









2.1. Rodzaje zbóż

Zboża są grupą roślin uprawnych o podobnych właściwościach. Należą do rodziny traw (tab. 2.1). Plonem zbóż jest ziarno przerabiane na mąkę, kasze, płatki i inne produkty. Ziarno różnych zbóż jest także wykorzystywane w innych rodzajach przetwórstwa spożywczego, np. gorzelnictwie i piwowarstwie (jęczmień, żyto, kukurydza), oraz jako pasza dla zwierząt.

Tabela 2.1. Rodzaje zbóż

Nazwa zboża	Kłosa	Ziarna
pszenica zwyczajna		
żyto zwyczajne		

Nazwa zboża	Kłosa	Ziarna
jęczmień		
owies		
pszenżyto		
ryż		
kukurydza		
gryka		











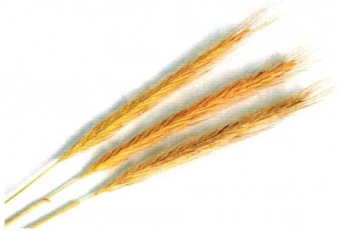

Nazwa zboża	Kłosa	Ziarna
proso		
szarłat / amarantus (pseudozboże)		
pszenica orkisz		
pszenica płaskurka		
pszenica samopsza		
żyto krzyca / świętojańskie		

Tabela 2.2. Przeciętna zawartość składników w zbożach niechlebowych, %¹⁶

Składnik	Owies	Jęczmień	Kukurydza	Proso	Gryka
białko	13	8	10	11	9
węglowodany	61	73	67	65	71
tłuszcze	7	1	4	4	1,5–2,0
składniki mineralne	2	1–2	2	2–3	1,7
woda	15	15	15	15	15
inne	2	1	2	2	1,5–2,3

Tabela 2.3. Wartość odżywcza wybranych rodzajów mąki niechlebowej (w przeliczeniu na 100 g suchej mąki)¹⁷

Składnik odżywczy	Mąka				
	owsiana	jęczmienna	jaglana	gryczana	kukurydziana
białko, g	14,7	10,5	11,4	13,0	5,6
tłuszcz, g	9,1	1,6	4,3	3,0	1,4
węglowodany ogółem, g	65,7	74,5	74,3	71,0	82,7
błonnik, g	6,5	10,1	8,6	10,0	1,9
wapń, mg	55	32	12	41	2
fosfor, mg	452	296	275	337	60
magnez, mg	144	96	115	251	18
potas, mg	371	309	428	577	90
żelazo, mg	4,00	2,68	3,71	4,06	0,91
cynk, mg	3,20	2,00	2,46	3,12	0,37
miedź, mg	0,44	0,34	0,54	0,52	0,14
witamina E, mg	0,70	0,57	0,30	0,32	0,15
witamina B ₁ , mg	0,69	0,37	0,86	0,42	0,07
witamina B ₂ , mg	0,13	0,11	0,15	0,19	0,06
witamina PP, mg	1,47	6,27	2,89	6,15	2,66
witamina B ₆ , mg	0,12	0,40	0,27	0,58	0,10

W Polsce za główne zboża chlebowe uznaje się pszenicę oraz żyto. Każde z nich ma wiele odmian, zwłaszcza pszenica. Jednak podstawowymi są mąki – tzw. pszenna chlebowa (z pszenicy zwyczajnej), oraz żytnia (z żyta zwyczajnego). Wiele z pozostałych zbóż jest obecnie stosowanych do produkcji pieczywa w celu podniesienia jego wartości odżywczej lub atrakcyjności smakowej.

Amarantus (szarłat) jest jedną z najstarszych roślin uprawnych. Mąka z nasion amarantusa charakteryzuje się wysoką wartością odżywczą i dietetyczną. Zawiera około 17% białka o wyjątkowej jak na białko roślinne wartości biologicznej. Jest ono bogate w lizynę, metioninę i tryptofan, które w zbożach tradycyjnych występują w małych ilościach. W zawartym w mące tłuszczu (ok. 8%) znajduje się wiele niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz tokotrienoli (pochodnych witaminy E). Mąka z amarantusa jest zasobna w wapń i magnez, a żelaza ma pięciokrotnie więcej niż pszenica. Dużo w niej jest także skwalenu¹⁸, który opóźnia procesy starzenia się organizmu. Mąkę z amarantusa stosuje się obecnie do wielu wyrobów spożywczych jako dodatek wzbogacający oraz polepszający, np. do makaronu, pieczywa i ciast. Nie zawiera glutenu, więc można z niej produkować wyroby bezglutenowe.

