

Wartość przemiałowa i wypiekowa
ziarna

Przy określaniu wymagań dotyczących odpowiedniej jakości ziarna przeznaczonego do przemiału należy rozróżnić **ocenę technologicznej wartości przemiałowej i wypiekowej**.

Wartość technologiczna ziarna to zespół cech gwarantujących uzyskanie odpowiedniego efektu przy jego przerobie.

Z kolei pod pojęciem wartości wypiekowej rozumiemy zespół cech ziarna, które decydują o zapewnieniu dobrej jakości mąki otrzymanej z przemiału, czyli o zapewnieniu mące właściwych cech użytkowych, pożądanych przez jej odbiorcę w procesie dalszego przerobu na cele piekarskie lub cukiernicze.

W przypadku mąki do **produkcji pieczywa**, jej własności wypiekowe powinny zapewniać:

- otrzymanie chleba o dużej objętości
- z miękiszem o drobnej,
- równomiernej porowatości
- oraz z cienką
- i rumianą skórką.

Cechy użytkowe mąki są na tyle pierwszoplanowym zagadnieniem, że często wydają się jedynym problemem oceny jakości ziarna przeznaczonego do przemiału. Z tego też zapewne względu duża część instytucji zajmujących się oceną jakości ziarna poprzestaje na ocenie wartości wypiekowej.

Dlatego też właściwe rozpoznanie jakości ziarna w celu zagwarantowania odpowiedniej jakości mąki dla jej odbiorcy stanowi jednocześnie podstawowe oczekiwania przemysłu młynarskiego.

Dla młynarza niezbędne jest również właściwe rozpoznanie cech przemiałowych.

Rozumiemy pod tym pojęciem zespół cech gwarantujący uzyskanie z przemiału ziarna jak **największej masy jasnej mąki**.

Jasna mąka cechuje się niską zawartością soli mineralnych, określaną zawartością tzw. popiołu (zazwyczaj w granicach do **0,55%**).

Z tego też względu przy rozpatrywaniu oczekiwań młynarza na temat własności ziarna kierowanego do przemiału należy uwzględniać **kompleks technologicznych cech, które zapewniają ziarnu zarówno maksymalne własności przemiałowe jak i wypiekowe.**

Oczekiwania Polskich Młynów S.A., jako przedsiębiorstwa zajmującego się przemiałem i produkcją mąki, muszą pokrywać się z ww. zasadami.

Ocenę własności technologicznych ziarna pod względem przemiałowym, jak i wypiekowym, przeprowadzić można za pomocą **metod pośrednich i bezpośrednich**.

Wśród metod pośrednich wyróżnić należy ocenę **cech fizycznych i chemicznych ziarna oraz cech reologicznych mąki** uzyskanej z przemiału.

Do metod bezpośrednich należy zaliczyć doświadczalny, próbny przemiał ziarna oraz doświadczalny, próbny wypiek.

Własności przemiałowe ziarna w sposób pośredni ocenić można za pomocą wskaźników: **wilgotności ziarna, masy ziarna w stanie zsypanym (ciężar hektolitra ziarna), wyrównania ziarna, ilości zanieczyszczeń w masie ziarna oraz zawartości popiołu w ziarnie**.

Przydatność ziarna do celów wypiekowych oceniać można na podstawie **zawartości i jakości białka technologicznego**,

- tj. glutenu,
- ogólnej zawartości białka,
- wielkości testu sedymentacyjnego,
- liczby opadania,
- ilości uszkodzonej skrobi,
- wodochłonności mąki, oznaczeń amylograficznych oraz wyników oceny testów reologicznych, np: farinograficznego,

Własności wypiekowe mąki z badanego ziarna sprawdza się na podstawie próbnego wypieku laboratoryjnego:

Ocenię podlegają takie cechy pieczywa, jak:

- masa,
- objętość,
- przypiek,
- ocena cech jakościowych miękiszu i skórki.

Od dawna uważa się, że odpowiednia jakość ziarna może być zagwarantowana w wyniku stosowania wybranych odmian.

Jedną z instytucji prowadzącą w kraju oceną technologicznych własności poszczególnych odmian jest COBORU.

Ocena przydatności technologicznej odmian pszenicy

Technologiczna ocena odmian pszenicy pod względem wspólnej przydatności dla młynarstwa i piekarstwa wykonana została w

podstawie **9-cio punktowej skali ocen.**

Im wyższa punktacja, tym wyższa wartość parametru, **z wyjątkiem oceny zawartości popiołu w mące (w tym przypadku im wyższa punktacja, tym zawartość popiołu mniejsza).**

W ocenie przydatności poszczególnych odmian przyjęto podstawowe założenie, że dana odmiana ma spełniać oprócz

- wysokich cech jakościowych piekarskich,
- również potencjalną,
- wysoką ocenę wielkości wyciągu
- i niskiej zawartości popiołu w mące.

Te bowiem cechy decydują o wyciągu mąki w praktyce przemysłowej i o wielkości zysku w młynarstwie.

Tak więc wybór danych odmian pszenicy powinien zapewniać zysk młynarstwu oraz produkcję mąki przydatnej dla piekarstwa.

Na podstawie analizy materiału COBORU, zaproponowano następujące założenia oceny punktowej przy klasyfikacji wspólnej przydatności dla celów młynarskich i piekarskich:

1. Wyciąg mąki – nie mniej niż 5 punktów,
2. Zawartość popiołu w mące – nie mniej niż 5 punktów,
3. Objętość pieczywa – nie mniej niż 6 punktów.

Przy zaproponowanej powyższej kwalifikacji punktowej, jako przydatne do celów młynarskich i piekarskich, zaliczyć można następujące odmiany:

I. PSZENICE OZIME:

- 1. z grupy A : razem 15 odmian**, z wyjątkiem odmiany Korweta
- 2. z grupy B: razem 10 odmian**, z wyjątkiem odmian: Bogatka, Sakwa, Flair, Roma, Tortija, Mikon. Nadobna, Sława, Soraja.

II. PSZENICE JARE:

- 1. z grupy A : razem 4 odmiany:** Opatka, Giwra, Hezja, Korynta.
- 2. z grupy B : razem 2 odmiany:** Banti, Santa.

Odmiany z grup E, A. B nadają się do produkcji mąki przeznaczonej do wypieku chleba.

Odmiany z grupy E traktuje się jako tzw. poprawiacze.

Odmiany z grupy E są notowane w rejestrze odmian pszenicy jarej. Każdą odmianę ocenia się pod względem wartości mąki, czyli przydatności do wypieku chleba.

TABELA I. 25. Wartości progowe podstawowych cech wskaźnikowych mąki¹, skala 9-stopniowa

Cechy wskaźnikowe jakości mąki	Grupa odmian		
	E	A	B
Liczba opadania	6	5	4
Zawartość azotu	7	5	4
Wskaźnik sedymentacyjny	7	5	3
Wydajność mąki	5	4	4
Wodochłonność mąki	8	6	5
Rozmięczenie ciasta	8	6	4
Energia ciasta	8	6	4
Objętość chleba	8	6	4

TABELA I. 26. Odmiany pszenicy ozimej wg wartości technologicznej (Zych, Agroserwis 2007)

Grupa technologiczna		Przykłady odmian
nazwa	symbol	
Elitarna	E	Brak w rejestrze
Jakościowa	A	Korweta ¹ , Legenda, Rywalka, Turnia, Zyta
Chlebowa	B	Aristos, Kobiera, Mewa, Sakwa, Tonacja
Ciastka	K	Slade, Zorza
Inne, paszowa	C	Izyda, Kaja, Mikula, Rapsodia, Satyna, Symfonia

Z powyższego zestawienia wynika, że do odmian pszenicy przydatnych **zarówno do przemiału, jak i wypieku, można zaproponować dużą liczbę odmian pszenicy ozimej** z listy opisowej odmian COBORU (z wyjątkiem odmian podanych powyżej), natomiast duża część odmian jarych, o bardzo dobrych własnościach piekarskich, ze względu na prognozę **niskiego wyciągu i wysokiej zawartości popiołu w mące** nie powinna być polecana dla wspólnej przydatności dla młynarstwa i piekarstwa.

Dodatkowym, pozatechnologicznym wymaganiem do producentów, są wymagania dotyczące bezpieczeństwa zdrowotnego ziarna.

Wymagania te w obecnym okresie, kiedy w Zakładach młynarskich wprowadzane są Systemy zapewnienia jakości, takie jak: HACCP i ISO nabierają szczególnego znaczenia.

Wymagania dotyczą m.in.:

- poziomu zawartości zanieczyszczeń chemicznych i mikrobiologicznych, takich jak: metali ciężkich, pestycydów, mikotoksyn,
- skażeń radioaktywnych
- oraz obecności GMO (organizmy genetycznie zmodyfikowane).

Producenci ziarna będą musieli, w myśl nowych przepisów dotyczących bezpieczeństwa zdrowotnego produktów, **legitymować się stosowaniem zasad dobrej praktyki produkcyjnej w rolnictwie**, w celu zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego produkowanego ziarna.

Dopuszczalne poziomy zawartości substancji skażających zostały określone:

dla pszenicy zwyczajnej w Rozporządzeniu Rady (EWG) nr 315/93 ustanawiającym procedury w odniesieniu do substancji skażających w żywności oraz w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 466/2001 ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy zawartości substancji skażających w produktach żywnościowych (z późn. zm.),

dla jęczmienia i kukurydzy w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 2002/32/WE w sprawie niepożądanych substancji w paszach zwierzęcych (z późn. zm.).

Substancjami skażającymi w ziarnie zbóż są:

**mikotoksyny (produkty przemiany materii grzybów),
metale ciężkie,
pozostałości pestycydów,
skażenie radioaktywne.**

Aby wyprodukować ziarno pszenicy dobrej jakości należy:
w miarę możliwości uprawiać pszenicę po najlepszych przedplonach (rzepak, rośliny strączkowe),

- starannie doprawić rolę przed siewem,
- dobrać odmianę odpowiednią do rejonu uprawy (warunki klimatyczne, glebowe),
- uprawiać odmiany jakościowe (klasa A) lub chlebowe (klasa B) w wypadku pszenicy ozimej oraz elitarne (klasa E), jakościowe i chlebowe w wypadku pszenicy jarej,
- stosować materiał kwalifikowany,
- przestrzegać optymalnego dla danego regionu terminu siewu,
- stosować zalecaną przed hodowcą normę wysiewu dla danej odmiany, nie siać zbyt gęsto,
- uregulować odczyn gleby,
- racjonalnie nawozić nie tylko azotem, ale także fosforem i potasem,

- zwracać uwagę nie tylko na wysokość dawki azotu, ale także na jej podział i terminy stosowania oraz formy nawozów,
- skutecznie chronić przed chwastami, chorobami i szkodnikami,
- w miarę możliwości zbiór przeprowadzać w pełnej dojrzałości pszenicy podczas słonecznej pogody,
- właściwie przechowywać ziarno,
- nie sprzedawać ziarna zaraz po zbiorze (w miarę upływu czasu zwiększa się w nim nieco zawartość glutenu).

Wpływ jakości ziarna na jakość mąki.

Jakość ziarna jest zagadnieniem bardzo złożonym gdyż wpływają na nią różnorodne czynniki takie jak:

- Odmiana zboża
- Warunki uprawy
- Nawożenie
- Klimat
- Warunki zbioru
- Warunki magazynowania

Jednym ze składników decydujących o jakości mąki jest jej skład chemiczny uzależniony od odmiany zboża i warunków klimatycznych.

Znana jest wyższa wartość technologiczna pszenicy uprawianej w USA czy Kanadzie w porównaniu z wartością technologiczną parzenicy uprawianej we Francji czy Polsce.

Równie ważnym czynnikiem są warunki zbioru zbóż.

W Polsce w okresie żniw bardzo często występują opady powodujące porost zbóż.

Porost – jest to zjawisko kiełkowania ziarna zbóż jeszcze w kłosie.

Następuje wówczas uaktywnienie enzymu ziarna, które częściowo rozkładają skrobię i białko znajdujące się w ziarnie.

Pieczyno wyprodukowane z mąki otrzymanej z ziarna porośniętego jest lepkie, ciągliwe, ma złą porowatość i tworzy zakalec.

Również warunki składowania ziarna i obecność zanieczyszczeń wpływają na jego wartość technologiczną a tym samym na jakość mąki.

