

غلات



مدرسان شریف

فصل اول

«ساختمان غلات»

غلات در میان تمامی انواع مواد غذایی بشر به عنوان قوت غالب (Staple food) مطرح است. در کشورهای صنعتی، بالغ بر ۵۰٪ کربوهیدرات، ۱۳٪ پروتئین و ۵۵٪ ویتامین‌های گروه ب از طریق مصرف نان تأمین می‌شود. این نسبت‌ها در کشورهای در حال توسعه، بیشتر است و در بعضی موارد تا ۸۵٪ کالری مردم در این کشورها را نان تأمین می‌کند. غلات، منبع مناسب املاح و عناصر کم مقدار نیز به شمار می‌آیند.

نکته ۱: منشأ وجود غلات به علف‌های وحشی بازمی‌گردد.

جو از جمله اولین غلاتی است که در ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد در بابل و مصر شناخته شده است. برنج و ذرت، نخست در نواحی گرم استوایی، جنوب شرقی آسیا و سپس امریکای جنوبی و مرکزی کشت شده و سابقه آن‌ها به ۵۰۰۰ سال قبل می‌رسد. سابقه کشت ارزن به زمان‌های بسیار دور بازمی‌گردد و کشت آن در نواحی استوایی آسیا و آفریقا معمول بوده است. چاودار و جوی دوسر ابتدا به طور خودرو همراه با سایر غلات روییده است و به مرور زمان توانستند در نواحی شمالی، با آب و هوای نامناسب، سازگاری پیدا کنند.

نکته ۲: چاودار و جوی دوسر به غلات ثانویه معروف هستند.

تریتیکاله، اولین غله ساخته بشر است. این گیاه محصولی موفق از تلاقی گندم و چاودار بوده که از طرفی دارای خصوصیات مطلوب چاودار (رشد سریع، قابلیت تولید در اراضی فقیر و کم بازده، مقاومت به سرما، بالا بودن مقدار اسید آمینه لیزین) و از طرف دیگر دارای خصوصیات نانواپی گندم است.

کلمه مثال ۱: تریتیکاله از تلاقی کدام غلات ساخته شده است؟

- ۱) گندم و جو ۲) جو و ذرت ۳) ذرت و چاودار ۴) چاودار و گندم
- پاسخ: گزینه «۴» تریتیکاله، محصول تلاقی گندم و چاودار است.

نکته ۳: تریتیکاله دارای هکتولیتز پایین، ظاهر نامناسب و عملیات آسیاب نامطلوب است.

دانه‌های غلات از نظر ساختمانی به خانواده گرامینه (گندمیان) تعلق دارند. دانه غلات به کاربوپسیس (دانه خشک و ناشکوفه) معروف است. بر روی کاربوپسیس، پوشش میوه یا پریکارپ قرار دارد که دانه را احاطه کرده و کاملاً به پوشش دانه چسبیده است. دانه مشتمل بر جوانه و اندوسپرم است و به وسیله اپیدرمیس و پوشش دانه احاطه شده است. کاربوپسیس تمامی غلات در داخل بخش‌هایی قرار دارد که در واقع فرم تغییر شکل یافته برگ‌های گیاه هستند. همین بخش‌ها هستند که اصطلاحاً به آن‌ها کال یا پوشال گفته می‌شود. در محصولاتمانند برنج، جو و جو دوسر، لفاف و پوشش گل، کاربوپسیس را آنچنان محکم در بر گرفته‌اند که بعد از خرمن کوبی نیز بر روی آن باقی می‌مانند و تشکیل پوسته (Hull) می‌دهند. در مورد گندم، چاودار، ذرت، سورگوم و ارزن، پوسته و دانه به راحتی در ضمن خرمن کوبی از یکدیگر جدا می‌شوند و در این حالت به دانه، پوست کنده گفته می‌شود.

کلمه مثال ۲: کدام دانه غله دارای Hull نمی‌باشد؟

- ۱) ذرت ۲) جو ۳) یولاف ۴) برنج
- پاسخ: گزینه «۱» در برنج، جو و جو دوسر، لفاف و پوشش گل آنچنان محکم کاربوپسیس را دربر گرفته که بعد از خرمن کوبی نیز بر روی آن باقی می‌ماند و تشکیل پوسته (Hull) را می‌دهد. باید توجه کرد که یولاف نام دیگر جو دوسر است.

گندم (Wheat)

دانه گندم همانند سایر غلات از سه قسمت جوانه، آندوسپرم و پوسته تشکیل شده است. مقطع طولی کاربوپسیس گندم به شکل شماتیک در شکل ۱ ملاحظه می‌شود. دانه گندم به طور متوسط ۸ میلی متر طول و ۳۵ میلی گرم وزن دارد. اندازه دانه برحسب رقم و موقعیت آن‌ها بر روی سنبله متغیر است. گندم، گیاهی یک ساله از جنس تریتیکوم (Triticum) است که از نظر میزان مصرف، مهم‌ترین غله جهان است. این غله در خاک‌های لومی سنگین و رسی و در آب و هوای نیمه استوایی، معتدل گرم و معتدل سرد، بهترین راندمان را دارد. راندمان تولید بالا، سازگاری با انواع آب و هوا، قابلیت پخت و خواص



منحصر به فرد تغذیه‌ای و صنعتی و دارا بودن گلوتن، سبب شده است که هیچ غله دیگری قابلیت رقابت با آن را نداشته باشد. دانه گندم در قسمت پشتی به صورت مدور و در سوی دیگر دارای یک شیار (Crease) است. این شیار تمامی طول دانه را دربر می‌گیرد و تقریباً در مرکز دانه قرار دارد. این شیار نه تنها در آسیاب، جداسازی سبوس از آندوسپرم را مشکل می‌کند، بلکه محل مناسبی نیز برای پنهان شدن میکروارگانیسم‌ها و گرد و غبار است.

نکته ۴: شیار دانه گندم در مقابل جوانه قرار دارد.

برای تولید آرد نانواپی، از گونه **تریتیکوم وولگار** (Triticum Vulgar) استفاده می‌شود. آرد مورد استفاده برای تولید کیک و بیسکویت نیز از همین گونه تأمین می‌گردد.

جهت تولید سمولینا (آرد مخصوص تولید ماکارونی) از گونه **تریتیکوم دوروم** (Triticum Durum) استفاده می‌شود. این گندم، زرد رنگ و **تتراپلوئید** است. گونه **تریتیکوم کمپکتوم** (Triticum Compactum) دارای مقدار پروتئین کمی است که سبب تردی و شکنندگی آن می‌شود و از آرد آن برای تولید محصولات قنادی و بیسکویت استفاده می‌گردد. این گونه، سفید رنگ است.