Gryka to zboże o bardzo wysokiej wartości odżywczej. Mąka gryczana charakteryzuje się lepszą przyswajalnością niż pszenna. Gryka w porównaniu z pszenicą ma większą wartość odżywczą, a także wyższą zawartość białek, tłuszczów, składników mineralnych (zwłaszcza potasu, magnezu, miedzi, cynku i fosforu) oraz witamin z grupy B. Szczególną cechą tej mąki jest niski indeks glikemiczny¹⁹, nie zawiera też ona białka glutenowego. Najlepsze rezultaty uzyskano, gdy do mąki pszennej dodano 5–10% mąki gryczanej – sprzyjało to m.in. poprawie cech organoleptycznych chleba.

Jęczmień według najnowszych poglądów jest bardzo cennym zbożem konsumpcyjnym. Mąka jęczmienna to produkt uboczny, jaki powstaje podczas wyrobu kasz i płatków. Ma większą wodochłonność od pszennej i tworzy kleiki o większej lepkości. Ciasta z mąki jęczmiennej mają krótki czas rozwoju, a uzyskane z nich chleby charakteryzują się dobrą jakością. Mąkę jęczmienną można stosować jako zamiennik mąki pszennej (od kilku do kilkunastu procent) do wypieku pieczywa pszennego i mieszanego na zakwasie oraz pszennego na rozczywie drożdżowym. Dodanie mąki jęczmiennej do pszennej zwiększa wartość odżywczą i wzbogaca smak pieczywa, wyraźnie poprawia właściwości reologiczne²⁰ ciasta. Dodatek ukwaszonej pełnoziarnistej mąki jęczmiennej do ciasta pszenno-jęczmiennego zwiększa jego wydajność, kwasowość faz oraz skraca czas fermentacji kęsów²¹ ciasta. Jednak, gdy zawartość mąki jęczmiennej w mieszankach chlebowych przekracza 20%, wypieczone z nich pieczywo ma złą jakość organoleptyczną. Chleb gorzej wyrasta, jest ciężki, ma zbity miękisz i mączysty smak. Chleby wypieczone z użyciem mąki jęczmiennej mają właściwości zdrowotne. Stwierdzono, że po ich spożyciu poziom glukozy we krwi wzrasta mniej gwałtownie niż po spożyciu chleba pszennego. Poza tym wyższa wilgotność tego pieczywa i zwiększona zawartość błonnika pokarmowego wpływają na obniżenie jego kaloryczności.

¹⁸ Skwalen – węglowodór wielonienasycony mający wpływ na układ immunologiczny człowieka. Pomaga w produkcji przeciwciał i zwiększa dotlenienie wewnątrzkomórkowe. Usprawnia przekazywanie informacji między komórkami oraz poprawia elastyczność skóry.

¹⁹ Indeks glikemiczny – w skrócie IG lub GI od angielskiej nazwy *glycemic index* (czyt. glikemik indeks), średni, procentowy wzrost stężenia glukozy we krwi po spożyciu porcji produktu zawierającej 50 gramów przyswajalnych węglowodanów. Wzrost poziomu cukru we krwi w przypadku spożycia 50 gramów glukozy przyjęto jako podstawę skali (100%). Dla pieczywa wysokość GI wynosi od około 40 dla chleba razowego do 85 dla pieczywa białego pszennego.

²⁰ Właściwości reologiczne ciasta – zespół cech charakteryzujących proces tworzenia się ciasta: jego stałość oraz rozmiękczenie (badane w farinografie), a także sprężystość i elastyczność (badane w alveografie) – niezbędnych do ustalenia parametrów procesu technologicznego produkcji pieczywa.

²¹ Kęs ciasta – kawałek ciasta stanowiący masę jednego bochenka chleba, w przypadku bułek dodatkowo istnieje podział na kęs pierwotny i kęs wtórny; kęs pierwotny to masa ciasta przeznaczona do podziału na 30 kęsów wtórnych, stanowiących masę jednej bułki.