Występujące w ziarnie zbóż zanieczyszczenia można podzielić na:

- Mineralne – kamienie, metale, szkło itp.,
- Organiczne,
- Nasiona chwastów,
- Ziarna obce,
- Ziarna chore,
- Obce składniki organiczne.

Charakterystyka i typy mąki.

W zależności od warunków przemiału oraz jakości ziarna otrzymywana jest mąka o różnych cechach , do podstawowych wyznaczników jakości mąki , zalicza się wyciąg mąki tzw. wydajność, zawartości popiołu tzw. typ oraz wartość wypiekową mąki.

Wyciąg mąki - jest to ilość mąki otrzymana z użytego do przemiału ziarna wyrażona w procentach np. jeżeli ze 100 kg ziarna w wyniku przemiału otrzymano 65kg mąki - wydajność szacuje się na ok. 65% pozostałe 35% to otręby i zarodki . Skład chemiczny wpływa na wartość technologiczną mąki zależy od wyciągu mąki np. mąki o wysokim wyciągu (np. mąka razowa) nie różni się znacząco pod względem składu chemicznego do ziarna mąki typów jasnych o niskim wyciągu pozbawione są składników pochodzących od innych części niż bielmo zawiera w swym składzie duży procent ilości białek i węglowodanów . Pozbawione są natomiast składników błonnika, który wzmacnia zawartość popiołu w mące .

Jęczmień zwłaszcza jary

- pasza,
- surowiec spożywczy,
 - piwo,
 - kasze, płatki, mąki.

Plony rzeczywiste 42-49% standardowych (68,8 -59,1)

Dobór odmian do siewu zależy od celu produkcji. Odmiany są bowiem bardzo silnie ukierunkowane genetycznie, co ściśle związane jest z cechami jakościowymi ziarna. Z tego względu odmiany dzielimy na dwie podstawowe grupy: paszowe, zwane też pastewnymi; browarniane.

Ta druga grupa odmian podlega ścisłej ocenie pod względem wielu cech jakościowych.

Ogólne wymagania stawiane przed odmianami browarnymi jęczmienia są następujące:

produkcyjne (rolnicze): dobre wschody i duża dynamika wzrostu; dobra krzewistość; wyrównanie kłosów; odporność na choroby grzybowe; wyrównany plon ziarna. ziarniaki pękate (bogate w skrobię);

słodownicze: zawartość białka mieszczącą się w przedziale od 9 do 11.5%; duża energia kiełkowania; duża energia enzymatyczna (pośrednio związana z zawartością azotu); dobra ekstraktywność i wydajność słodu;

piwowarskie: odniesione do wydajności w warzelni; filtracyjność, jakość brzezki i piwa.

Produkcja słodu wymaga bardzo starannego dobrania odmian, które muszą spełniać określone kryteria jakościowe. Podstawowa różnica między odmianami: sprowadza się do spełnienia wymogu jakościowego, jakim jest koncentracja azotu w ziarnie. Przekroczenie granicznej zawartości białka w ziarnie, czyli 11,5%. dyskwalifikuje przydatność jęczmienia do celów browarnianych. Generalnie im więcej białka, tym mniej skrobi w ziarnie.

Zbyt wysoka zawartość białka pogarsza jednocześnie jakość; mielenia, zmniejsza szybkość filtrowania oraz wywołuje nadmierną chłonność wody, która prowadzi do strat słodu.

Zbyt niska zawartość białka prowadzi natomiast do bardzo słabego i nierównomiernego kiełkowania ziarna oraz zmniejsza tempo uruchamiania się enzymów rozkładających skrobię, co dyskwalifikuje jakość słodu.

Zawartość białka w ziarnie jęczmienia jest cechą genetyczną odmiany, jednakże wiele czynników środowiska sprzyja akumulacji białka w ziarnie. Zaliczamy:

- zbyt dużą dawkę azotu,
- nierównomiernie wykształcony łan,
- nierównomiernie wykształcony kłos,
- krótki okres nalewania ziarna.

TABELA I. 42. Podstawowe kryteria oceny jakościowej ziarna jęczmienia do produkcji siodu (PN-R-74109), wybrane cechy

Parametry jakości	Klasy		
	I	II	III
Białko surowe (%N × 6,25), nie więcej niż, %	11,5	12,0	12,5
Wyrównanie ziarna: sita 2,5 + 2,8 mm, %	90	85	75
Energia kiełkowania po 72 h, E _p , %	95	90	90
Zanieczyszczenia, nie więcej niż, %	3	6	9
Czystość odmianowa, % ziarna innej odmiany	75	75	30

TABELA I. 43. Klasy wartości browarnianej odmian (Najewski, *Agroserwis* 2007)

Klasa	Skala 9°	Przykłady odmian (rejestr COBORU, rok 2007)
Średnia	3,0–4,24	Annabell, Poldek, Stratus
Średnia do dobrej	4,25–5,49	Binal, Brenda, Johan, Jerrsej, Rudzik
Dobra	5,50–6,74	Basza, Blask, Class, Granal, Sezam, Scarlett
Dobra do bardzo dobrej	6,75–7,99	Mauritia, Sebastian, Żeglarz
Bardzo dobra	8,00–9,00	Brak odmian w rejestrze

TABELA III. 12. Maksymalny czas składowania nasion rzepaku w zależności od ich wilgotności i temperatury przechowywania (Janowicz 2005 za Keiser 1988)

Wilgotność nasion, %	Maksymalny czas przechowywania nasion rzepaku w tygodniach			
	10°C	15°C	20°C	25°C
8	160	65	32	16
9	90	40	19	16
10	50	20	10	5
12	21	10	5	2,5
14	8,5	4	2	1
17	2	1	0,5	–

TABELA III. 13. Wymagania jakościowe w skupie nasion rzepaku (Janowicz 2005 za Polska Norma PN-90/R-66151, 1990)

Wskaźnik jakościowy	Jednostki	Wymagania jakościowe
Maksymalna wilgotność	%	5–7 ¹
Temperatura nasion – nie więcej niż	0°C	40
Liczba kwasowa tłuszczu – nie więcej niż		3
Zawartość kwasu erukowego w tłuszczu – nie więcej niż	%	2
Zawartość glukozyzolanów alkenowych w suchej masie beztłuszczowej – nie więcej niż	μmol/g	25
Maksymalna zawartość zanieczyszczeń	%	5
Zanieczyszczenia użyteczne:	%	do 4
- w tym nasiona niedojrzałe i porośnięte, w tym:	%	2
- nasiona porośnięte	%	1
Zanieczyszczenia nieużyteczne:	%	do 1
- mineralne	%	0,5
- nasiona chwastów szkodliwych dla zdrowia	%	0,1
- nasiona spleśniałe	%	0,4
- nasiona o zwęglonym wnętrzu	%	1
Zawartość rozkruszków ² – nie więcej niż:		
- żywych	szt./kg nasion	niedopuszczalna
- martwych	szt./kg nasion	20

Składniki chemiczne ziarna zbóż

Ze względu na wykorzystanie ziarna można podzielić:

- **ziarno o wysokiej zawartości skrobi** - pszenica, żyto, jęczmień, kukurydza, proso, - do 70% skrobi;
- **nasiona o wysokiej zawartości białka** - groch, fasola, - do 25% masy, soja do 30%;
- **nasiona o wysokiej zawartości tłuszczu** - soja, słonecznik, rzepak - 20-30% tłuszczu.

Ziarno zbóż, które znajduje się w pełni dojrzałości, wykazuje duże podobieństwo składu chemicznego, a zawartość podstawowych składników waha się w dość wąskim zakresie i wynosi: woda 8-14%, węglowodany 56-75%, białka 7-12% oraz tłuszcze 1-7%

Wartość żywieniowa zbóż wynika przede wszystkim z wartości energetycznej ziarna, która dla podstawowych gatunków jest bardzo zbliżona, wykazując wahania w zakresie 1500-1600 kJ/100 g.

Skrobia jest głównym składnikiem ziarna, zawartym w bielmie, zaliczanym do wielocukrów (polisacharydy).

Tworzy tzw. ziarna skrobiowe (granule skrobiowe), które składają się z dwóch części: amylopektyny (otoczka, stanowi 80% skrobi) i amyłazy (wnętrze ziarna skrobiowego - 20%).

Swoistą wartość wykazuje **włóknik**, znany pod nazwą **błonnika pokarmowego**, którego zawartość waha się od **2% dla żyta i pszenicy do ponad 10% dla owsa**.

Błonnik występuje w okrywie owocowo-nasiennej ziarniaków, chemicznie jest mieszaniną polisacharydów, takich jak: **celuloza, hemicelulozy, pektyny, śluzy, a nawet ligniny**.

W procesie trawienia nie ulega on rozkładowi i jest wydalany z organizmu.

Funkcje dietetyczne błonnika w organizmie są różnorodne, gdyż zarówno wiąże wodę czy związki toksyczne (metale ciężkie), jak i pobudza pracę jelit.

W ten sposób włóknik reguluje pracę jelit, a także stężenie wielu niekorzystnych związków we krwi (**cholesterol, glukoza**).

TABELA I. 18. Skład chemiczny ziarna podstawowych gatunków zbóż¹

Cecha	Pszenica	Kukurydza	Jęczmień	Owies	Żyto
Woda, %	11–14	9–14	8–12	8–14	9–11
Tłuszcz, %	2,0	4,0	1,2	7,0	1,9
Węglowodany					
Zawartość, %	70	64	56	63	72
Włóknik, %	2,0	2,2	5,0	10,3	2,2
Energia, kJ/100 g	1570	1660	1470	1640	1570
Strawność, %	86	87	81	71	85
Białka					
Białko surowe, %	11,9	9,4	11,0	11,8	9,5
Wartość biologiczna, %	55	61	70	70	78
Strawność, %	96	95	88	84	77
Składniki mineralne, mg/100 g ziarna					
Żelazo	3,5	2,1	2,5	4,5	3,5
Wapno	42	20	29	53	35
Magnez	230	40	80	177	121
Witaminy, mg/100 g					
Tiamina, wit. B ₁	0,45	0,32	0,10	0,60	0,66
Ryboflawina, wit. B ₂	0,10	0,10	0,04	0,14	0,25

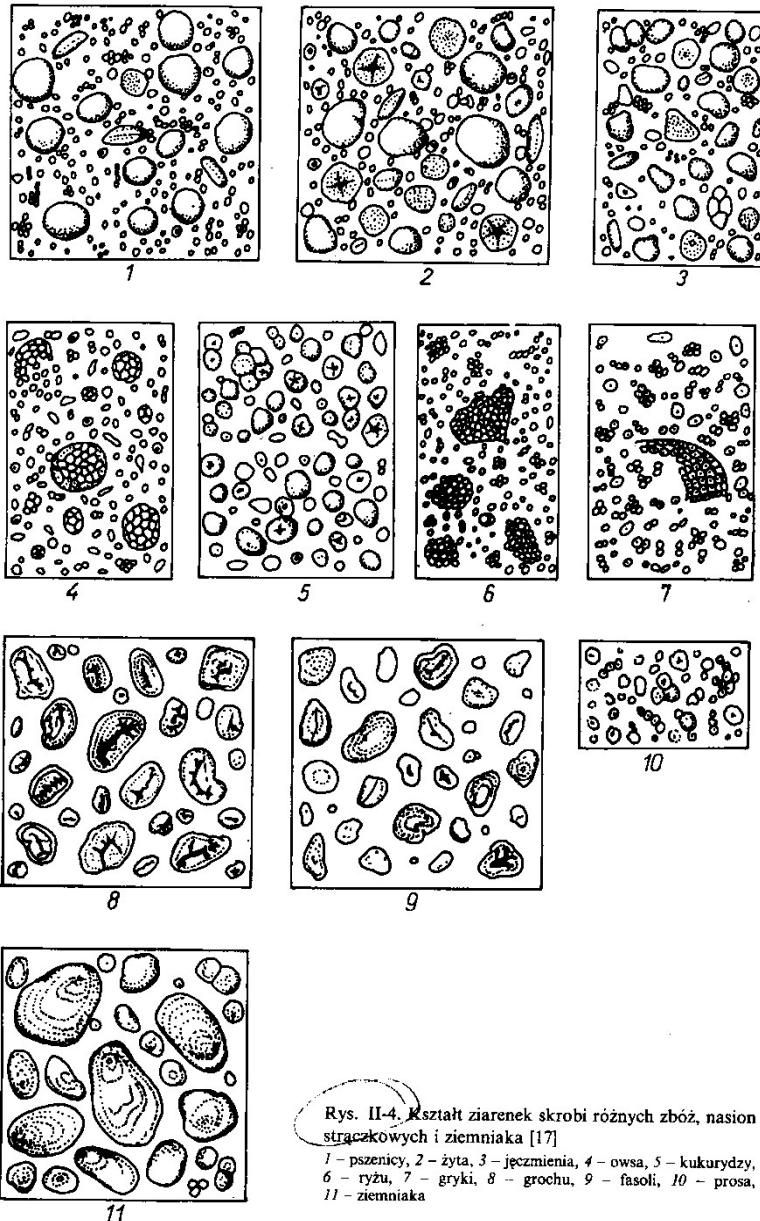
Węglowodany

- **cukry proste** - pentozy, heksozy;

- **cukry złożone** - kilkocukry: maltoza, sacharoza, rafinoza;
- wielocukry: pentozany, heksozany (skrobia i celuloza);
- wielocukry kwasne: pektyny, hemiceluloza, gumy,
śluzy.