کلمه مثال ۳: جهت تولید سمولینا از کدام گونه گندم استفاده می‌شود؟

- (۱) تریتیکوم کمپکتوم (۲) تریتیکوم دوروم (۳) تریتیکوم وولگار (۴) گندم آمبر

پاسخ: گزینه «۲» گندم مناسب جهت تولید سمولینا، از گونه تریتیکوم دوروم می‌باشد که آرد آن زرد رنگ است.

دانه گندم از نظر بافت (سختی یا نرمی) و رنگ، دارای گستردگی بسیار است. تغییرات در بافت در ارتباط با نحوه پیوند با آندوسپرم است. رنگ گندم معمولاً سفید یا قرمز و گاهی نیز ارغوانی یا آبی است و در ارتباط با رنگیزه‌های موجود در تستا یا لایه آلرون می‌باشد. نوع رنگیزه‌ها و وجود یا عدم وجود آن‌ها تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است و بنابراین می‌توان با روش‌های اصلاح نباتات، آن‌ها را تغییر داد تا رنگ مطلوب به دست آید.

نکته ۵: رنگدانه در گندم قرمز و سفید عمدتاً در لایه تستا، در گندم آبی عمدتاً در لایه آلرون و در گندم ارغوانی در لایه پریکارپ است. پریکارپ دانه گندم شامل پریکارپ خارجی و داخلی است و پریکارپ خارجی همان قسمتی است که اصطلاحاً به آن **بال زنبوری** (Beeswing) می‌گویند. پریکارپ خارجی شامل لایه‌های اپیدرمیس، هیپودرمیس و سلول‌های با دیواره نازک است. پریکارپ داخلی، شامل سلول‌های واسط، سلول‌های عرضی (مقاطع) و سلول‌های لوله‌ای شکل است.

پوسته به صورت لایه‌ای، اطراف آندوسپرم و جوانه را احاطه کرده و حدود ۱۵-۱۴٪ از وزن دانه را تشکیل می‌دهد.

نکته ۶: درصد پوسته در گندم‌های بهاره بیشتر از گندم‌های پاییزه است.

پوسته از سه بخش تشکیل شده است:

الف) سه لایه مجزا به نام‌های پریکارپ، مزوکارپ و اندوکارپ که این لایه‌ها

حدود ۳٪ از وزن دانه را تشکیل می‌دهند. محتوی مواد معدنی بالا بوده و پروتئین آن فاقد گلوتن است. پریکارپ، پوشش میوه نیز نامیده می‌شود که لایه اپیدرمین و سلول‌های عرضی و طولی را دربرمی‌گیرد.

ب) لایه تستا: حدود ۱٪ از وزن دانه را تشکیل می‌دهد. پیگمان‌های رنگی دانه گندم (گزانتوفیل‌ها) در این لایه قرار دارند. این لایه از دو بخش تشکیل شده است:

۱- **لایه قهوه‌ای:** که از دو لایه سلولی متراکم تشکیل شده است.

۲- **لایه هیالین:** که بین لایه تستا و آلرون قرار دارد و بی‌رنگ است.

ج) لایه نیوسلار: لایه‌ای غیر قابل نفوذ نسبت به رطوبت است که بر روی آندوسپرم قرار دارد و آن را در برابر رطوبت محافظت می‌کند و ۲-۱٪ وزن دانه را تشکیل می‌دهد. در شکل ۱ ساختمان کامل دانه گندم نشان داده شده است.

کلمه مثال ۴: کدام لایه، حاوی نیمی از خاکستر دانه گندم است؟

- (۱) آلرون (۲) تستا (۳) هیالین (۴) لایه قهوه‌ای

پاسخ: گزینه «۱» در لایه آلرون، مواد غیر پروتئینی شامل چربی، مواد رنگی، ویتامین‌ها و ... نیز وجود دارند و عملاً نیمی از خاکستر دانه در این لایه قرار دارد.

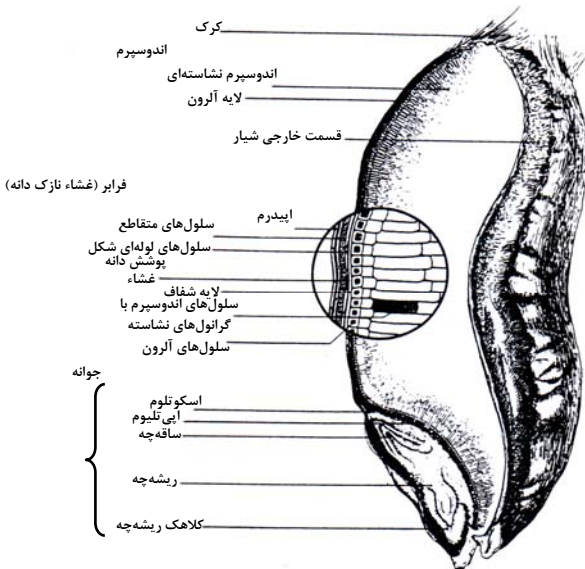
نکته ۷: ۵٪ وزن دانه را پریکارپ تشکیل می‌دهد.

پوشش دانه از خارج به شکل محکمی به سلول‌های لوله‌ای شکل و از داخل به اپیدرمیس متصل است و خود آن، سه لایه دارد:

الف) لایه خارجی ضخیم

ب) لایه‌ای که حاوی پیگمان‌ها است

ج) لایه نازک داخلی



شکل ۱: نمای برش طولی دانه گندم

لایه آلرون عموماً با ضخامت یک سلول مکعبی شکل، دانه را به صورت کامل احاطه کرده است و هر دو بخش جوانه و اندوسپرم را دربرمی‌گیرد و در حین آسیاب کردن گندم، این لایه همراه با لایه اپیدرمیس، پوشش دانه و پریکارپ، تشکیل سبوس (Bran) می‌دهند. آلرون، عاری از نشاسته بوده و دارای فعالیت آنزیمی بسیار بالاست.

نکته ۸: آلرون، خارجی‌ترین لایه اندوسپرم است.

