اندیشمند. تهران

راست منش س.ر. ۱۳۸۱. **فن آوری کیک و کلوچه**. نشر علوم کشاورزی. تهران

رجب زاده ن. ۱۳۷۲. **تکنولوژی نان**. انتشارات دانشگاه تهران. تهران

رجب زاده ن. ۱۳۷۵. **تکنولوژی آماده سازی و نگهداری غلات**. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد

رجب زاده ن. ۱۳۸۲. **مبانی فناوری غلات، جلد اول و دوم**. انتشارات دانشگاه تهران. تهران

شهیدی ف.، ناصحی ب.، راستگو آ. ۱۳۸۶. **تکنولوژی فرآورده های خمیری**. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد

ظفری ع. ۱۳۸۳. **راهنمای حل مشکلات صنایع آرد، جلد اول و دوم**. موسسه نشر علوم کشاورزی و مجتمع نان آوران سبوس. تهران

کدیور م.، ماهرانی م.، مقتدایی ل.، جمشیدیان م. ۱۳۸۷. **راهنمای حل مشکلات محصولات نانوائی**. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان

Technology of

Cereal Products

Volume 1

By:

Dr. S.H. Peighambardoust

Department of Food Science, College of Agriculture,

University of TABRIZ, IRAN

Tabriz University of Medical Sciernces Publications