Najważniejszym wielocukrem występującym wyłącznie w bielmie ziarna zbóż jest **skrobia** (w pszenicy i w życie ok. 60-75%).

W zimnej wodzie skrobia się nie rozpuszcza mimo, że chłonie 30-35% wody.



Rys. II-4. Kształt ziarenek skrobi różnych zbóż, nasion strączkowych i ziemniaka [17]

1 - pszenicy, 2 - żyta, 3 - jęczmienia, 4 - owsa, 5 - kukurydzy, 6 - ryżu, 7 - gryki, 8 - grochu, 9 - fasoli, 10 - prosa, 11 - ziemniaka

Skrobia zbudowana jest z dwu składników:

- amylozy - substancja krystaliczna, nie dająca w wodzie kleiku, rozpuszcza się w wodzie w temp. 70-80°C;
- amylopektyna - substancja o właściwościach gumy, kleikująca przy podgrzewaniu w wodzie i barwiąca się pod wpływem jodu na granatowo.

Właściwości skrobi:

- zdolność pochłaniania wody;
- zdolność i temperatura kleikowania,
- stopień mechanicznego uszkodzenia ziarenek skrobiowych (np.. W czasie przemiału ziarna),
- zdolność scukrzania - tj. zdolność ulegania rozkładowi pod wpływem enzymów do dekstryn.

Białka

Stanowią od 7-18%. Zboża stanowią podstawowe źródło białka w żywieniu człowieka. Główne zboża chlebne zawierają: żyto 6,5-14,5%, pszenica 11-17%.

Białka występujące w ziarnie można podzielić na:

- **białka proste**: albuminy, globuliny, prolaminy (gliadyna-w pszenicy i życie, hordeina w jęczmieniu, awenina w owsie, zeina w kukurydzy, legumina w fasoli i grochu, oryzeina w ryżu), gluteniny
- **białka złożone**: głównie glikoproteidy oraz nukleoproteidy.

Gliadyna i glutenina mają szczególne znaczenie dzięki swoistym właściwościom, umożliwiającym tworzenie ciasta z mąki pszennej.

Czysty gluten zawiera: ~65% wody, zaś s.m. Zawiera 75-80% białka, 5-15% węglowodanów, 5-10% tłuszczu i niewielką ilość soli mineralnych. Gluten z żyta jest bardzo słaby, wchłania 220-300% wody.

Tłuszcze: występują w ziarnie zbóż w niewielkich ilościach - 1,2-2,8%. Większą zawartość zawiera proso -5,6%, kukurydza 4-6%, owies 5,9-8,4%. Nienasycone kwasy tłuszczowe łatwo utleniają się co powoduje zmianę smaku i zapachu.

Składniki mineralne: zawartość popiołu wynosi 1,2-3,8%, najwięcej w zarodku -~4%, warstwie aleuronowej ~7%, okrywie ~3-6%. Ok. 60% stanowi fosfor, 30% potas, 7-8% magnez, 1-2% wapń. Ziarno zbóż jarych ma nieco więcej popiołu niż ziarno zbóż ozimych, również ziarno szkliste ma więcej niż mączyste.

Witaminy: B,C,

z witamin rozpuszczalnych w wodzie:

- tiamina - żyto, pszenica, kukurydza, owies - 4,4-7,7 mg/g;
- ryboflawina - pszenica, żyto (1,5-1,9 mg/g), gryka (10,6 mg/g);
- pirydoksyna - żyto, pszenica (3,3-4,3 mg/g), ryż (9,4-11,2 mg/g);
- kwas pentotenowy - pszenica, ryż, żyto 7,7-19 mg/g;

rozpuszczalnych w tłuszczach:

- karoteny,
- tokoferole.

Enzymy:

Są to substancje zwane fermentami, wywołują procesy życiowe zachodzące w ziarnie.

Ze względu na budowę dzieli się je na:

- jednoskładnikowe - np. amylazy zbudowane tylko z białka,
- dwuskładnikowe - zbudowane z białka i innego związku niebiałkowego - np. połączenie witaminy B₁ z kwasem fosforowym.

Najważniejsze enzymy:

- amylolityczne - rozkładające skrobię - amylazy,
- proteolityczne - rozkładające białko - proteazy,
- lipolityczne - rozkładające tłuszcze - lipazy,

inne: np. tyrozyna, fitaza, katalaza - odpowiedzialne za utlenianie tłuszczów, fenoli, chroniące zarodek.

Woda: wolna i woda związana - wilgotność ziarna 13-15% - występuje wówczas równowaga pomiędzy ww-wz

Związki antyżywniowe:

Ziarno zbóż, podstawowe źródło żywności, a także paszy, zawiera w swym składzie pewne, swoiste dla gatunku związki ograniczające wartość żywnościową, znane jako **związki antyodżywcze**.

Mają one główne znaczenie w żywieniu organizmów jednożołądkowych, w tym człowieka.

Najwięcej tego typu związków zawiera **żyto**, a **najmniej kukurydza**.

Należą do nich przede wszystkim **fityniany**, czyli organiczne związki fosforu.

Wiążą one bardzo silnie wapń, magnez oraz mikroskładniki. Zmniejszają także rozpuszczalność białek i węglowodanów.

W procesach fermentacji dochodzi do przekształcenia fitynianów w kwas ortofosforowy, z jednoczesnym uwolnieniem składników mineralnych.

Drugą dużą grupę związków antyżywniowych tworzą **taniny**, które chemicznie są polimerami fenoli. Stwierdzono ich obecność w ziarnie **jęczmienia i sorga**.

Nadają paszy **cierpki** smak. Kompleksy tanin z białkami **zmniejszają aktywność enzymów** odpowiedzialnych za strawność białek.

Zmniejszają także **absorpcję żelaza** przez organizm.

Ogólnie można powiedzieć, że **zakłócają gospodarkę składnikami mineralnymi**.

Obecnie coraz większą uwagę zwraca się na **mikotoksyny**, związki produkowane przez grzyby pleśniowe z rodzaju *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*.

Do najgroźniejszych zaliczamy **aflatoksyny, patulinę, ochratoksynę A, fumonizyny, deoksywalenon i zearalenon**.

Graniczną zawartość tych związków w paszach i w żywności regulują normy.

Do zanieczyszczeń organicznych ograniczających w bardzo dużym stopniu wartość żywnościową ziarna należy **sporysz** (*Secale cornutum*). Jest to forma przetrwalnikowa grzyba buławinka czerwona (*Claviceps purpurea*), która wyrasta bezpośrednio z kłosa (żyto, pszenżyto).

Dla zwierząt i człowieka sporysz jest **silnie trujący, wywołuje ślinotok, drgawki, biegunkę oraz zaburzenia halucynogenne**. Zatrucie powodują zawarte w przetrwalniku alkaloidy (0,15-1 %), takie jak: ergotamina, ergotoksyna, ergometryna.

Masa 1000 ziarn jest cechą odmianową, nie określa stopnia wyrównania ziarna danej partii.

Gęstość lub masa właściwa: jakość ziarna pod względem zawartych w nim składników. Skrobia, błonnik, białko mają gęstość powyżej 1200 kg/m³.

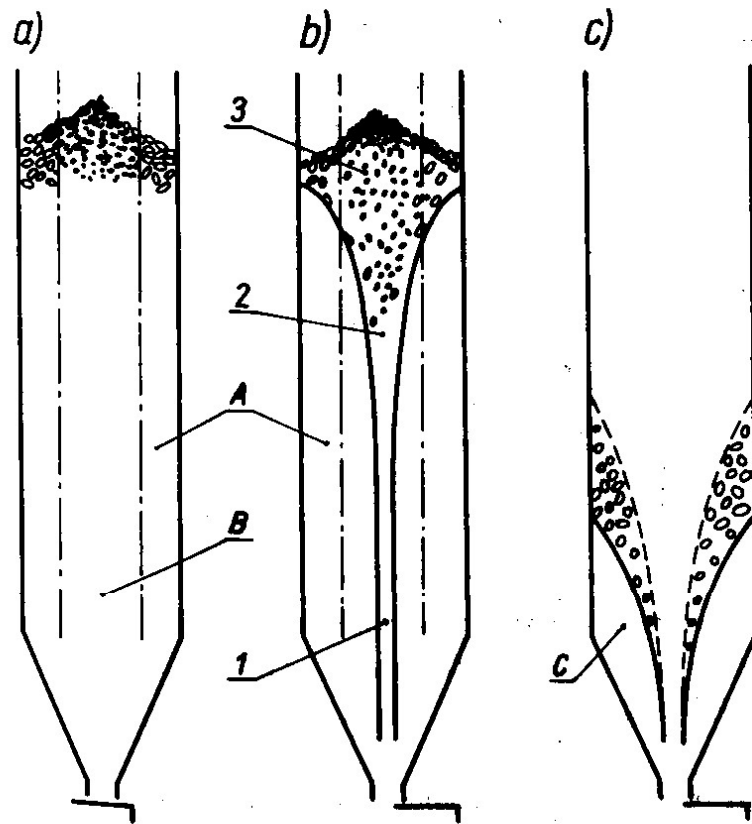
Twardość: - podstawowa cecha o znaczeniu technologicznym - określa potencjalne zachowanie się ziarna podczas obróbki mechanicznej, głównie przy przerobieniu pszenicy, jęczmienia, ryżu i żyta.

Im wyższa twardość określana tzw. szklistością tym wyższa wartość przemiałowa ziarna.

Szklistość ziarna określa jego wygląd w przekroju. Ziarno może być szkliste lub mączyste.

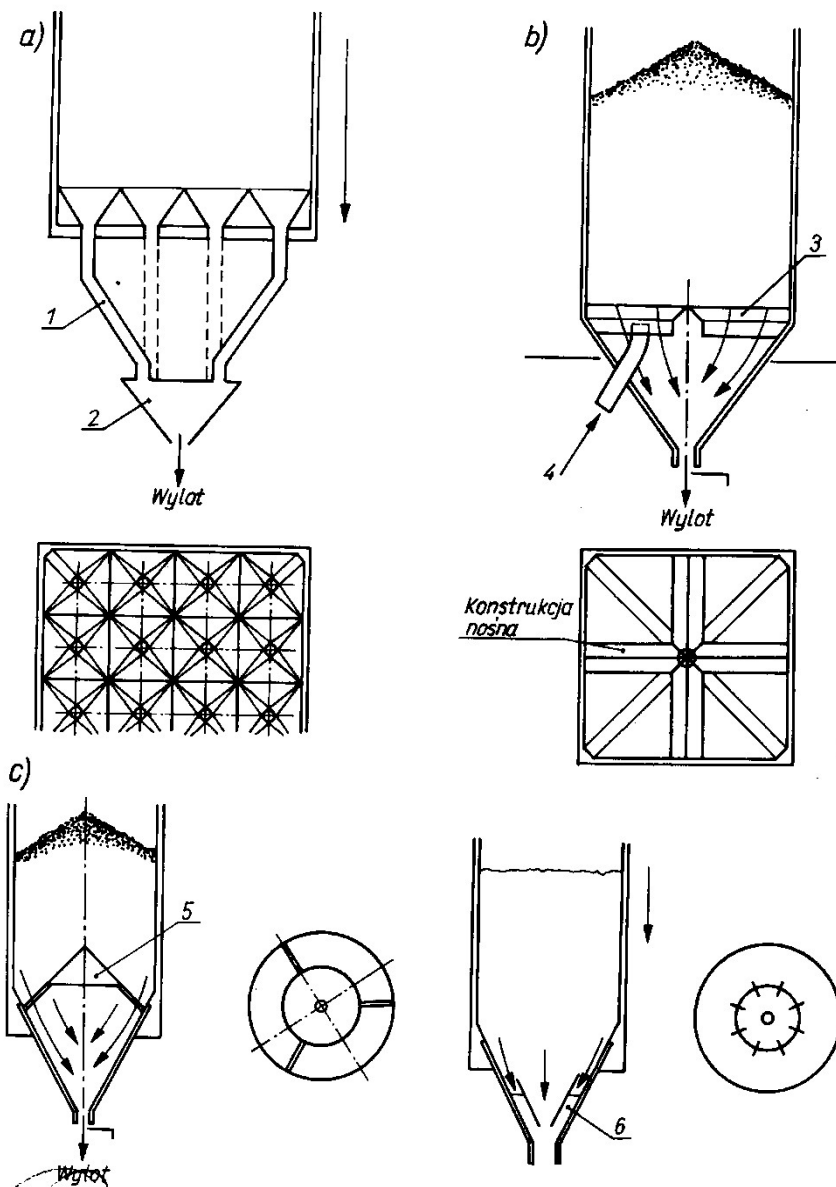
Ziarno mączyste ma szklistość <40%, a wysokoszkliste >60%.