جنین یا جوانه ۳٪ وزن دانه را تشکیل می‌دهد. جوانه فاقد نشاسته است، اما از نظر ویتامین‌های گروه B و نیز برخی از آنزیم‌ها غنی است. همچنین مقدار ویتامین E آن بالا بوده و قندهای آن عمدتاً سوکروز و رافینوز می‌باشد. میزان α -توکوفرول نیز در جوانه بالاست. پروتئین موجود در جوانه نیز بر کیفیت خمیر حاصل از آرد اثر نامطلوب دارد. بنابراین باید در هنگام آسیاب کردن، جوانه را از آرد جدا کرد. اندوسپرم بخش عمده دانه غلات و آرد را تشکیل می‌دهد که حدود ۸۵٪ از وزن دانه و ۷۵٪ از مواد پروتئینی دانه را تشکیل می‌دهد. حدود ۴/۰٪ از آن، شامل مواد معدنی (خاکستر) است.

در اندوسپرم، سلول‌های نشاسته‌ای در شبکه‌ای از پروتئین‌ها قرار دارند. هرچه به مرکز دانه نزدیک‌تر شویم، از میزان پروتئین کاسته شده و به نشاسته افزوده می‌شود. به طوری که میزان پروتئین در نزدیکی مرکز دانه حدود ۷/۵٪ است و در قسمت‌های نزدیک به پوسته مقدار آن تا حدود ۱۶٪ نیز افزایش می‌یابد. به راحتی می‌توان اجزای دانه را تفکیک کرد و آرد با درصد‌های متفاوت پروتئین و نشاسته به دست آورد. آردی که از بخش مرکزی دانه به دست می‌آید، با وجود پروتئین کمتر، کیفیت گلوتن بالاتری دارد و آرد نول (قنادی) نامیده می‌شود. سلول‌های لایه آلرون به صورت منظم یکنواخت و دارای دیواره ضخیم هستند که پروتئین نیز دارند، اما این پروتئین گلوتن نیست. لایه آلرون تنها اندوسپرم را احاطه کرده است و جوانه را دربر نمی‌گیرد. در این لایه، نشاسته وجود ندارد و پروتئین‌های آن جزء گلوبولین‌ها است.

در لایه آلرون علاوه بر پروتئین، چربی، مواد رنگی، مواد حاوی لسیتین، ویتامین‌ها و آنزیم‌های مختلف نیز ذخیره می‌شوند و عملاً نیمی از خاکستر دانه در این لایه قرار دارد. این لایه در تمامی غلات به جز جو دارای یک ردیف سلول است و به دلیل دارا بودن اثر منفی بر کیفیت آرد و خمیر، باید در هنگام آسیاب کردن جدا شود. این لایه از لحاظ تغذیه‌ای نیز به دلیل دارا بودن اسیدفیتیک، نامطلوب است. لایه آلرون حدوداً ۶-۷٪ وزن دانه را تشکیل می‌دهد.

مثال ۵: لایه آلرون در کدام غله به صورت مرکب و چند لایه است؟

- ۱) جو ۲) جو دوسر ۳) ذرت ۴) گندم

پاسخ: گزینه «۱» لایه آلرون در تمامی غلات به جز جو دارای یک ردیف سلول است.

اندوسپرم شامل لایه آلرون، خود از سه نوع سلول ساخته شده است:

الف) سلول‌های محیطی (ب) سلول‌های منشوری (شکل ج) سلول‌های مرکزی

دیواره سلول‌های اندوسپرم، حاوی پنتوزان‌ها و سایر همی سلولزها است، اما سلولز ندارند. ضخامت دیواره سلول‌ها برحسب موقعیت قرار گرفتن آن‌ها در دانه، متفاوت است، بدین ترتیب که سلول‌های نزدیک به لایه آلرون، ضخیم‌تر از بقیه هستند. علاوه بر این ضخامت دیواره سلول‌ها، برحسب رقم گندم و انواع سخت یا نرم گندم نیز متفاوت است. تفاوت بین دانه‌های سخت و نرم دانه گندم، منجر به انتخاب هریک از آن‌ها برای مصارف خاصی می‌شود. گندم‌های سخت یا گندم‌های مناسب نان در مواقعی انتخاب می‌شوند که نیاز به جذب آب زیادی است.

نکته ۹: مقادیر همی سلولز بالای موجود در گندم‌های سخت، عامل اصلی جذب زیاد آب است.

تفاوت دیگر دانه‌های سخت و نرم در نحوه شکسته شدن آن‌هاست. در گندم‌های سخت، بیشتر دیواره‌های سلول شکسته می‌شوند و شکستگی در محتویات آن کمتر است، در حالی که در گندم‌های نرم، شکستگی بیشتر در محتویات سلول اتفاق می‌افتد. براین اساس نشاسته و پروتئین در گندم‌های سخت، محکم به هم پیوند خورده و در نتیجه دیواره سلولی ضعیف‌تر از محتویات سلول است. در این حالت، پروتئین نه تنها سطح نشاسته را به خوبی پوشش می‌دهد، بلکه بین آن‌ها پیوندهای قوی نیز برقرار است. پروتئین در گندم‌های نرم، سطح نشاسته را به طور کامل دربرنگرفته است و از آنجا که پیوند بین آن‌ها به راحتی شکسته می‌شود می‌توان دریافت که پیوند بین آن‌ها قوی نیست.

نکته ۱۰: قدرت اتصال بین پروتئین و نشاسته همان چیزی است که از آن به عنوان سختی دانه یاد می‌شود.

پیوند بین پروتئین و نشاسته به وسیله آب، ضعیف و شکسته می‌شود. **Friabilin** و **Puroindolin** دو پروتئین متصل به نشاسته هستند که در گندم‌های نرم به وفور دیده می‌شوند اما در گندم‌های سخت یا نیستند یا بسیار کم مقدار هستند.

برخی ارقام گندم دارای ظاهر شیشه‌ای است، در حالی که بعضی دیگر ظاهری مات و آردی دارند. دانه‌های با اندوسپرم شفاف، معروف به دانه‌های سخت و با پروتئین زیاد هستند و دانه‌های مات معروف به دانه‌های نرم و کم پروتئین‌اند. در دانه‌های مات، فضاهای خالی هوا وجود دارد که این فضاها، نور را شکسته و آن را پراکنده می‌کنند. در دانه‌های سخت که این فضا وجود ندارد، نور در حد فاصل دانه و هوا شکسته شده و سپس از درون دانه بدون شکسته شدن عبور می‌کند و بنابراین دانه ظاهر شیشه‌ای می‌یابد.

نکته ۱۱: وجود هوا باعث تراکم کمتر دانه‌های مات می‌شود.