Owies to znane zboże, a mąka owsiana może być wykorzystywana jako dodatek do wypieku chlebow mieszanych w celu wzbogacenia ich smaku. Dodaje pieczywu delikatnego orzechowego posmaku i aromatu. Ponadto użycie do produkcji pieczywa mąki owsianej poprawia teksturę ciasta i powoduje, że chleb jest miękki. Niestety, mąka owsiana wpływa negatywnie na objętość bochenków. Dodanie mąki owsianej do pieczywa jest korzystne nie tylko ze względów żywieniowych, ale i zdrowotnych. Mąka owsiana wyprodukowana z całych ziaren owsa jest bogata w β -glukany (błonnik rozpuszczalny) oraz ligninę (frakcja nierozpuszczalna błonnika). Składniki te mogą wiązać kwasy żółciowe w organizmie i obniżać poziom cholesterolu we krwi. Można więc polecać ją w profilaktyce miażdżycy.

Proso to zboże, z którego otrzymuje się mąkę jaglaną – bezglutenową, jasną mąkę o mocno orzechowym aromacie i lekko wyczuwalnym słodko-gorzkim posmaku. Jeśli przy produkcji pieczywa i ciast zastąpi się część mąki pszennej mąką jaglaną, można zwiększyć ich wartość odżywczą. Pieczywo z dodatkiem mąki jaglanej wyróżnia delikatny smak i specyficzny kremowy kolor.

Pośród innych rodzajów zbóż, które stosuje się w piekarstwie, należy wymienić także stare odmiany pszenic, takie jak **orkisz**, **samopszę** i **płatkurkę**. Mąka z tych zbóż może być stosowana jako zamiennik tradycyjnej mąki pszennej lub stanowić surowiec podstawowy. W każdym przypadku wymaga to przystosowania receptur lub zmian w technologii produkcji takich wyrobów. Należy uwzględnić wpływ ich odmiennego składu chemicznego na cechy reologiczne uzyskanego ciasta.

Mąka orkiszowa to wartościowy surowiec stosowany w piekarstwie z powodzeniem już od kilkunastu lat. W porównaniu do mąki z pszenicy zwyczajnej ma wyższą zawartość tłuszczu, nienasyconych kwasów tłuszczowych, więcej fitosteroli oraz witamin PP, B₆, D, prowitamin A i tokoferoli, a także więcej mikro- i makroelementów oraz niższą zawartość kwasu fitynowego. Wśród zalet pieczywa orkiszowego wymieniane są: łatwość wypieku, charakterystyczny orzechowy aromat, dłuższa świeżość.

Samopsza obfituje w gluten i białko (nawet do 50% więcej niż pszenica zwyczajna), które ma bardzo korzystny skład, zawiera bowiem niewystępujące w pszenicy czy orkiszu aminokwasy (fenyloalaninę, tyrozynę, metioninę i izoleucynę), korzystnie wpływające na pracę układu nerwowego. Z ziaren samopszy można uzyskać wartościową mąkę, zwłaszcza do wyrobu pieczywa razowego. Najlepiej przygotowywać je z wykorzystaniem zakwasu, gdyż zawarty w ziarnach samopszy gluten jest lepki, mało rozciągliwy i słabo zatrzymuje wodę. Chleb z samopszy ma charakterystyczną żółtawą barwę (spowodowaną wyższą niż w pszenicy zawartością karotenoidów) i lekko orzechowy smak.

Płatkurka zawiera bardzo dużo białka. W jej ziarnie występuje wysoka zawartość popiołu – wynika to z dużej zawartości składników mineralnych i sprawia, że niektóre produkty spożywcze otrzymane z tego zboża mają ciemniejszą barwę. W ziarnie płatkurki jest więcej błonnika pokarmowego i β -glukanów. Podczas wytwarzania ciasta mąka z płatkurki chłonie więcej wody.

Uprawiane dość powszechnie **pszenżyto** nie znalazło uznania w technologii piekarskiej, choć podejmowano i nadal się podejmuje wiele prób wdrożenia go do produkcji pieczywa. Nadal stanowi głównie zboże paszowe.