Farinotom lub diafonoskop - urządzenia do oznaczania szklistości.



Rys. III-2. Zachowanie się ziarna w komorze jednowyłotowej: *a)* komora po napelnieniu, *b)* stan po otwarciu zasuw, *c)* końcowe opróżnianie komory; *A* – strefa ziarn lekkich i o dużych rozmiarach, *B* – strefa ziarn ciężkich i o małych rozmiarach, *C* – strefa ziarn lekkich, narastająca w miarę opróżniania komory [39]

1, 2, 3 – kolejność wysypywania się ziarna z komory



Rys. III-3. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne przeciwdziałające samosortowaniu przy opróżnianiu komory zbożowej (obok rzut z góry): a) dla komór o przekroju kwadratowym lub prostokątnym, b) dla komór o przekroju kwadratowym – z aktywną wentylacją, c) dla komór okrągłych (dwa rozwiązania) [39]

1 – rury spadowe, 2 – stożek zbiorczy, 3 – dno komory wielowylotowe, 4 – podłączenie aktywnej wentylacji, 5 – stożek rozdzielczy odciągający, 6 – dodatkowy stożek odciągający

Właściwości fizyczne masy ziarna

Masa zbożowa powstaje od chwili wymłócenia. Skład: ziarno danej rośliny, plewy, części kłosów, kawałki słomy, strąki, liście i łodygi, nasiona chwastów oraz inne zanieczyszczenia. Wśród tych składników ważną rolę odgrywają chwasty, które zazwyczaj mają wyższą wilgotność niż ziarna zbóż, są również szkodliwe dla zdrowia ludzi i zwierząt.

Do ziarna dostają się również szkodniki, które szybko rozmnażają się i powodują duże straty ilościowe i jakościowe.

W masie zbożowej znajdują się takie zanieczyszczenia jak: pył, grudki, kamienie oraz grzyby, które są toksyczne.

Jednorodność ziarna jest pożądana nie tylko jako materiał siewny ale również do przetwórstwa.

Na skutek procesów biologicznych takich jak samozagrzewanie się, rozwój szkodników, zlegiwanie, sypkość ziarna znacznie się zmniejsza. Sypkość ziarna jest wyróżnikiem jakościowym ziarna.

Uwzględnia się ją przy obliczeniach statycznych spichrza, przy projektowaniu zsypów, nachyleniu rur spadowych.

Samorzutne sortowanie się masy ziarna

Zjawisko to zachodzi podczas napełniania i opróżniania komór zbożowych ziarnem. Poszczególne składniki masy ziarna segregują się w zależności od masy właściwej, kształtu, współczynnika tarcia i innych cech.

Porowatość i gęstość ziarna w stanie zsypanym

Ilościowy stosunek objętości zajętej przez powietrze do ogólnej objętości zajmowanej przez masę ziarna wraz z powietrzem nazywa się porowatością masy ziarna.

Ciężar objętościowy lub inaczej gęstość w stanie zasypowym

Ciężar objętościowy zwany ciężarem hektolitra - cecha ważna przy obliczaniu pojemności zbiorników, wydajności urządzeń transportowych, dozowników oraz przy ocenie handlowej i technologicznej ziarna.

Właściwości sorpcyjne masy ziarna

Zdolność pochłaniania gazów, par różnych substancji. Wynika ona stąd, że ziarna mają powierzchnię porowatą, zwiększającą ogólną powierzchnię ziarna. Powierzchnia pojedynczego ziarna ma powierzchnię 60-80mm² zaś łącznie z kapilarami 20-krotnie większą.

Zdolność ziarna do wchłaniania wody nazywa się higroskopijnością i ma duże znaczenie w przechowalnictwie. Zawilgocone ziarno stwarza korzystne warunki dla czynnego życia ziarna, życia drobnoustrojów, owadów, roztoczy znajdujących się w masie ziarna.

Właściwości cieplne masy ziarna

przenoszenie ciepła w masie odbywa się poprzez przewodzenie lub konwekcję.

Masa ziarna jest złym przewodnikiem ciepła, o niskim współczynniku **przewodności cieplnej właściwej**, tj.

ilości ciepła, jaka przechodzi w ciągu godziny przez warstwę zboża o grubości 1 m i objętości 1 m³ przy różnicy temperatur obu powierzchni warstwy wynoszącej 1 °C.

Zła przewodność cieplna masy ziarna powoduje, że wpływ temperatury zewnętrznej na magazynowanie jest niewielki.

Masa ziarna o podwyższonej temperaturze w wyniku samozagrzewania trudno się ochładza.

Przewodność temperaturowa ma znaczenie podczas suszenia ziarna.

Właściwości biologiczne masy ziarna

Oddychanie: jako żywy organizm przebiegają procesy życiowe, zależnie głównie od wilgotności i temperatury oraz stopnia dojrzałości.

Okres dojrzewania późniejszego (trwa od 4-7 tyg.)- od zbioru do uzyskania normalnej zdolności kiełkowania - intensywne oddychanie, wydzielanie dużej ilości ciepła i wody (pocenie się ziarna).

- **oddychanie tlenowe** - ubytek sm. zwany ubytkiem naturalnym. Ziarno o wilgotności 11% i w temp. 18°C ma energię oddychania równą zero. Wyraźny wzrost energii oddychania następuje przy wilgotności powyżej 14,5% i temp. 30°C.

- **oddychanie beztlenowe** - wyparcie tlenu przez dwutlenek węgla następuje wydzielanie alkoholu etylowego lub kwasów octowego i mlekowego, ziarno traci zdolność kiełkowania.

Porastanie: zmienne warunki atmosferyczne podczas zbioru powodują porastanie ziarna na polu. Proces ten może być pogłębiony przez złe przechowywanie. Ziarno porastające silnie oddycha, wydzielając duże ilości ciepła co prowadzi do samozagrzewania się masy zbożowej.

Wzrasta intensywność enzymów amylolitycznych i proteolitycznych oraz następują zmiany chemiczne szczególnie w układzie skrobiowym. Spada zdolność kiełkowania (ważne dla materiału siewnego i jęczmienia browarniczego). Ziarno zmienia barwę, brunatnieje, matowieje.



Porastanie żyta (fot. W. Szczepaniak)

instituti

Samozagrzewanie masy ziarna:

- polega na podwyższeniu temperatury ziarna, jest ono wynikiem właściwości fizycznych i fizjologicznych wszystkich żywych organizmów masy ziarna (oddychanie, przewodność cieplna, zdolność do samosortowania, termiczna dyfuzja wody),

- sprzyja: zanieczyszczenia, chwasty, owady, roztocza, dojrzałość ziarna,, stan pomieszczeń magazynowych, metody konserwacji, zawartość wody.

Ziarno zagrzone zmienia barwę i zapach. Okrywa i czasami bielmo mają barwę brązową, zapach kwaśny, alkoholowy, stęchły - takie ziarno nosi nazwę **ziarna spalonego**.

Zlegiwanie się masy zbożowej: zbijanie się w bryły - występuje często w komorach silosów, w wysokich pryzmach - konieczne jest przemieszczanie ziarna długo składowanego.

Spichrze zbożowe

Jest to budynek lub budowla złożona z wolno stojących zbiorników przeznaczonych do przechowywania ziarna.

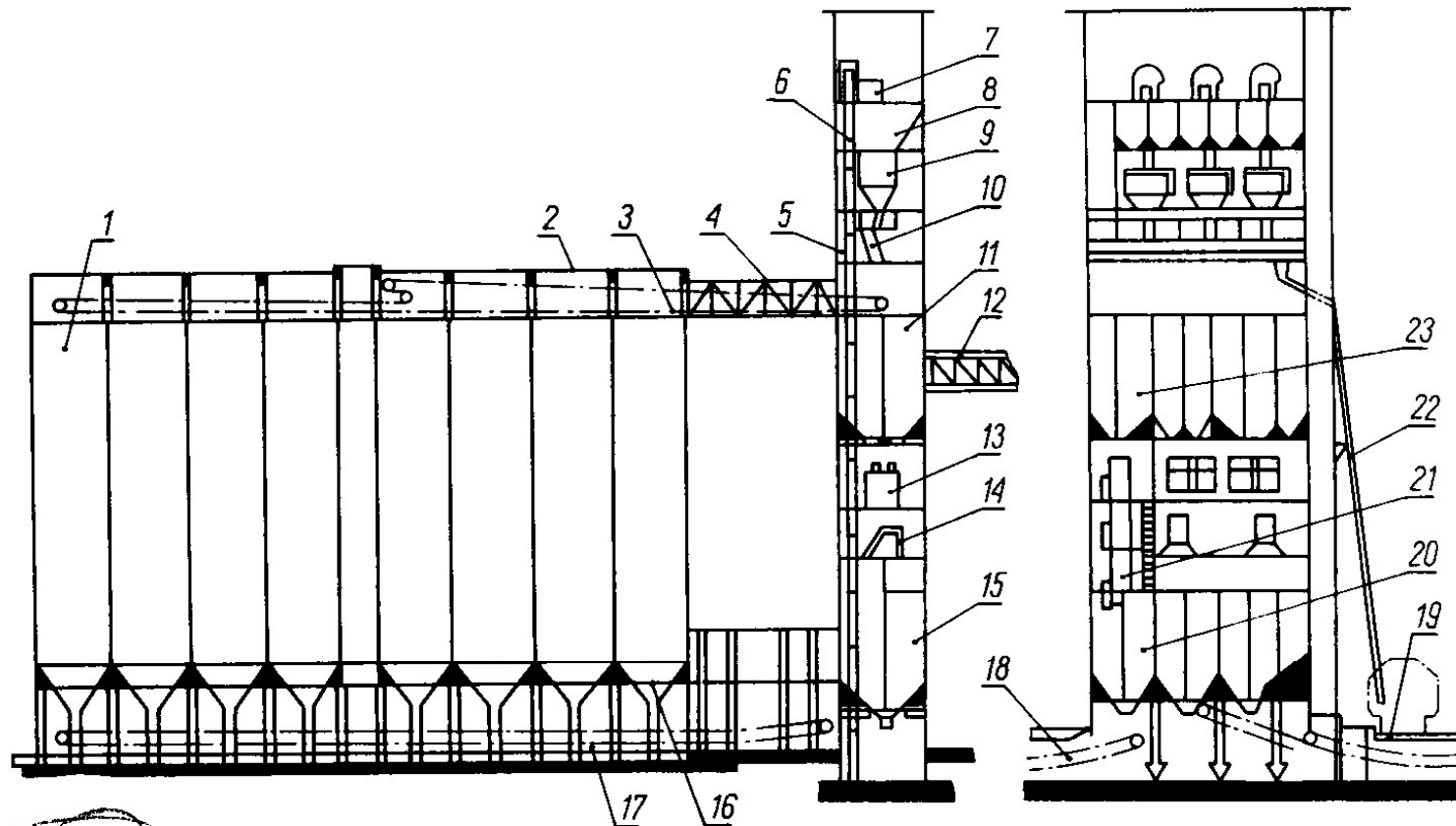
Dzielimy na:

- **podłogowe** - duża powierzchnia przy niskiej warstwie składowania ziarna (2-2,5m przy ścianach do 4-5m na środku przyzmy), mały stopień zmechanizowania prac,
- **podłogowo-parterowe** (wys. składowania 6-9m, czas składowania 2-3 lat bez potrzeby konserwacji, jedynie aktywne wietrzenie, koszt budowy niski,
- **podłogowe wielokondygnacyjne** tzw. magazyny strugowe - na podłogach każdej kondygnacji składowane są zboża w przyzmach, czasami podzielone są na komory (możliwość składowania różnych partii ziarna),
- **spichrze strugowe** - w poszczególnych podłogach tych spichrzy są otwory zamykane zasuwami, do zsypywania ziarna z górnych kondygnacji na niższe,

- **spichrze zasiekowe** - dna zasieków są w kształcie leja, zasilanie przenośnikiem, a opróżnianie grawitacyjne na przenośniki zbiorcze.
- **spichrze komorowe** - pionowe komory o dużej pojemności, pojedyncze lub w blokach.