این فضاهای خالی حاوی هوا در دوران خشک کردن (شدن) ایجاد می‌شوند. با از دست دادن آب، پروتئین جمع می‌شود و سپس شکسته می‌شود (ترک برمی‌دارد) و فضا ایجاد می‌شود. در دانه‌های شیشه‌ای، پروتئین هرچند جمع می‌شود ولی دست نخورده باقی می‌ماند.



در تجارت، گندم براساس خواص و نه از نظر خصوصیات گیاه‌شناسی، طبقه‌بندی می‌شود. خصوصیات مانندی، رنگ، میزان پروتئین، بهاره یا زمستانه بودن از جمله این خواص هستند. معمولاً گندم‌ها را به دو دسته کلی گندم بهاره و گندم زمستانه تقسیم بندی می‌کنند. این دو نوع علاوه بر آن که دانه‌هایشان از نظر رنگ، بافت، شکل و... با هم فرق دارد، شرایط رشد و نمو آنها نیز با هم متفاوت است. این دو نوع گندم را در دو زمان مختلف در سال کشت می‌کنند. همانطور که اشاره گردید دانه گندم، دارای شیار است که در طول دانه قرار می‌گیرد. عمق این شیار در گندم‌های زمستانه، زیاد و در گندم‌های بهاره، کم است. طرفین این شیار در گندم‌های بهاره، گرد و در گندم‌های زمستانه، گوشه‌دار است.

در ارتباط با بهاره و زمستانه بودن گندم، باید گفت که گندم زمستانه گندمی است که در اوایل پاییز کشت می‌شود و در فصل زمستان ضمن استفاده از رطوبت، سرما را سپری می‌کند و سپس در فصل بهار با وفور آب و آفتاب به رشد خود ادامه می‌دهد و سرانجام در اواخر بهار یا اوایل تابستان برداشت می‌شود. گندم بهاره در فصل بهار و اواخر زمستان در مناطقی که دارای زمستان‌های بسیار سرد و یخبندان هستند کشت می‌شود و موقع برداشت آن اواخر تابستان است. گندم‌های قرمز معمولاً دارای سختی بیشتری نسبت به گندم‌های سفید هستند.

نکته ۱۲: گندم‌های قرمز سخت بهاره و زمستانه، گلوتن بیشتری دارند و به همین دلیل، ارزش تهیه نان از آنها بیشتر است.

مثال ۶: کدام یک از انواع گندم‌های زیر برای تولید بیسکویت مناسب است؟

(۱) گندم دوروم (۲) گندم قرمز بهاره (۳) گندم سخت قرمز زمستانه (۴) گندم نرم قرمز زمستانه

پاسخ: گزینه «۴» برای تولید بیسکویت باید از آرد گندمی استفاده کرد که درصد پروتئین نسبتاً کمی داشته باشد، بنابراین گندم نرم قرمز زمستانه برای این هدف مناسب است.

ترکیبات دانه گندم

عمده‌ترین ترکیبات در دانه گندم نیز همانند سایر غلات، عبارتند از: **کربوهیدرات، پروتئین، رطوبت، چربی، فیبر، املاح، ویتامین، آنزیم و مواد رنگی.**

کربوهیدرات

کربوهیدرات عمدتاً به شکل **نشاسته** در دانه وجود دارد که محل عمده آن، اندوسپرم است.

دکسترین حاصل از اثر آلفا آمیلاز بر آمیلوپکتین، دارای اثر نامطلوبی بر نان حاصل از آرد است و سبب چسبندگی شدن پوسته نان می‌شود.

نشاسته، نوعی پلی ساکارید است که در آب سرد نامحلول است، اما در آب داغ، آب جذب کرده و متورم می‌شود و از شکل اولیه خارج شده و ژلاتینه می‌گردد. نشاسته به صورت گرانول‌های کوچک در دانه ذخیره می‌شود که اندازه و شکل آن‌ها در غلات مختلف با هم فرق دارد که با استفاده از همین ویژگی می‌توان به منبع اولیه آنها پی برد و چنانچه مثلاً آرد غلات مختلف با همدیگر مخلوط شده باشند، می‌توان آن را تشخیص داد.

نکته ۱۳: گرانول‌های نشاسته برنج و جو دوسر به صورت مرکب است.

میزان نشاسته در دانه غلات به عواملی از قبیل شرایط جوی، درصد استخراج و عوامل نژادی بستگی دارد. این گرانول‌ها از دو قسمت **آمیلوز** و

آمیلوپکتین تشکیل شده‌اند. آمیلوز خطی است و $\frac{1}{4}$ وزن نشاسته را تشکیل می‌دهد و از حدود ۵۰۰۰ واحد گلوکز تشکیل شده است و آمیلوپکتین به

صورت زنجیر انشعابی است و مرکب از یک میلیون واحد گلوکز است.

نکته ۱۴: برخلاف سایر غلات، گرانول‌های نشاسته سورگوم در پریکارپ آن قرار دارد.

آنزیم آلفا آمیلاز بر شاخه‌های انشعابی آمیلوپکتین اثر کرده و آن را تبدیل به **دکسترین** و **مالتوز** می‌کند. بتا آمیلاز بر آمیلوز اثر کرده و آن را تبدیل به **مالتوز** می‌کند. البته بتا آمیلاز قادر است که بر شاخه‌های انشعابی آمیلوپکتین هم اثری اندک بگذارد. اگر تنها بتا آمیلاز در محیط موجود باشد آمیلوز و زنجیره‌های انشعابی آمیلوپکتین شکسته می‌شود و مالتوز و آمیلوپکتین ناقص به دست می‌آید که نوعی کمپلکس دکسترین با وزن مولکولی بالا است و با ید، رنگ ارغوانی می‌دهد.

– اگر آلفا آمیلاز در محیط موجود باشد دکسترین با وزن مولکولی پایین از تجزیه آمیلوپکتین به دست می‌آید که وجود این ترکیبات در نان، مطلوب نیست زیرا پوسته آن را چسبندگی می‌کند. این ترکیبات با ید رنگ نمی‌شوند و به این ترتیب قابل تشخیص هستند.