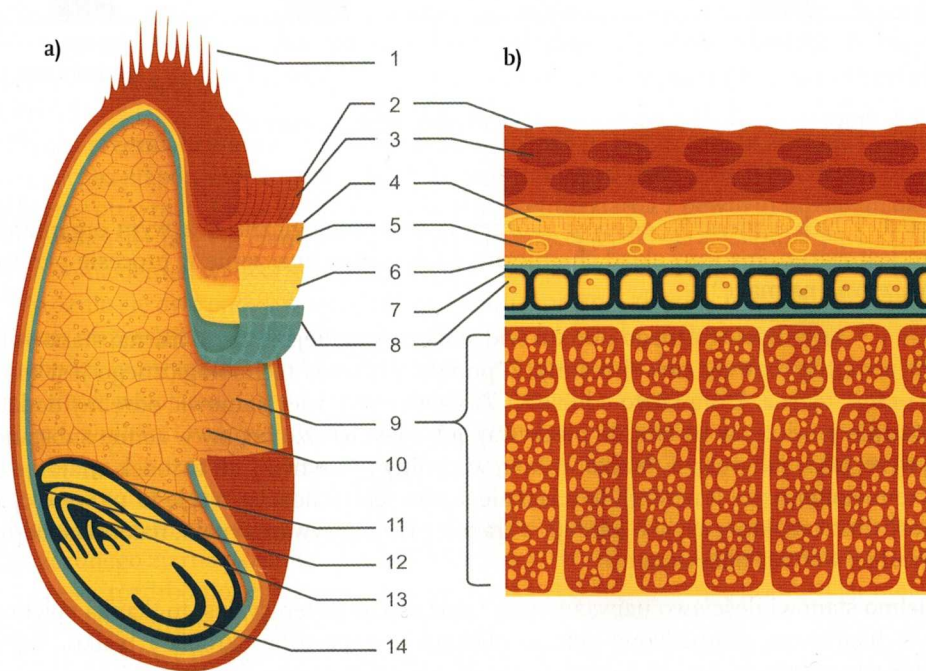
Mąki z **kukurudzy** oraz **ryżu** używa się do produkcji wyrobów bezglutenowych.

Krzyca, zwana również żytem świętojańskim, a rzadziej żytem leśnym, to jedna z odmian żyta znana człowiekowi od dawna. Krzyca to roślina dwuletnia. Wysiana w czerwcu daje duży plon pędów wegetatywnych w pierwszym roku. Można ją przeznaczyć na paszę zieloną lub zbierać na siano czy sianokiszonkę. Dopiero w kolejnym roku zbiera się ziarno. Nadaje się ono do produkcji mąki i wypieku pieczywa, które długo zachowuje świeżość. Jest to jednak zboże traktowane nadal głównie jako pasza dla zwierząt.

W wielu piekarniach na terenie naszego kraju, a także w placówkach naukowych, prowadzi się próby oraz badania mające na celu zastosowanie nowych dla piekarstwa, choć historycznie znanych zbóż. Najczęściej motywacją jest podniesienie wartości odżywczej pieczywa, szczególnie dotyczy to grupy białek, witamin i minerałów. Zboża te mają również korzystny wpływ na cechy organoleptyczne pieczywa, zachęcające konsumenta do zastosowania go w diecie. Obecnie w Polsce co roku znacząco spada spożycie pieczywa, więc wszelkie próby jego uatrakcyjnienia są wskazane. W badaniach potwierdzono, że użycie żurków ze zbóż bezglutenowych w produkcji pieczywa spowodowało istotne zmiany porowatości miększu w stosunku do próby kontrolnej z mąki pszennej. Przyczyniły się one również do istotnego zwiększenia zawartości białka w pieczywie. Szczególnie korzystny wpływ miał żurek z mąki gryczanej. W ocenie organoleptycznej wykazano, że pieczywo z dodatkiem żurku gryczanego wyróżniało się lepszymi cechami w porównaniu z pieczywem bez takiego dodatku. Są już piekarnie korzystające z takich nowości, należy więc oczekiwać szerszego ich zastosowania w praktyce piekarskiej.

2.2. Budowa ziarna zbożowego

Ziarna zbóż chlebowych mają podobną budowę (ryc. 2.1).