Blok komór składa się z:

- komór zaopatrzonych u dołu w **leje z otworami wysypowymi**, a u góry w strop nadkomorowy,
- **galerii nadkomorowej**, w której są zainstalowane przenośniki rozdzielcze rozprowadzające zboże do poszczególnych komór,
- **galerii podkomorowej**, w której są zainstalowane przenośniki zbiorcze do zbierania zboża z wylotów poszczególnych komór i przenoszenia do podnośników czerpakowych zainstalowanych w wieży,
- **wieża maszynowa mieści**: stacje napędowe przenośników zbiorczych i rozdzielczych, podnośniki czerpakowe, maszyny czyszczące, instalacje aspiracji centralnej, urządzenia do przeładunku zboża, rozdzielnia elektryczna,



Rys. III-4. Schematyczny przekrój elewatora [24]

1 – komora elewatora, 2 – galeria nadkomorowa, 3 – przenośnik taśmowy nadkomorowy, 4 – galeria łączeniowa 5 – wieża robocza, 6 – podnośniki czerpakowe, 7 – napęd podnośników, 8 – zbiorniki nadwagowe, 9 – wagi automatyczne, 10 – rury spadowe rozdzielcze, 11 – zbiorniki przed wialniami zbożowymi, 12 – galeria transportowa, 13 – wialnia zbożowa, 14 – tryjery, 15 – komory manipulacyjne, 16 – lej wsypany, 17 – przenośnik taśmowy przyjęciowy, 18 – galeria podkomorowa, 19 – przyjęcie kolejowe, 20 – komory po suszarni, 21 – suszarnia, 22 – rura wydawcza, 23 – komora przed suszarnią

- **punkt przyjęcia zboża.**

Funkcje technologiczne jakie powinien spełniać magazyn zbożowy:

- przyjęcie masy zbożowej,
- czyszczenie wstępne,
- segregowanie masy wg jakości,
- suszenie zboża,
- przerzut wewnętrzny i zewnętrzny.

Odbiór ilościowy: różnica 0,1%,

odbiór jakościowy: ocena w ciągu 24h.

Niektóre wyróżniki jakościowe:

- wilgotność ziarna;

- I stopień - suche do 15%,
- II stopień - śr. suche 15-16%,
- III stopień - wilgotne 16-17%,
- IV stopień - mokre 17-18%

- gęstość w stanie zasypowym

określana dla żyta i pszenicy w stopniach:

dla pszenicy

- 1^o - >76 kg/hl,

- 2^o - 72-76 kg/hl,

dla żyta

- 1^o - >70 kg/hl,

- 2^o - 65 - 70 kg/hl,

dla żyta na paszę poniżej 65 kg/hl, 

dla jęczmienia browarnego norma przewiduje wyrównanie na sitach 2,8 i 2,5x25 w dwóch stopniach;

- 1^o - >90%,

- 2^o - 75-90%,

jęczmienia do przetwórstwa - sito 2,2x25 mm i owsa 1,6x25 mm - >85%

|

Duża gęstość ziarna wskazuje na **dobrze jego wypełnienie i wyrównanie**, dużą masę 1000 ziarn, a także **zapowiada duży plon mąki**.

TABELA I. 24. Niektóre normy jakościowe ziarna na cele piekarskie, wymagania Polskich Młynów S.A.¹

Grupa cech	Cechy jakościowe	Wartości cechy
Przemiałowe ziarna	wilgotność, %	nie więcej niż 14,5
	gęstość, kg/hl	nie mniej niż 77
	zawartość zanieczyszczeń ogólnych, %	nie więcej niż 5
Wypiekowych	liczba opadania	220–290
	zawartość białka, %	nie mniej niż 12
	zawartość glutenu, %	nie mniej niż 27
	rozpływalność glutenu, mm	nie mniej niż 9
	liczba sedimentacji	nie mniej niż 30

Liczba opadania Hagberga, która jest miarą aktywności **enzymu alfa amylazy**, określa ukryte **porośnięcie ziarna**. Wyrażana jest w sekundach i obejmuje szybkie skleikowanie wodnej zawiesiny mąki we wrzącej łaźni wodnej oraz pomiar upłynnienia skrobi pod wpływem aktywności alfa amylazy.

Kiełkowanie ziaren jeszcze w kłosie objawia się wysoką aktywnością tego enzymu.

W skupie interwencyjnym **liczba opadania musi wynosić minimum 220 sekund**.

Liczba opadania Jest ważnym miernikiem wartości technologicznej ziarna pszenicy i żyta oraz mąki pszennej i żytniej.

Na podstawie wartości tego wskaźnika można wnioskować o przydatności technologicznej i przechowywalności badanego materiału.

Tabela interpretacji wyników liczby opadania wg ZBPP

Grupa	Liczba opadania		Wniosek	Zalecenia technologiczne
	mąka			
	pszenna	żytnia		
1	poniżej 80 s	poniżej 70 s	bardzo wysoka aktywność alfa amylazy w mące	Mąka nie nadaje się do bezpośredniego wypieku. W małych ilościach można ją mieszać z grupą 4.
2	90 – 150 s	75 – 100 s	wysoka aktywność alfa amylazy	Nadaje się do sporządzania mieszanek z grupą 4.
3	170 200 s	125 – 200 s	średnia aktywność alfa amylazy	Odpowiednia do wypieku.
4	powyżej 300 s	powyżej 250 s	niska aktywność alfa amylazy	Mąka żytnia nie nadaje się do bezpośredniego wypieku pieczywa o wysokim stopniu ukwaszenia. Należy ją stosować do produkcji pszenno-żytniej bądź mieszanek grupą 2 lub 1. Mąkę pszenną należy mieszać z grupą 2 lub 1. W wyjątkowych przypadkach można użyć do gatunków pieczywa z dużymi ilościami cukru.
5	60 – 750 s	60 – 400 s	spotykane wahania wartości	

W warunkach podwyższonej wilgotności zbóż powyżej **15%**, szczególnie przy zbiorach w niesprzyjających warunkach atmosferycznych, występuje **uaktywnienie alfa amylazy** powodującej **groźne w skutkach uszkodzenie skrobi**.

Ciasto z takich mąk nabiera niekorzystnych właściwości fizykochemicznych, nie gwarantujących otrzymania dobrego pieczywa. Stąd też znajomość stopnia uszkodzenia zbóż i ich przetworów pozwala na inną kwalifikację i przeznaczenie zbóż np.

na cele paszowe

możliwość sporządzenie mieszanek, tj. zbóż uszkodzonych z nieuszkodzonymi przez alfa amylazę opracowanie indywidualnych procesów technologicznych z dodatkiem „polepszaczy”, by uniknąć nieoczekiwanych strat

Minimalna zawartość białka w ziarnie pszenicy oferowanym do skupu interwencyjnego musi wynosić **10,5 procent**.

Firmy skupujące pszenicę powszechnie oznaczają w ziarnie zawartość glutenu. Gluten jest białkiem zapasowym, składającym się z gliadyny i gluteniny. Nadaje on mące pszennej wyjątkowe właściwości wypiekowe. Jego ilość w mące decyduje przede wszystkim o objętości pieczywa, a jego jakość o elastyczności ciasta. Zawartość glutenu najczęściej nie może być mniejsza niż **26 proc.**

Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego

Wyraża on **grubość wytrąconego osadu** (w ml) i informuje o udziale **agregatów wielkocząsteczkowych białka**, które mają ścisły związek z wartością wypiekową ziarna.

W skupie interwencyjnym wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego powinien mieć wartość co najmniej **22 ml**.

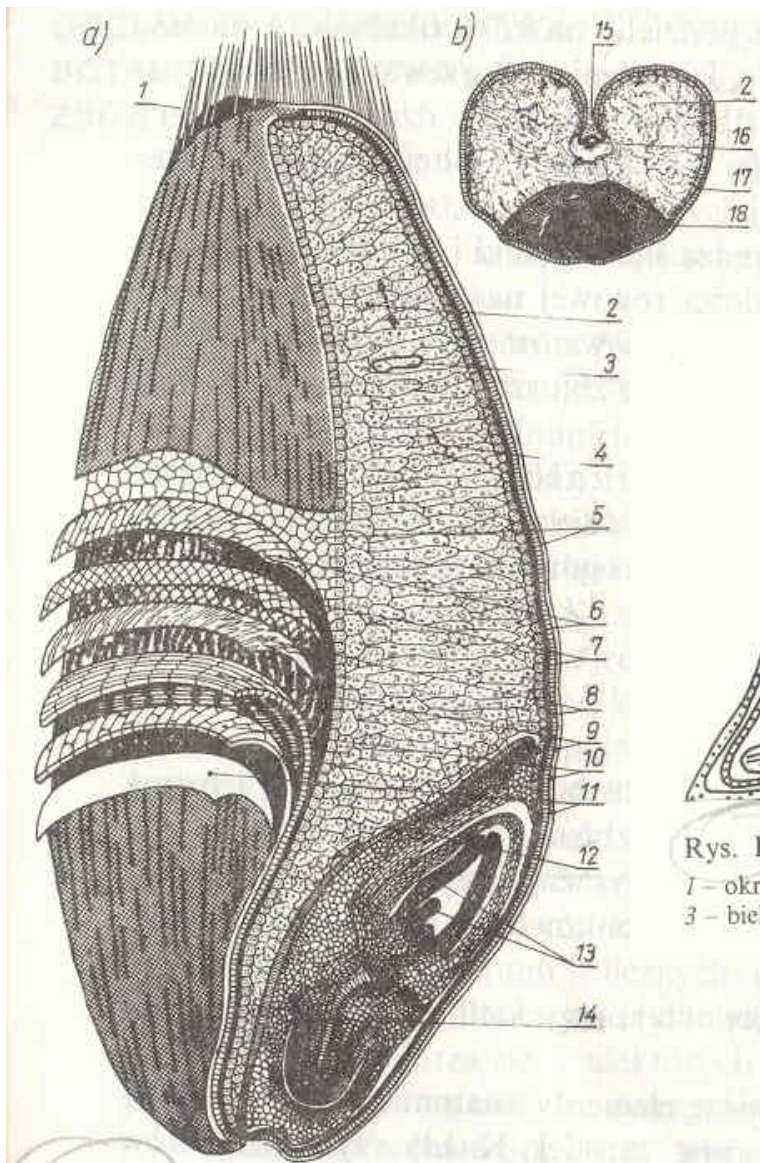
Gdy wskaźnik ten ma wartość od **22 do 30, konieczne jest wykonanie testu na kleistość ciasta**.

Ziarno zostaje przyjęte do interwencji, gdy otrzymane z niego ciasto ocenia się jako niekleiste, przydatne do obróbki mechanicznej.

Dla potrzeb piekarnictwa najważniejsze są dwie cechy jakościowe pszenicy: zawartość białka oraz wartość wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego.

Ziarno, dla którego wskaźnik ten ma wartość ponad 30 ml, jest surowcem o dobrej wartości wypiekowej, którą należy ocenić mniej korzystnie, gdy zawartość białka jest niższa niż 11,5 proc., a dobrze, gdy jest wyższa.

Bardzo dobrą wartością wypiekową odznacza się ziarno pszenicy o zawartości ponad 14 proc. białka i wskaźniku sedymentacyjnym ponad 40 ml.