نشاسته حدود ۷۰٪ از وزن کل دانه را تشکیل می‌دهد و میزان آن در دانه به عواملی از قبیل گونه دانه، درصد استخراج و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. با افزایش درجه حرارت، نشاسته تا حدود ۳۰٪ از وزن خود، آب جذب می‌کند و متورم می‌شود. این عمل در هنگام پخت نان حائز اهمیت است. هنگام پخت، گلوتن خاصیت خود را از دست داده و منعقد می‌شود. آبی را که گلوتن از دست می‌دهد نیز نشاسته جذب می‌کند. با بالا رفتن دما، نشاسته متورم می‌شود، می‌ترکد و چسبندگی می‌شود، به این عمل، **ژلاتینه شدن** می‌گویند که از دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد شروع شده و در دمای حدود ۹۵ درجه سانتی‌گراد تکمیل می‌شود. در دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، نشاسته تبدیل به دکسترین می‌گردد که عبارتند از: آمیلودکسترین، اریترودکسترین. خود این مواد تبدیل به مالتوز و گلوکز می‌شوند. دکسترین در کیفیت نانوازی آرد تأثیر زیادی دارد، از جمله اینکه در تردی و بهبود رنگ پوسته مؤثر است و به همین دلیل است که در پارهای از کارخانه‌ها لایه نازکی از محلول دکسترین را روی سطح نان می‌مالند تا رنگ قهوه‌ای شفاف و خوبی به دست آید.

نکته ۱۵: تغییراتی را که پس از ژلاتینه شدن نشاسته بروز می‌کند، در اصطلاح **Pasting** می‌نامند.

تورم نشاسته علاوه بر درجه حرارت، رطوبت و آسیب‌دیدگی گرانول‌ها به درجه استخراج آرد نیز بستگی دارد. ضمن اینکه هرچه دانه یا آرد کهنه‌تر باشد همچنین نشاسته دارای ذرات درشت‌تر باشد، تورم نشاسته در دمای بالاتری روی می‌دهد.

دکسترین که از تجزیه نشاسته در دمای بیش از 100°C حاصل می‌شود، به میزان کم سبب بهبود رنگ پوسته نان می‌گردد. به علت این اهمیت، آن را تحت عنوان عدد دکسترین اندازه‌گیری می‌کنند.

عدد دکسترین معرف تجزیه نشاسته است و توسط این عدد می‌توان به میزان آسیب‌دیدگی نشاسته پی برد. چنانچه این عدد در آرد کمتر از 10° باشد، پائین، بین $10-13$ متوسط، از $14-16$ خوب و چنانچه بالاتر از 20 باشد نامطلوب است و نشان دهنده آسیب‌دیدگی نشاسته است.

نکته ۱۶: برخلاف دکسترین، میزان مالتوز در زمان پخت کاهش می‌یابد.

از دیگر کربوهیدرات‌های مهم، پنتوزان‌ها هستند که در گندم، بیش از 75% از دیواره سلول‌های اندوسپرم را تشکیل می‌دهند. پنتوزان‌ها سبب جذب و نگهداری آب در نان و به تأخیر افتادن بیاتی می‌شوند.

پنتوزان‌ها عمدتاً از D- گزیلوز و L- آرابینوز تشکیل شده‌اند و به طور کلی قسمت اعظم آنها را آرابینوگزیلان (محلول در آب) تشکیل می‌دهد.

قسمتی از پنتوزان در آب محلول و قسمت دیگر نامحلول است. پنتوزان محلول در حدود $20-15$ برابر، آب بیشتری جذب می‌کنند. پنتوزان غیرمحلول در اثر جذب آب متورم می‌شود و از این نظر روی خواص رئولوژیکی اثر مثبتی داشته و خواص پخت را بهبود می‌دهد.

در مجموع، مهم‌ترین ویژگی کربوهیدرات‌ها تشکیل ساختار نان و جذب آب در خمیر است. نشاسته حدود 50% آب خمیر را جذب می‌کند و پنتوزان‌ها نیز با وجود اینکه تنها $5/21\%$ وزن خمیر را تشکیل می‌دهند، 25% از آب خمیر را جذب می‌کنند.

مثال ۷: کدام عدد دکسترین نشان دهنده آسیب‌دیدگی نشاسته است؟

۲۲ (۴)

۱۸ (۳)

۱۴ (۲)

۱۰ (۱)

پاسخ: گزینه «۴» عدد دکسترین نشانه میزان تجزیه شدن نشاسته است و چنانچه بیش از 20 باشد، آسیب‌دیدگی بالای نشاسته را نشان می‌دهد.

پروتئین

میزان پروتئین در دانه گندم بستگی به گونه، شرایط آب و هوایی، زمین و ... دارد.

پروتئین‌های گندم بر اساس حلالیت، طبقه‌بندی می‌شوند. 80% از پروتئین گندم را گلوتن تشکیل می‌دهد که از دو جزء تشکیل شده است: گلوتنین که غیرقابل حل در الکل اتیلیک 70% است و گلیادین که قابل حل در الکل اتیلیک 70% است.

نکته ۱۷: بار الکتریکی گلیادین، مثبت و بار گلوتنین، منفی است.

دسته دیگر، پروتئین‌های محلول‌اند که شامل آلبومین‌ها و گلوبین‌ها هستند و 20% پروتئین گندم را تشکیل می‌دهند. این دسته از پروتئین‌ها خواص تغذیه‌ای مطلوبی دارند، اما از نظر صنعتی ارزش چندانی ندارند. هنگام تهیه خمیر، گلیادین و گلوتنین با هم پیوند برقرار کرده و شبکه گلوتن را تشکیل می‌دهند. پیوندهای دی‌سولفیدی، هیدروژنی و آبگریز در این اتصال نقش دارند.

گلوتن نقش‌های زیادی در خمیر نان ایفا می‌کند؛ حدود 3 برابر وزن خود، آب جذب می‌کند، بنابراین در ایجاد بافت و ویژگی‌های خمیر نقش مهمی دارد. قابلیت کشسانی خمیر به دلیل وجود گلوتن است. همچنین گلوتن، گازهای ایجاد شده در بافت خمیر را در خود حفظ و نگهداری می‌کند. پوسته نان را نیز گلوتن ایجاد می‌کند.

ایجاد ساختار خمیر و نان به تغییرات گلوتن بستگی دارد. گلوتن بر اثر حرارت، منعقد می‌شود و آب از دست می‌دهد و ساختار و بافت نان را ایجاد می‌کند. هرچه مقدار گلوتنین بیشتر باشد کیفیت گلوتن بالاتر است و برای تولید نان‌های حجیم و ماکارونی، نسبت بیش از یک گلوتنین به گلیادین، مطلوب است.

نکته ۱۸: گلوتنین بخش الاستیک و چسبنده شبکه گلوتن در خمیر است که قوی بوده و وزن مولکولی بالاتری دارد.

گلیادین وزن مولکولی کمتری دارد، الاستیسیته آن نیز کمتر است، اسیدهای آمینه گلوتامین و پرولین در آن بیشتر و لیزین آن کمتر از گلوتنین است. در شبکه گلوتن، مقدار کمی نیز نشاسته و چربی وجود دارد. چربی در استحکام شبکه نقش دارد.