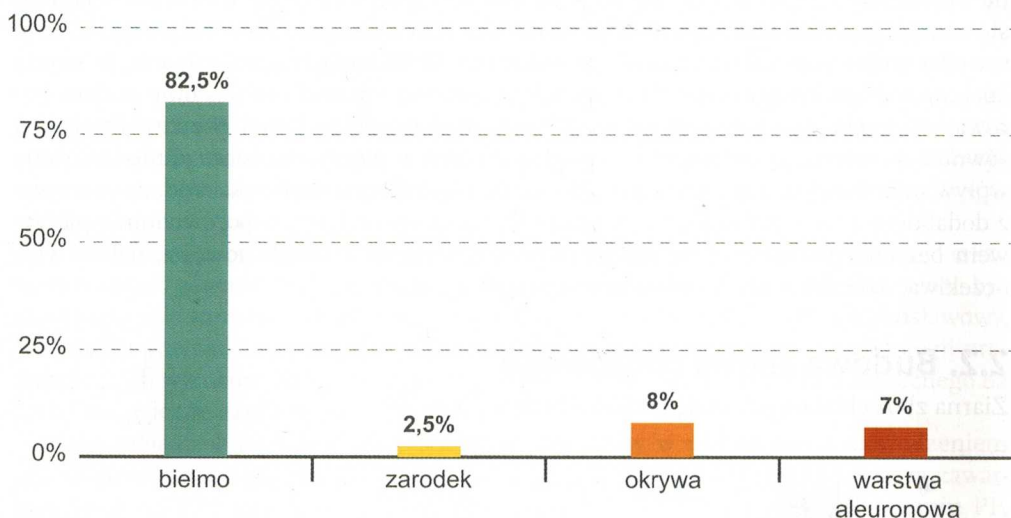


Ryc. 2.1. Budowa anatomiczna ziarna zbożowego²³: a) przekrój podłużny ziarna, b) przekrój poprzeczny;

1 – bródka, 2-7 – elementy okrywy owocowo-nasiennej, 8 – warstwa aleuronowa, 9, 10 – bielmo mączne, 11-14 – elementy zarodka.

Ziarno jest zbudowane z trzech zasadniczych elementów – ich ilość w masie ziarna jest zróżnicowana (ryc. 2.2), są to:

- bielmo (w tym warstwa aleuronowa),
- okrywa owocowo-nasienna,
- zarodek.



Ryc. 2.2. Procentowy udział poszczególnych elementów w masie ziarna²⁴

Każdy z tych elementów odgrywa odmienną rolę fizjologiczną w żywym organizmie, jakim jest ziarno, ma inny skład chemiczny, a także inne znaczenie w procesie przetwarzania ziarna na mąkę.

Zarodek to z fizjologicznego punktu widzenia najważniejsza część ziarna, stanowi bowiem początek rozwoju nowej rośliny. Z punktu widzenia technologicznego jest to odrębna część ziarna, którą łatwo oddzielić. Zarodek może więc stanowić odrębny dodatek do różnych produktów (w tym do pieczywa), gdyż jest bardzo bogaty w cenne substancje odżywcze, takie jak tłuszcz, białko, cukier, witaminy i enzymy. Jeśli zarodek znajduje się w przemielonej mące (razowej), to znacznie skraca jej trwałość ze względu na wysoką zawartość tłuszczu, który szybko jęlczeje w trakcie przechowywania mąki, natomiast bardzo podnosi jej wartość odżywczą.

Bielmo stanowi ilościowo najważniejszą część ziarna pszenicy, jest to tkanka spichrzowa. W bielmie są gromadzone główne substancje zapasowe: skrobia i białko. Nazwa bielmo odnosi się do dwóch głównych części ziarna: warstwy aleuronowej, stanowiącej zewnętrzną część oraz bielma właściwego, inaczej bielma skrobiowego lub środkowego. W praktyce część aleuronowa zalicza się do części otrębiastych ziarna, a bielmo środkowe to tzw. bielmo mączne.

Warstwa aleuronowa jest zbudowana głównie z białka (nieglutenowego), tłuszczów, witamin i substancji mineralnych. Znajduje się bezpośrednio pod okrywą nasienną.

Bielmo mączne jest zbudowane głównie ze skrobi oraz białka, tłuszczu i substancji mineralnych. Jednak procentowy udział tych składników w bielmie zmienia się w zależności od ich położenia. W komórkach peryferyjnych bielma znajduje się mniej skrobi, a więcej białka. Im bliżej środka bielma, tym większa zawartość skrobi, a mniejsza zawartość białka. Można przyjąć, że białka w peryferyjnej części bielma jest średnio 19–40%, a w środkowej już tylko około 12,5% białka.

Okrywa owocowo-nasienna to najbardziej zewnętrzna część ziarna. Jest zbudowana głównie z błonnika oraz soli mineralnych, zawiera także takie związki lipopochodne, jak woski i kutyny. Składa się z wielu warstw, w ziarnie pełni funkcję ochronną – zabezpiecza ziarno przed działaniem niekorzystnych czynników zewnętrznych. Jednak przepuszcza powietrze i wodę, co ma duże znaczenie podczas wzrostu rośliny i nawilżania ziarna przygotowywanego do przemiału. Nawilżona warstwa okrywy łatwo daje się usunąć z ziarna.