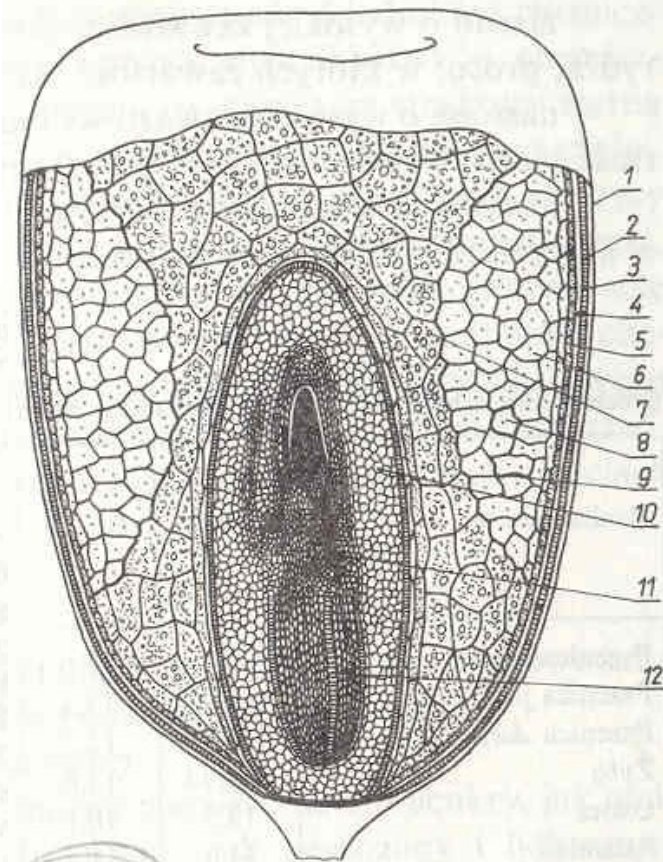


Rys. II-1. Budowa anatomiczna ziarna pszenicy [12]

1 – bródka, 2 – bielmo, 3 – komórki skrobi w białkowej matrycy, 4 – ścianki celulozowe komórki, 5 – komórki aleuronowe, 6 – warstwa hialinowa, 7 – warstwa nasienna (Testa), 8 – komórki rurkowe, 9 – komórki poprzeczne, 10 – komórki podłużne, 11 – naskórek, 12 – tarczka, 13 – pączek, 14 – korzonek, 15 – bruzdka, 16 – plamka pigmentowa, 17 – okrywa, 18 – zarodek

Rys. II-2. Budowa ziarna gryki [17]

1 – okrywa owocowa, 2 – okrywa nasienna, 3 – bielmo, 4 – zarodek



Rys. II-3. Budowa anatomiczna ziarna kukurydzy [12]

1 – naskórek, 2 – komórki poprzeczne, 3 – komórki rurkowe, 4 – warstwa nasienna, 5 – warstwa aleuronowa, 6 – bielmo zrogowaciałe, 7 – bielmo mączyste, 8 – komórki z ziarenkami skrobi, 9 – ścianki komórek, 10 – tarczka, 11 – pączek, 12 – korzonek

Tabela 11-3

Średnia zawartość niektórych składników chemicznych w ziarnie zbóż gryki i grochu w % [16]

Rodzaj ziarna	Woda	Białko	Tłuszcz	Cukry				Popiół
				ogółem	cukry proste	skrobia	blonnik	
Pszenica ozima	14,0	11,6	1,6	68,7	2,6	53,7	2,4	1,7
Pszenica jara	11 ÷ 14	13,5	1,9	78,0	2,6	52,4	3,9	2,0
Pszenica <i>durum</i>	14,0	12,5	1,9	67,5	2,1	54,9	3,4	1,7
Żyto	11 ÷ 14	13,0	1,8	80,0	3,5	54,0	2,6	2,1
Owies	13,5	10,1	4,7	57,8	1,2	36,1	10,7	3,2
Jęczmień	14,0	11,5	2,0	65,8	3,6	50,1	4,3	2,4
Proso	13,5	11,2	3,8	60,7	2,5	54,7	7,9	2,9
Pszenżyto	11 ÷ 15	14,8	1,5	78,0	.	.	3,1	2,0
Sorgo	13,5	11,1	3,3	66,4	1,6	56,0	3,5	2,2
Ryż brown	15,5	7,4	2,3	63,1	3,1	55,2	1,3	1,3
Ryż milled	15,5	6,2	0,8	.	.	.	0,3	0,6
Kukurydza koński ząb	14,0	9,3	4,0	69,4	2,8	59,8	2,1	1,2
Gryka	14,0	11,6	2,3	59,5	1,5	54,9	10,8	1,8
Groch	14,0	23,0	1,2	53,3	4,2	46,5	5,7	2,8

**Rozmieszczenie składników chemicznych
w poszczególnych częściach ziarniaka pszenicy w % [37]**

Część ziarniaka	Białko $N \times 5,7$	Cukry				Tłuszcz	Składniki mine- ralne
		cukry proste	skro- bia	błon- nik	pento- zany		
Okrywa owocowa zewn.	1,7 ÷ 4,5	—	—	24 ÷ 27	29 ÷ 48	0,7 ÷ 1,0	0,9 ÷ 1,5
Okrywa owocowa wewn.	6,3 ÷ 9,6	—	—	17 ÷ 20	27 ÷ 42	0,3 ÷ 0,5	6,3 ÷ 9,6
Okrywa nasienna	12 ÷ 20	—	—	1,0 ÷ 1,2	14 ÷ 36	0,2 ÷ 0,3	7 ÷ 20
Okrywa z warstwą aleuronową	28,8	4,2	—	16,2	36,7	7,9	10,5
Zarodek	24 ÷ 34	25,0	—	2,5	3,5	16 ÷ 28	3,6 ÷ 9,5
	41				9,7	15	6,3
Bielmo	13 ÷ 15	0,2	72 ÷ 80	0,3 ÷ 0,5	3,3 ÷ 4,0	0,8 ÷ 1,6	0,4 ÷ 0,6
		3,5		0,2	2,7	0,7	
Całe ziarno	16,1	4,3	63,1	2,8	8,1	2,2	2,2

Tabela 11-5

Właściwości skrobi głównych zbóż

Skrobia z	Temperatura kleikowania, °C	Kształt ziarenek	Wymiary ziarenek μm
Jęczmienia	51 ÷ 60	okrągły owalny	20 ÷ 25 2 ÷ 6
Pszenżyta	55 ÷ 62	okrągły	19
Pszenicy	58 ÷ 64	okrągły owalny	20 ÷ 35 2 ÷ 10
Żyta	57 ÷ 70	okrągły, owalny	28
Owsa	53 ÷ 59	wielokątny i wielościenny	3 ÷ 10 (pojedyncze ziarenko)
Kukurydzy	62 ÷ 72	okrągły lub wielokątny	15
Ryżu	68 ÷ 78	wielokątny	3 ÷ 8

Tabela 11-6

Wymiary geometryczne ziarna zbóż, gryki i grochu

Roślina	Wymiary liniowe, mm			Objętość V mm ³	Pole powierzchni zewnętrznej F mm ²	Stosunek V/F mm
	długość l	szerokość a	wysokość b			
Pszenica	4,2 ÷ 8,6	1,6 ÷ 4,0	1,5 ÷ 3,8	19 ÷ 42	40 ÷ 75	0,49 ÷ 0,64
Żyto	5,0 ÷ 10,0	1,4 ÷ 3,6	1,2 ÷ 3,5	10 ÷ 30	30 ÷ 45	0,28 ÷ 0,42
Pszenperz	5,5 ÷ 9,5	1,5 ÷ 3,8	1,4 ÷ 3,6	12 ÷ 33	30 ÷ 50	0,33 ÷ 0,52
Jęczmień	7,0 ÷ 14,6	2,0 ÷ 5,0	1,4 ÷ 4,5	20 ÷ 40	35 ÷ 60	0,45 ÷ 0,65
Owies	8,0 ÷ 16,6	1,4 ÷ 4,0	1,2 ÷ 3,6	19 ÷ 36	30 ÷ 65	0,36 ÷ 0,54
Ryż	5,0 ÷ 12,0	2,5 ÷ 4,3	1,2 ÷ 2,8	12 ÷ 35	30 ÷ 55	0,35 ÷ 0,60
Kukurydza	5,5 ÷ 13,5	5,0 ÷ 11,5	2,5 ÷ 8,0	140 ÷ 260	80 ÷ 145	0,70 ÷ 0,90
Proso	1,8 ÷ 3,2	1,2 ÷ 3,0	1,0 ÷ 2,2	5 ÷ 6	10 ÷ 18	0,70 ÷ 0,80
Sorgo	2,6 ÷ 5,8	2,4 ÷ 5,6	2,0 ÷ 5,0	50 ÷ 85	60 ÷ 95	0,75 ÷ 0,85
Gryka	4,4 ÷ 8,0	3,0 ÷ 5,2	2,0 ÷ 4,2	9 ÷ 20	30 ÷ 55	0,50 ÷ 0,70
Groch	4,0 ÷ 10,0	3,7 ÷ 10,0	3,5 ÷ 10,0	114 ÷ 320	150 ÷ 270	0,80 ÷ 0,95

Tabela 11-7

Gęstość i masa 1000 ziarn zbóż, gryki i grochu

Rodzaj ziarna	Gęstość właściwa kg/m ³	Masa 1000 ziarn g
Pszenica	1200 ÷ 1500	22 ÷ 42
Żyto	1200 ÷ 1500	13 ÷ 32
Owies	1200 ÷ 1400	20 ÷ 42
Jęczmień	1300 ÷ 1400	31 ÷ 51
Ryż	1100 ÷ 1200	24 ÷ 31
Kukurydza	1000 ÷ 1350	205 ÷ 341
Proso	800 ÷ 1200	6 ÷ 6,5
Gryka	1230	.

Tabela 11-8

Średnia prędkość unoszenia ziarna zbóż [8]

Rodzaj nosiwa	Prędkość unoszenia m/s
Ziarno pszenicy	8,9 ÷ 11,5
Ziarno żyta	8,4 ÷ 9,9
Ziarno jęczmienia	8,4 ÷ 10,8
Ziarno owsa	8,1 ÷ 9,1
Ziarno kukurydzy	12,5 ÷ 14,0
Ziarno prosa	9,8 ÷ 11,8
Ziarno gryki	3,5 ÷ 6,0

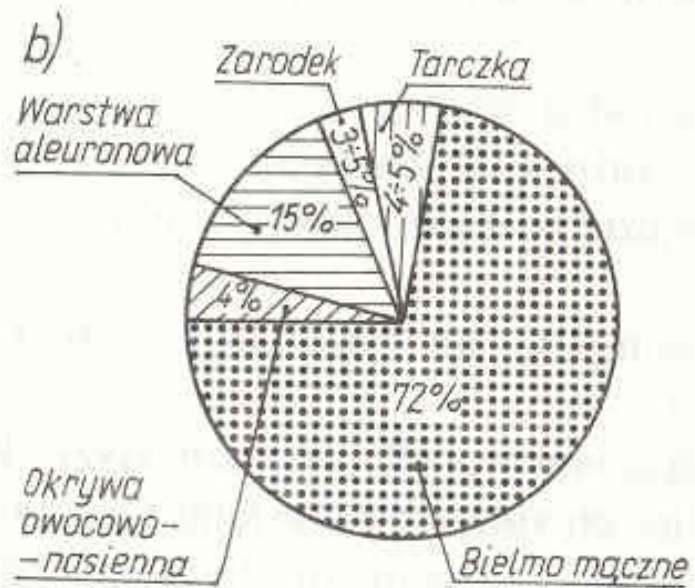
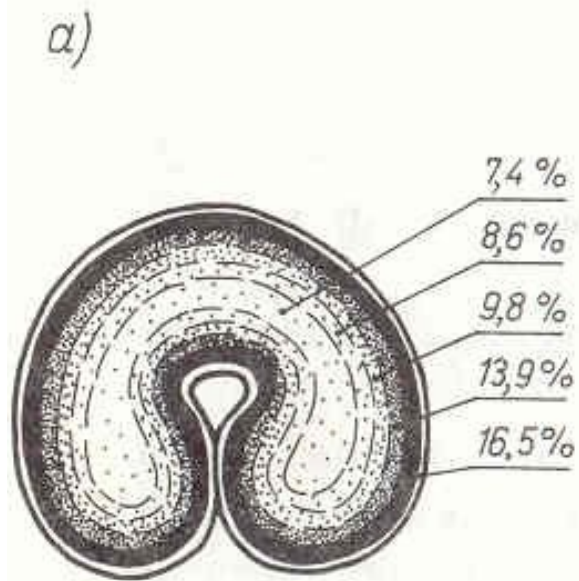
Ciężar objętościowy ziarna i jego porowatość [17]