نام کلی گلوتنین در گندم گلوتلین و نام کلی گلیادین در گندم پرولامین است. گلوتلین در گندم، گلوتنین؛ در چاودار، سکالین؛ در یولاف، آونین؛ در جو، هورنن؛ در ذرت، ستائین و در برنج، اورسین نامیده می‌شود.

پرولامین در گندم، گلیادین، در چاودار، سکالین، در یولاف، گلیادین، در جو، هورنن، در ذرت، ژئین و در برنج، اورسین نامیده می‌شود.

نکته ۱۹: از گندم‌های سخت، گلوتن کشسان و مقاوم و از گندم‌های نرم، گلوتن ضعیف به دست می‌آید.

مقدار گلوتن آرد با مقدار پروتئین و مقدار جذب آب رابطه مستقیم دارد. یعنی اولاً مقدار گلوتن آردهایی که دارای مقدار بیشتری پروتئین هستند بیشتر است و ثانیاً هر چه مقدار گلوتن بیشتر باشد مقدار جذب آب آرد و در نتیجه بازدهی محصول آن زیادتر است.

مثال ۸: چسبندگی گلوتن به دلیل وجود کدام عامل است؟

۴) نشاسته همراه گلوتن


۳) گلیادین

۲) گلوتنین

۱) چربی همراه گلوتن

پاسخ: گزینه «۲» گلوتنین، پروتئینی الاستیک و چسبنده است که سبب چسبندگی گلوتن و خمیر می‌شود.

لیپید

معمولاً دانه غلات، حاوی لیپید کمی است. چربی موجود در دانه، سبب درخشندگی و شفافیت رنگ دانه می‌شود؛ بنابراین هرچه دانه کهنه‌تر باشد و به مدت طولانی‌تری ذخیره شده باشد، در اثر تجزیه لیپیدها رنگ پریده‌تر و مات‌تر خواهد بود. دانه گندم حدود ۲٪ لیپید دارد که ۱۵-۱۰٪ از آن در **جوانه** قرار دارد و پس از جوانه، بیشترین درصد لیپید در **آلرون** قرار گرفته است. مقدار چربی پوسته و اندوسپرم به ترتیب حدود ۵٪ و ۱٪ است. چربی گندم شامل تری‌گلیسریدها و اسیدهای چرب و نیز مقدار کمی از فسفولیپیدها، فسفاتیدها و لستین است.  **نکته ۲۰:** محل اصلی ذخیره لیپید در جو دوسر برخلاف سایر غلات در اندوسپرم است. پس از آسیاب کردن، دو عامل ممکن است سبب فساد چربی‌های آرد شوند:


۱- هیدرولیز

۲- اکسیداسیون در مجاورت اکسیژن هوا به کمک آنزیم لیپاز

در دانه خرد نشده، آنزیم‌ها با چربی تماسی ندارند و چربی سالم باقی می‌ماند. مقدار اسیدهای چرب آزاد در دانه‌های سالم ۸-۵٪ است که در دانه‌های آسیب دیده و آرد کهنه بیشتر است و سبب ایجاد بوی نامطبوع می‌شود، به همین دلیل در زمان آسیاب کردن باید چربی آرد را جدا کرد.

آنزیم‌ها

الف) دیاستاز

شامل آنزیم‌های **آلفا و بتا آمیلاز** است که بیشتر در جوانه وجود دارند. این آنزیم‌ها از گروه **هیدرولازها** هستند. آلفا آمیلاز، یک **اندوآنزیم** است که به طور تصادفی، اتصالات (۴ → ۱) α نشاسته را هیدرولیز می‌کند و از منابع باکتریایی (باسیلوس سوبتیلیس)، کپکی (آسپرژیلوس اوریزا) و گیاهی (مالت) به دست می‌آید.  **نکته ۲۱:** آلفا آمیلاز بر نشاسته سالم و آسیب دیده اثر کرده و دکسترین تولید می‌کند. بتا آمیلاز یک **اگزوآنزیم** است که از انتهای غیر احیاکننده آمیلوز، واحدهای متوالی **مالتوز** را جدا می‌کند. فعالیت دیاستازها برای تولید نان اهمیت فراوانی دارد زیرا سبب تولید **قندهای قابل تخمیر** می‌شوند که به مصرف مخمرها رسیده و سبب تشدید فعالیت آن‌ها می‌گردد. ضمن اینکه قندهای ساده حاصل، از راه شرکت در **واکنش‌های قهوه‌ای شدن**، سبب بهبود رنگ نان می‌شوند.

ب) سایر آمیلازها


گلوکو آمیلاز: هم اتصالات (۴ → ۱) α و هم (۶ → ۱) α را می‌شکند و گلوکز تولید می‌کند. پلولاناز: تنها اتصالات (۶ → ۱) α را هیدرولیز می‌کند.

ج) پروتئینازها

شامل **پروتئازها** و **پپتیدازها** هستند.


پروتئازها مولکول‌های پروتئین را می‌شکنند. مقدار این آنزیم در دانه سالم در حد پایینی است. چنانچه مقدار آن‌ها بیش از حد معینی باشد، منجر به تضعیف شبکه گلوتن و خمیر می‌شود. چنانچه گلوتن، بیش از حد قوی باشد، افزایش پروتئازها سبب گسترش سریع‌تر خمیر می‌شود و طعم و بوی محصولات پخت را افزایش می‌دهد.

پپتیدازها سبب تجزیه **پپتیدها** و اسیدهای آمینه سازنده‌شان می‌شوند.

 **نکته ۲۲:** هرچه درجه استخراج آرد بالاتر باشد، مقدار این آنزیم‌ها نیز بیشتر است.

مواد معدنی

آرد گندم حاوی عناصر کلسیم، پتاسیم، فسفر، گوگرد، منیزیم، سلنیوم، آهن، منگنز، روی، مس، نیکل، کبالت، سلسیوم، ید، فلئور و وانادیوم است. میزان املاح در لایه‌های خارجی‌تر بیشتر می‌باشد پس هرچه درجه استخراج آرد بالاتر باشد میزان املاح بیشتر است. فسفر عمدتاً به شکل **اسیدفیتیک** یا اینوزیتول هگزافسفات در پوسته و جوانه وجود دارد که بخشی از آن هنگام آسیاب کردن و بخشی نیز هنگام تخمیر از بین می‌رود و مقدار آن در آرد کامل بیشتر است. هرچه زمان تخمیر نان طولانی‌تر باشد، مقدار بیشتری از آن تجزیه می‌شود. اگر اسیدفیتیک در نان باقی بماند کلسیم، آهن و روی را در دستگاه گوارش بلوکه کرده و از جذب آنها جلوگیری می‌کند در نتیجه کمپلکس اسیدفیتیک و املاح مذکور از بدن خارج می‌شود. برای جلوگیری از این امر باید تخمیر مؤثر روی خمیر صورت گیرد یا املاح گفته شده به آرد اضافه شوند تا قبل از ورود اسیدفیتیک به دستگاه گوارش، با این املاح تشکیل کمپلکس دهد و در نتیجه اسیدفیتیک، قدرت جذب املاح موجود در مواد غذایی را از دست بدهد.