Rodzaj ziarna	Ciężar objętościowy kg/m ³	Porowatość w %	Rodzaj ziarna	Ciężar objętościowy kg/m ³	Porowatość w %
Pszenica	730 ÷ 850	35 ÷ 45	Proso	680 ÷ 730	30 ÷ 50
Żyto	680 ÷ 750	35 ÷ 45	Ryż niełuszczoney	440 ÷ 550	50 ÷ 65
Owies	400 ÷ 550	50 ÷ 70	Gryka	560 ÷ 650	50 ÷ 60
Jęczmień	580 ÷ 700	45 ÷ 55	Słonecznik	275 ÷ 440	60 ÷ 80
Kukurydza	680 ÷ 820	35 ÷ 55	Len	580 ÷ 680	35 ÷ 45

Tabela II-9

Skład chemiczny ważniejszych nasion roślin strączkowych w % [17]

Nazwa	Woda	Białko	Skrobia i inne cukry	Błonnik	Tłuszcz	Popiół
Groch	13,2	22,4	52,6	6,4	3,0	2,4
Fasola	14,0	23,1	50,0	3,8	2,8	3,2
Bób	14,0	25,0	46,7	9,4	1,6	3,5
Soczewica	12,5	22,4	52,6	6,4	3,0	2,4
Wyka	13,6	27,5	47,2	6,7	2,3	2,7
Soja	10,0	33,0	30,0	4,2	18,0	4,6



Rys. II-5. Rozmieszczenie białka w różnych częściach anatomicznych ziarna pszenicy (a) i ilościowe występowanie (b) [17]

Tabela III-1

Kąt naturalnej sypkości masy ziarna oraz wpływ wilgotności na tę wartość [17]

Ziarno	Kąt naturalnej sypkości w °	Ziarno	Wilgotność w %	Kąt naturalnej sypkości w °
Pszenica	23 ÷ 38	Pszenica	15,3	30,0
Żyto	23 ÷ 38		22,1	38,0
Jęczmień	28 ÷ 45			
Owies	31 ÷ 54	Żyto	11,1	23,0
Kukurydza	30 ÷ 40		17,8	34,0
Ryż	37 ÷ 45			
Proso	20 ÷ 25	Jęczmień	11,9	28,0
Groch	22 ÷ 28		17,8	32,0
Len	27 ÷ 34	Owies	14,6	32,0
Słonecznik	31 ÷ 45		20,7	41,0

Przygotowanie ziarna do przemiału na mąkę

- usunięcie luźnych zanieczyszczeń organicznych i mineralnych,
- usunięcie niektórych części ziarna (bródki, łuski, części zarodka),
- nadanie ziarnu odpowiedniej do wymagań przemiału kondycji poprzez nawilżanie, leżakowanie i obróbkę hydrotermiczną,
- poprawę czystości mikrobiologicznej ziarna.

Przygotowanie mieszanek przemiałowych:

nowe technologie zalecają stosowanie mieszania produktów a nie surowca.

Wartości ziarna pod względem przemiałowym:

- **wysokiej jakości** - niewielka ilość wywiera bardzo duży wpływ dodatni na jakość mieszanki,
- **średniej jakości** - nie wywiera wpływu, stanowi tzw. wypełniacz,
- **niskiej jakości** - koniecznie wymaga dodatku ziarna wysokiej jakości.

Tworzenie mieszanek przemiałowych

Z metod obliczeniowych na uwagę zasługuje wykorzystanie równania z dwiema niewiadomymi dla sporządzenia dwukomponentowej mieszanki przemiałowej. Równania te mają postać następującą (przy założeniu, że ilość ogólna mieszanki przemiałowej wynosi 100%):

$$\begin{aligned}x + y &= 100 \\ 100a &= bx + cy\end{aligned}$$

w którym:

- a – założona wartość wyróżnika jakościowego mieszanki,
- b, c – faktyczna wartość wyróżników jakościowych komponentów,
- x, y – procentowa zawartość komponentów w mieszance przemiałowej.

Przykład. Należy obliczyć skład mieszanki przemiałowej, w której założona ilość glutenu ma wynosić 25%, zaś faktyczna ilość glutenu w komponentach x i y wynosi odpowiednio: $b = 15\%$, $c = 30\%$.

$$100a = bx + cy$$

$$x + y = 100, \quad \text{skąd } x = 100 - y$$

Po podstawieniu odpowiednich wartości

$$100 \cdot 25 = 15(100 - y) + 30y$$

Z rozwiązania tego równania znajdujemy, że

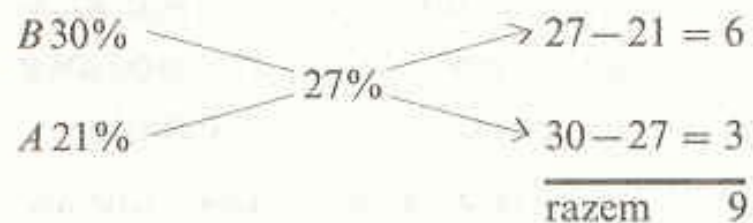
$$y = 66,6\%$$

$$x = 33,4\%$$

W praktyce młynarskiej do obliczenia składu mieszanki przemiałowej złożonej z dwu i więcej komponentów wykorzystuje się prosty i łatwy w stosowaniu sposób graficzny oparty o jedną z wybranych cech ziarna, np. zawartość glutenu.

Przykład 1

Sporządzić mieszankę przemiałową 2-komponentową o zawartości glutenu w partii $A = 21\%$, w partii $B = 30\%$ i przy założonej zawartości glutenu w mieszance 27% .

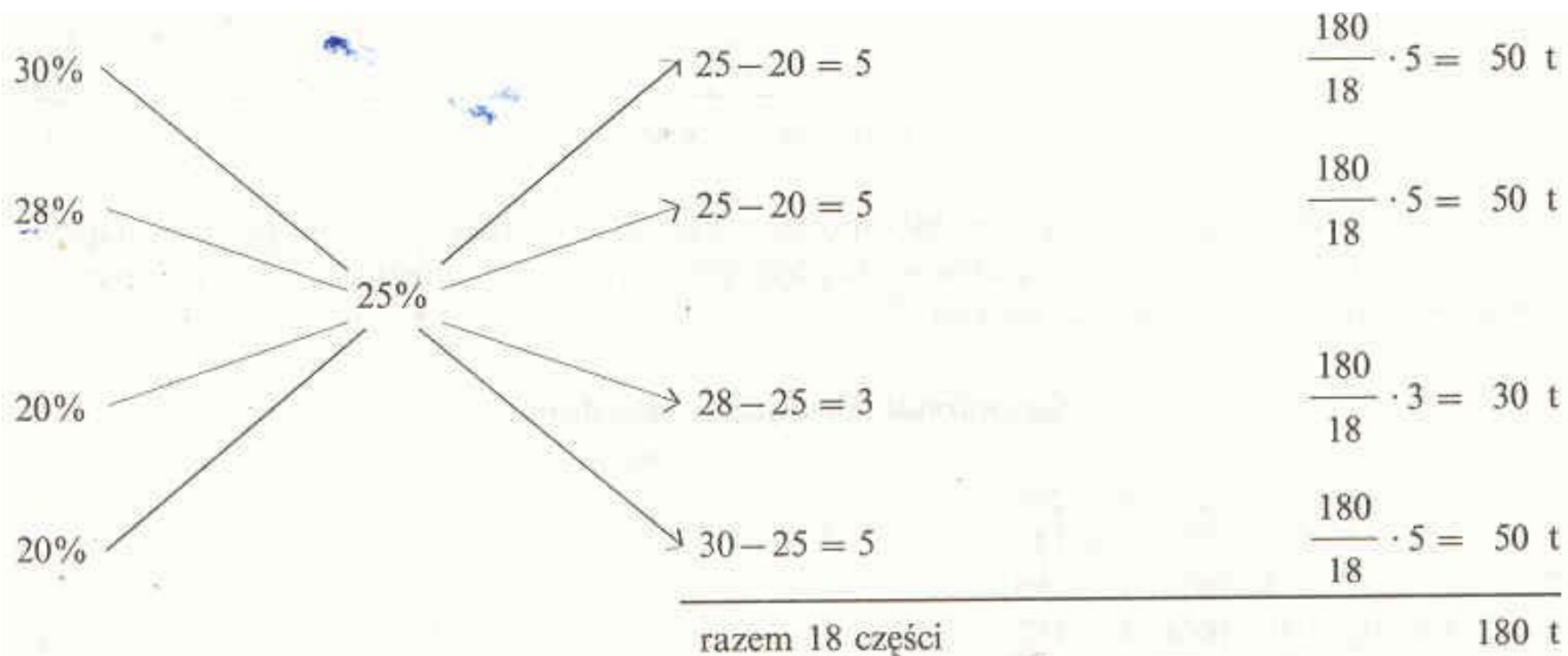


Aby uzyskać prawidłową mieszankę ziarno partii A powinno stanowić 3 części, zaś ziarno partii B – 6 części całkowitej ilości mieszanki. W celu sporządzenia np. 180 t mieszanki o zawartości glutenu 27% , należy wziąć: $\frac{180}{9} \cdot 6 = 120$ t ziarna pszenicy o zawartości glutenu 30% (partia

B) oraz $\frac{180}{9} \cdot 3 = 60$ t ziarna pszenicy o zawartości glutenu 21% (partia A).

Przykład 2

Jeżeli zachodzi konieczność sporządzenia mieszanki nie z dwóch, lecz z większej liczby składników, postępuje się podobnie jak w przypadku komponentów, łącząc zawsze partię o wyższym wskaźniku z partią o niższym wskaźniku od zamierzonego. Gdy liczba składników jest nieparzysta lub liczba składników mających wyższy wskaźnik od zamierzonego nie równa się liczbie składników o wskaźniku niższym, łączy się tę samą partię z dwiema lub więcej partiami, zawsze jednak partię o lepszej jakości ziarna łączy się z partią gorszą. Jeżeli np. trzeba przygotować 180 t mieszanki o średniej zawartości glutenu 25% z trzech partii pszenicy o zawartości glutenu: 30, 28 i 20%, to przy obliczaniu należy dwukrotnie posłużyć się liczbą 20%, aby ilość partii posiadających gluten powyżej żądanego w mieszance (a więc powyżej 25%) zrównać z ilością partii o glutenie poniżej tej liczby.



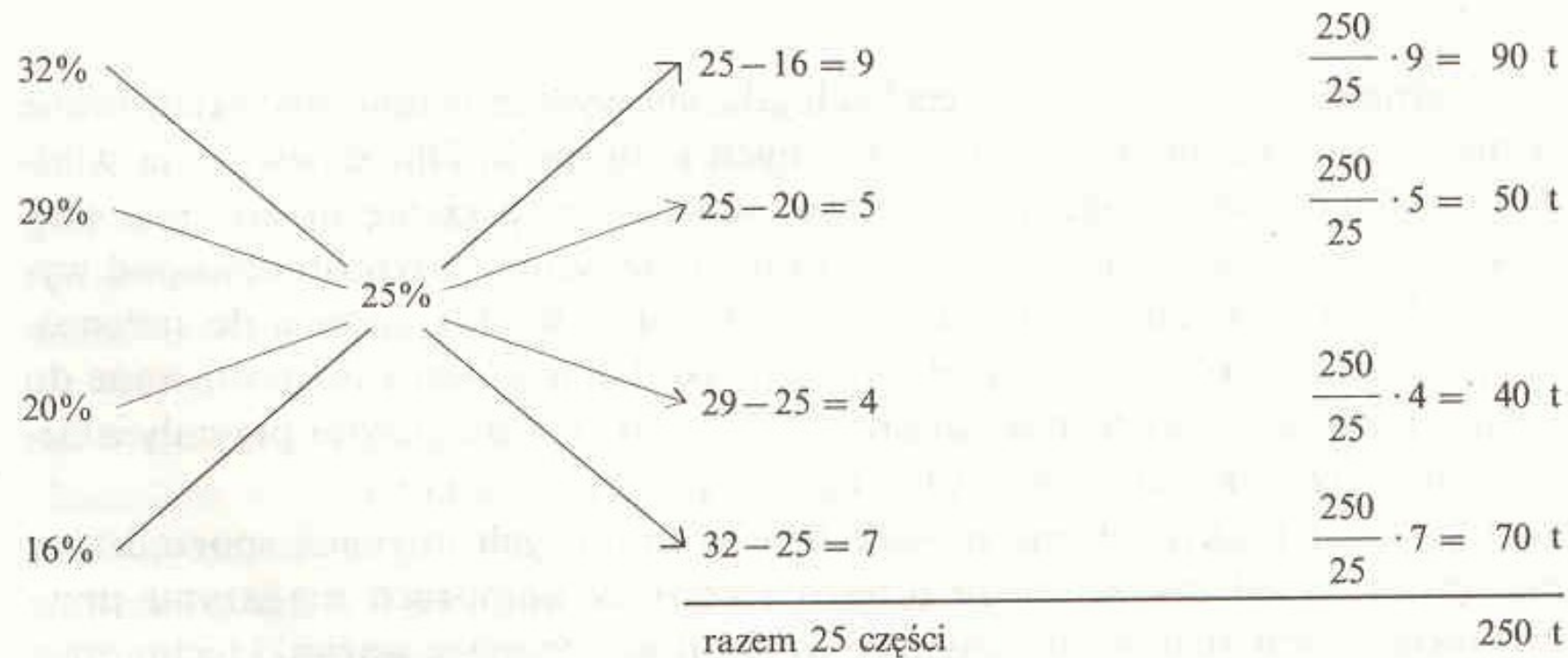
W celu otrzymania zamierzonej mieszanki należy wziąć 50 t ziarna o zawartości glutenu 30%, 50 t ziarna o zawartości glutenu 28% i 80 t ziarna o zawartości glutenu 20%.

Przykład 3

Sporządzić 250 t mieszanki przemiałowej o średniej zawartości glutenu 25% z czterech partii pszenicy o zawartości glutenu: 32%, 29%, 20% i 16%.

Zadanie to można rozwiązać dwoma sposobami:

I sposób



II sposób

32%	→	$25 - 20 = 5$	$\frac{250}{25} \cdot 5 = 50 \text{ t}$
29%	→	$25 - 16 = 9$	$\frac{250}{25} \cdot 9 = 90 \text{ t}$
20%	→	$32 - 25 = 7$	$\frac{250}{25} \cdot 7 = 70 \text{ t}$
16%	→	$29 - 25 = 4$	$\frac{250}{25} \cdot 4 = 40 \text{ t}$
<hr/>			
razem 25 części			250 t

Przykład ten wskazuje, że zamiast 90 t można wziąć do mieszanki tylko 50 t pszenicy najwyższej jakości. Przedstawione rozwiązania muszą być sprawdzone, czy w rezultacie oszczędności nie obniży się zakładana zawartość glutenu.

Sprawdzenie rozwiązania sposobem I

1	partia pszenicy	–	$32\% \cdot 9 = 288$
2	„	„	– $29\% \cdot 5 = 145$
3	„	„	– $20\% \cdot 4 = 80$
4	„	„	– $16\% \cdot 7 = 112$
<hr/>			
	razem 25 cz		= 625

Średnia zawartość glutenu wyniesie więc:

$$625 : 25 = 25\%$$

Sprawdzenie rozwiązania sposobem II

1	partia pszenicy	–	$32\% \cdot 5 = 160$
2	„	„	– $29\% \cdot 9 = 261$
3	„	„	– $20\% \cdot 7 = 140$
4	„	„	– $16\% \cdot 4 = 64$
<hr/>			
	razem 25 cz		= 625

Ocena jakościowa mąki

Ogólnie metody jakości mąki można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

Metody laboratoryjne.

Metody organoleptyczne.

W ramach oceny organoleptycznej przeprowadza się następujące próby:

- wyglądu mąki,
- barwy mąki,
- smaku mąki,
- zapachu mąki,
- wilgotności mąki,
- granulacji mąki.

Skład chemiczny mąki

Mąka to surowiec zawierający wszystkie składniki pokarmowe (woda, węglowodany, białka, substancje tłuszczowe, substancje mineralne, witaminy oraz enzymy i barwniki).

Zawartość tych składników jest wyznacznikiem jakości mąki oraz decyduje o jej przydatności do produkcji żywności.

Woda - ilość wody zawartej w mące zależy od zawartości wody w ziarnie oraz intensywności przemiału i warunków magazynowania. Przyjmuje się iż zawartość wody w **mące powinna wynosić ok. 15%**, podwyższona zawartość wody w mące może powodować jej zmiany jakościowe.

Spowodowane między innymi czynnikami biologicznymi takimi jak procesy dojrzewania, wymiana gazów, samozagrzewania, zmiany w podłożu mikrobiologicznym obejmujące rozwój mikroflory, zmiany o podłożu fizycznym podwyższona wilgotność mąki zmniejsza jej przydatność technologiczną.

Mąka staje się mniej higroskopijna i nie jest w stanie przyjąć odpowiedniej ilości wody np. podczas procesu przerabiania mąki na ciasto. Zbyt niska wilgotność mąki poniżej **10%** powoduje zjawisko pylenia mąki co uniemożliwia proces przesiewania i napowietrzania mąki.

Ponadto mąka taka ma zmniejszoną tendencję do pochłaniania wilgotności ze środowiska.

Węglowodany - średnia zawartość węglowodanów w mące powinna wynosić **70 - 80%** decyduje to o dużej **wartości energetycznej** mąki w mąkach jasnych znajdują się głównie **cukry proste i dwucukry**. Najważniejszym składnikiem węglowodanowym jest **skrobia**, należy ona do substancji higroskopijnych i umożliwia proces tworzenia się ciast i wytwarzania glutenu.

Skrobia może wchłonąć do **30%** wody w stosunku do swej objętości. Zawartość skrobi w mące zależy od rodzaju mąki, waha się od **60 - 70%**. Skrobia zawarta w mące jest wielocukrem który pod wpływem enzymów drożdży może rozłożyć się do postaci amylozy.

Kolejnym węglowodanem zawartym w mące jest wielocukier nieprzyswajalny – **błonnik**, nazywany inaczej **celulozą**. Substancja ta nie jest rozpuszczalna w rozpuszczalnikach organicznych (**enzymy, alkohole, kwasy**) ani w wodzie. Ilość błonnika w mące jest wyższa **przy wyższym wyciągu mąki i w mąkach o wysokim typie**.

Błonnik w mące pochodzi głównie z łuski. Mąka zawiera również niewielkie ilości cukrów wolnych do których zaliczyć możemy **glukozę, fruktozę, maltozę oraz dwucukier sacharozę**.

Białka - są składnikiem w ilości od **6 do 20%** masy mąki. Ilość ta zależy od rodzaju i jakości mąki. Więcej białek zawierają w mące **proteiny i proteidy**;

PROTEINY - są to białka proste, natomiast **PROTEIDY** są to białka złożone. Do najważniejszych technologicznie białek zalicza się **gliadynę i gluteninę**.

Są to tzw. **białka glutenowe**. W procesie przygotowania ciasta a więc w wyniku dodania wody do mąki i wymieszania ich następuje pełne uwodnienie tych białek i tworzy się lepka, elastyczna i sprężysta substancja zwana glutenem.

GLIADYNA + GLUTEINA + WODA = GLUTEN

Pod wpływem wody cząsteczki białka silnie pęcznieją. Napęczniałe i połączone ze sobą białka tworzą siatkę glutenową. Gluten można uzyskać w formie czystej usuwając z ciasta pszennego skrobię przez wymywanie jej zimną wodą.

Wymyty z ciasta gluten ma wygląd ciągliwej, żółtawej, lepkiej masy, która może być w różnym stopniu elastyczna, sprężysta, rozciągliwa, rozplywająca się lub krucha i zwięzła.

Ponieważ gluten jest podstawowym elementem struktury ciasta pszennego o jego właściwościach decydują:
jakość, ilość (wydajność), zdolność do pochłaniania wody.

W zależności od właściwości fizycznych gluten klasyfikuje się następująco:

- gluten mocny,
- gluten normalny,
- gluten słaby.

Ilość glutenu zawartego w mące określa się poprzez wymycie go z określonej ilości mąki np. ze 100 g.

W zależności od jakości białek wchłaniają one różne ilości wody, i tak np.

- białka słabe wchłaniają 150 – 170% wody,
- białka normalne – wchłaniają ok. 200% wody,
- białka mocne – wchłaniają 250% i więcej wody.

Jakość glutenu można ocenić poprzez badanie go na rozciągliwość lub rozpływalność.

Gluten jest szczególnie ważny podczas tworzenia się ciast i ich fermentacji gdyż jego struktura umożliwia zatrzymanie pęcherzyków powstałych w czasie fermentacji (CO_2), dzięki czemu tworzy się porowaty miękisz pieczywa.

Substancje tłuszczowe - ich ilość waha się od 0,5 do 2% zależy to od wyciągu i typu mąki, im wyższy wyciąg i typ mąki tym wyższa zawartość tłuszczowców. Zawartość tłuszczu w mące ma szczególne znaczenie w procesie dojrzewania mąki, który to proces wpływa na zmianę cech jakościowych mąki.

W czasie długotrwałego przechowywania mąki **tluszcz**e ulegają utlenieniu i rozkładowi dając w wyniku tego substancje o przykrym **zjełczalym** zapachu, proces ten zachodzi tym szybciej im większa jest temperatura i wilgotność mąki oraz im wyższa jest aktywność enzymatyczna mąki, uwalniane w wyniku rozkładu tłuszczu, nienasycone kwasy tłuszczowe wywierają wpływ na wartości fizyczne glutenu poprawiając jego jakość.

Składniki mineralne - ich zawartość jest wyższa im wyższy jest typ i wyciąg mąki. W skład substancji mineralnych mąki wchodzi następujące pierwiastki chemiczne (potas, fosfor, wapń, sód, magnez, siarka, chlor oraz w ilościach śladowych cynk, nikiel, żelazo, mangan). Składniki mineralne w mące mogą występować w postaci wolnej lub w połączeniu z innymi składnikami głównie jako składniki tłuszczu zbożowych.

Barwniki - głównie substancje wpływające na żółtawy kolor mąki czyli karoten, witamina A oraz ksantofil. Barwniki mąki są głównie składnikiem tłuszczu, ulegają one utlenianiu. Wnioskować na tej podstawie można o cechach jakościowych pod wpływem długiego magazynowania tłuszczu utleniają się i zawarte w nich substancje barwiące zanikają, mąka staje się bielsza.

Witaminy - w mące zawarte są głównie witaminy z grupy B (tiamina B₁, ryboflawina B₂, PP). Ilość witamin zawartych w mące zależy od obecności cząstek zarodka będącego głównym nośnikiem witamin.

Enzymy - najważniejszym technologicznie enzymem mąki są enzymy z grupy amylaz, które uczestniczą w hydrolizie skrobi czyli rozkładzie pod wpływem wody.

Poza amylozą w mące występują enzymy proteozy, które powodują rozszczepienie białek mąki i tym samym wpływają na jakość glutenu. Istotny wpływ na działanie enzymów wywierają takie czynniki jak:

- temperatura,
- kwasowość środowiska.

W przetwórstwie zbożowym enzymy odgrywają dwojaką rolę: są katalizatorami (przyspieszaczami) procesów życiowych zachodzących w czasie przechowywania ziarna lub mąki, ich działalność przejawia się we wszystkich etapach procesu technologicznego w piekarstwie (bez enzymów nie byłaby możliwa fermentacja ciast).

W mące jako produkcie uzyskanym z rozdrobnienia ziarna znajdują się wszystkie enzymy występujące w ziarnie.

Do najważniejszych mających bezpośredni wpływ na jakość mąki i później pieczywa należą:

- enzym amylaza – rozkłada skrobię,
- enzym proteaza – rozkłada białko,
- enzym lipaza – rozkłada tłuszcze.

W mące występują dwa enzymy amylolityczne (dwie amylazy) to jest α i β są to amylazy działające w różnej temperaturze i kwasowości podłoża.

Enzymy proteolityczne, czyli proteazy rozkładają białka osłabiając je. Ich znaczenie w mące polega na zdolności rozkładania białka glutenu, co wpływa ujemnie na właściwości fizyczne ciasta. Z tego powodu nadmierna aktywność enzymów proteolitycznych w mące nie jest pożądana chyba, że mąka zawiera bardzo dużo mocnego glutenu i wówczas częściowe jego osłabienie jest wskazane.

Enzymy lipolityczne, czyli lipaza są to enzymy rozkładające tłuszcz do gliceryny i wolnych kwasów tłuszczowych. W wyniku ich działania mąka nabiera gorzkiego smaku oraz zjełczałego zapachu.