 **مثال ۹:** کدام آنزیم، تنها اتصالات (۶ → ۱) α را در نشاسته، هیدرولیز می‌کند؟

- ۱) آلفا آمیلاز ۲) بتا آمیلاز ۳) گلوکو آمیلاز ۴) پلولاناز

پاسخ: گزینه «۴» پلولاناز تنها آنزیم موجود در گندم است که فقط اتصالات (۶ → ۱) α نشاسته را هیدرولیز می‌کند.

عوامل مؤثر بر کیفیت گندم

عوامل شیمیایی

الف) رطوبت

رطوبت از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت است. میزان آن در مناطق مرطوب حدود ۱۴٪ و در نقاط خشک حدود ۸٪ است. هرچه رطوبت کمتر باشد، گندم برای مدت زمان بیشتری قابل نگهداری است.

معمولاً در زمان خشک کردن، رطوبت دانه به حدود ۱۳٪ کاهش می‌یابد زیرا اگر از این مقدار کمتر شود، دانه‌ها در حین جابجایی شکسته می‌شوند. ضمن اینکه مشروط کردن آن به خوبی صورت نمی‌گیرد و کیفیت آرد حاصل چندان مناسب نیست و نیز از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد.

ب) پروتئین

پروتئین دانه تحت تأثیر عوامل مربوط به گونه و شرایط کشت قرار دارد و مقدار آن از ۲۰-۵٪ متفاوت است.

نکته ۲۳: آبیاری یا بارندگی زیاد حین زمان رسیدن دانه، سبب کاهش پروتئین آن می‌شود.

تغذیه خاک با کودهای ازت‌دار مثل اوره سبب افزایش پروتئین دانه می‌گردد. روش کلاسیک اندازه‌گیری پروتئین، روش کلدال است که روشی وقت‌گیر است و به دلیل اینکه مقدار ازت دانه را اندازه‌گیری می‌کند، چندان دقیق نیست. روش‌های سریع‌تر مثل آنالیز نیتروژن کولمن، فوتومتري یا آزمون زلنی هم متداول هستند.

مقدار پروتئین مورد نیاز برای تولید برخی از محصولات غلات به شرح زیر است:

نان تخمیری: ۱۲٪ ماکارونی: ۱۳٪ نان قالبی: ۱۳-۱۲٪ کیک: ۹/۵-۹٪ بیسکویت: ۸/۵-۱۰/۵٪ کراکر: ۱۱-۱۰٪ شیرینی: ۸-۹٪

نکته ۲۴: پروتئین پوسته از گلوبولین، آلبومین و پرولامین تشکیل شده است که طی عمل آسیاب کردن، بخشی از این پروتئین‌ها حذف می‌شوند. علاوه بر کمیت، کیفیت پروتئین نیز اهمیت فراوانی دارد. کیفیت گلوتن بر تکنولوژی پخت اثر دارد. برای تعیین کیفیت پخت آرد، روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آن‌ها، روش زلنی است. در این روش، آرد را در استوانه مدرج حاوی اسیدلاکتیک رقیق، معلق می‌کنند و از روی میزان ته‌نشینی ذرات معلق، کیفیت پخت را تعیین می‌کنند.

با تقسیم اعداد ته نشینی (سدیمانتاسیون) به مقدار درصد پروتئین، عددی به نام حجم مخصوص ته نشینی (Specific sedimentation value) به دست می‌آید که نشان دهنده کیفیت گلوتن است و از ۳٪ برای آردهای ضعیف تا ۷۰٪ برای آردهای قوی متغیر است. روش‌های دیگر ارزیابی کیفیت گلوتن شامل تعیین مقدار گلوتن خشک و مرطوب، کشش و مقاومت گلوتن و استفاده از ویسکومتر مک مایکل است.

ج) خاکستر و فیبر خام

این عوامل در سبوس، بیشتر وجود دارند و معرف مناسبی از بازدهی آرد به شمار می‌روند. فیبر خام گندم ۲/۵-۲٪ و خاکستر آن حدود ۲-۱/۵٪ است.

د) اسیدیته چربی

در طی نگهداری دانه‌ها در شرایط نامناسب، آنزیم لیپاز بر چربی دانه‌ها اثر می‌کند و سبب تولید اسیدهای چرب می‌شود. اسیدیته چربی عبارت است از: میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم لازم برای خنثی کردن اسیدهای چرب موجود در ۱۰۰ گرم نمونه. این رقم در گندم‌های تازه حدود ۲۰ است و در گندم‌های در حال فساد تا حدود ۱۰۰ بالا می‌رود.

ه) فعالیت آلفا آمیلاز

چنانچه دانه‌ها در شرایط نامناسب و مرطوب نگهداری شوند، فعالیت آلفا آمیلاز در آن‌ها افزایش می‌یابد و سبب بروز مشکلاتی می‌شود. برای تعیین مقدار این آنزیم، از دستگاه فالینگ نامبر (Falling number) استفاده می‌گردد. هرچه عدد فالینگ، پایین‌تر باشد صدمه دیدگی ناشسته بیشتر و هرچه این عدد در سطح بالاتری قرار گیرد صدمه دیدگی ناشسته کمتر است (میزان آنزیم‌ها کمتر بوده است).

نکته ۱۰: در شرایط نامناسب نگهداری دانه‌های گندم، کدام عامل در آن‌ها افزایش می‌یابد؟

- (۱) خاکستر (۲) پروتئین (۳) آلفا آمیلاز (۴) فیبر خام

پاسخ: گزینه «۳» چنانچه شرایط نگهداری دانه‌ها نامناسب باشد، میزان آنزیم آلفا آمیلاز در آنها افزایش می‌یابد و سبب افت کیفیت خمیر حاصل از آرد می‌شود.

عوامل فیزیکی

الف) وزن حجمی یا وزن واحد حجم

از معیارهای مهم ارزیابی کیفیت گندم است. وزن واحد حجم در این معیار برحسب کیلوگرم به ازای هکتولیترا بیان می‌شود. واحد آن در آمریکا، کانادا و انگلیس پوند بر بوشل است. یکنواختی شکل و دانسیته دانه (که به عوامل بیولوژیکی و ترکیب شیمیایی دانه به ویژه رطوبت آن بستگی دارد) بر وزن حجمی مؤثرند. وزن هکتولیترا در بیشتر موارد بین ۳۵ تا ۵۵ کیلوگرم است.

نکته ۲۵: اندازه دانه تأثیری بر این عامل ندارد.



برای درجه‌بندی گندم و نیز برای تخمین میزان بازدهی آرد، از این اندیس استفاده می‌شود.

ب) وزن دانه

اندازه و دانسیته دانه بر وزن دانه اثر گذارند. در محاسبه این عامل معمولاً از وزن هزار دانه استفاده می‌شود.

هرچه دانه‌ها بزرگ‌تر و دارای دانسیته بیشتری باشند، نسبت آندوسپرم آن‌ها به قسمت‌های غیر آندوسپرم بیشتر است. این عامل به گونه و شرایط کشت وابسته است. وزن هزار دانه در گندم سخت زمستانه و بهاره ۲۲-۲۰ و در گندم‌های نرم، ۳۴-۳۰ و در گندم دوروم، ۳۵ است.


پ) شکل و اندازه دانه

برای تعیین اندازه دانه، از مقطع دانه استفاده می‌شود. اندازه دانه بستگی به وزن آن دارد و روی میزان آرد حاصله، مؤثر است. برای تعیین اندازه و درصد اندازه‌های مختلف دانه‌های نمونه، از الک‌های سیمی مختلفی استفاده می‌شود.

ت) سختی دانه

این عامل، متناسب با پروتئین دانه است و بنابراین نوع مصرف دانه گندم را تعیین می‌کند. سختی دانه یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت دانه است، گندم سخت لزوماً آردی به دست می‌دهد که دارای حالت زبر و دانه‌ای است و برای تولید نان، مطلوب است در حالی که از گندم‌های نرم، آرد نرم به دست می‌آید که برای تولید بیسکویت و کیک، مناسب است. بنابراین سختی دانه گندم معیار خوبی برای کاربرد آرد حاصل از آن است. برای اندازه‌گیری سختی دانه از دستگاه mechanical hardness tester استفاده می‌شود.

ث) رنگ

رنگ گندم بستگی به نژاد آن دارد و معمولاً به دو رنگ سفید و قرمز وجود دارد. گندم‌های قرمز، پروتئین بیشتر و گندم‌های سفید، پروتئین کمتری دارند.  نکته ۲۶: در مورد ماکارونی، استفاده از گندم دوروم سفید، مناسب‌تر از گندم دوروم قرمز است.

ج) زجاجیت

این عامل نیز همانند سختی، مربوط به مقدار پروتئین موجود در دانه است و همواره به طور تقریبی ارزیابی می‌شود.

چ) دانه‌های آسیب‌دیده

آسیب‌دیدگی دانه‌ها در اثر عواملی مانند شرایط قبل از برداشت، حین برداشت یا حین عملیات خشک کردن روی می‌دهد. چنانچه قبل از برداشت، رطوبت هوا بالا باشد، ممکن است دانه جوانه بزند و میزان آلفا آمیلاز آن افزایش یابد. در نتیجه خمیر چسبنده می‌شود و قدرت جذب آب آن کاهش می‌یابد و بازدهی محصول تولید شده از آرد کاهش می‌یابد.

البته چنانچه میزان کمی دانه جوانه زده در گندم موجود باشد ممکن است در آرد مفید باشد، به ویژه اگر گندم مربوط به مناطق خشک باشد که فعالیت آنزیمی پایینی دارند، می‌توان فعالیت پایین آنزیمی را با روش‌های دیگری مانند اختلاط با گندم‌های مناسب یا افزودن عصاره مالت بهبود داد. یخبندان شدید پیش از رسیدگی گندم، سبب چروکیدگی دانه و بالا رفتن خاکستر آن می‌شود. همچنین در خاکستری شدن رنگ دانه هم اثر دارد. خشکی هوا یا کم شدن آبیاری پیش از رسیدن محصول موجب لاغر شدن دانه و تضعیف ویژگی‌های صنعتی آرد می‌شود.


حرارت دیدن زیاد گندم هنگام خشک کردن و نیز رطوبت بالا در هنگام نگهداری، سبب رشد کپک‌ها یا جوانه زدن گندم می‌شود.

ح) ناخالصی‌ها

کلیه مواد خارجی موجود در محصول را به غیر از دانه‌های سالم و یکدست و یکنواخت، **Besatz** می‌نامند. ناخالصی‌ها به دو دسته **افت مفید** و **افت غیر مفید** تقسیم می‌شوند.


افت مفید: به دانه‌های شکسته گندم اطلاق می‌شوند که قابلیت آسیاب شدن را دارند. میزان آن در گندم باید کمتر از ۴٪ باشد.

افت غیر مفید: به بذر علف‌های هرز، سیاهک، گندم‌های زنگ زده، فضولات حیوانی و سایر مواردی گفته می‌شود که باید قبل از آسیاب کردن از گندم جدا شوند. میزان آن باید کمتر از ۱٪ باشد.

 نکته ۲۷: در آمریکا به ناخالصی‌ها dockage گفته می‌شود.

خ) کیفیت آسیابانی

مهم‌ترین خصوصیت آسیابی گندم، بازدهی تولید آرد یا سمولینای حاصل از آن است. بازدهی تولید آرد معمولاً ۷۲٪ و در مورد سمولینا معمولاً ۵۸٪ است. این عامل توسط هیچ آزمون فیزیکی یا شیمیایی قابل ارزیابی نیست، بنابراین در کارخانه‌های آرد، از آسیاب‌های کوچک آزمایشگاهی جهت تعیین میزان آرد نمونه استفاده می‌شود و بازدهی آن تعیین می‌گردد.

 مثال ۱۱: به طور متوسط بازدهی تولید آرد چه عددی را شامل می‌شود؟

۴) ۸۴٪

۳) ۶۶٪

۲) ۷۲٪

۱) ۷۸٪

پاسخ: گزینه «۲» بازدهی تولید آرد، مهم‌ترین خصوصیت آسیابی گندم است و به طور متوسط حدود ۷۲٪ است.