2.3. Otrzymywanie mąki

Mąka jest to produkt powstający w wyniku przemiału ziarna. Z przemiału różnego rodzaju ziarna otrzymamy różne rodzaje mąki, np. z żyta – mąkę żytnią, z pszenicy – pszenną, z owsa – owsianą, z jęczmienia – jęczmienną, a także inne z każdego ziarna, które podda się procesowi przemiału. Mąkę pszenną i żytnią traktuje się w Polsce jako podstawowy typ mąki chlebowej. Zastosowanie każdej innej nie jest wykluczone, lecz traktuje się ją jako dodatek specjalny, wymagający szczegółowego opracowania receptury oraz metody produkcji.

Proces przemiału ziarna zbóż odbywa się w młynach. Jest to proces złożony i wieloetapowy. Liczba etapów i złożoność produkcji mąki zależą od tego, jakie właściwości produktu chcemy otrzymać. Mąka jest to rozdrobnione bielmo ziarna z pewnym udziałem okrywy owocowo-nasiennej. Im ciemniejsza mąka, tym więcej jej zawiera. Ciemna barwa okrywy owocowo-nasiennej wynika z dużej zawartości związków mineralnych.

Wyróżnia się dwa podstawowe typy przemiału – prosty i złożony (ryc. 2.3). W przemiale prostym otrzymujemy mąkę razową, a w złożonym – mąkę gatunkową. Ziarno zbożowe przechodzi w młynach najpierw pełen cykl przygotowania do przemiału (oczyszczanie, sortowanie, nawilżanie), a następnie jest rozdrabniane na mlewo²⁵ w urządzeniach zwanych mlewnikami walcowymi. Dalej mlewo przesiewa się przez odsiewacz płaski, w którym następuje rozdział cząstek mlewa o różnych wielkościach. Zadaniem młynarza jest takie skomponowanie frakcji mlewa²⁶, aby otrzymać określony gatunek mąki.

Mąka całoziarnowa, zwana **mąką razową**, jest produktem jednorazowego rozdrobnienia oczyszczonego ziarna pszenicy z zachowaniem w końcowym produkcie przemiału wszystkich części rozdrobnionego ziarna. Charakteryzuje się ona grubszą granulacją. **Mąka gatunkowa**, jasna drobnoziarnista, jest komponowana w procesie złożonym z rozdrobnionego ziarna pszenicy (mikro- i makrokomponentów) o jakości zgodnej z normą określonego typu mąki oraz wymaganiami odbiorców. W nowoczesnych młynach w wyniku komponowania otrzymuje się także różne rodzaje mąki razowej. Mąka razowa zawiera właściwie całe ziarno, stąd jej skład chemiczny jest prawie identyczny jak skład ziarna. Niewielkie różnice są wynikiem czyszczenia ziarna i strat podczas przemiału.

Przygotowanie ziarna do przemiału

CZYSZCZENIE „CZARNE”

Usunięcie zanieczyszczeń luźno występujących w masie ziarna, wykorzystuje się różnice pomiędzy głównym składnikiem masy zbożowej i zanieczyszczeniami obecnymi w masie ziarna.

KONDYCJONOWANIE ZIARNA

Polega na nawilżeniu i leżakowaniu ziarna, optymalna wilgotność ziarna do przemiału wynosi 15,5–17,0%.

CZYSZCZENIE „BIAŁE”

Usunięcie zanieczyszczeń przylegających do powierzchni ziarna oraz niektórych części ziarna (np. okrywy nasiennej-owocowej).

SPORZĄDZANIE MIESZANEK PRZEMIAŁOWYCH

Uzyskanie surowca, a w konsekwencji produktu, o wyrównanej, zawsze jednakowej jakości.

PRZEMIAŁ PROSTY

Ziarno jednokrotnie przechodzi przez maszynę rozdrabniającą.

Mąka
razowa

PRZEMIAŁ ZIARNA

PRZEMIAŁ ZŁOŻONY

Ziarno wielokrotnie przechodzi przez maszyny rozdrabniające i za każdym razem mlewo jest odsiewane w celu oddzielenia cząstek grubych od drobnych. Cząstki grube są ponownie rozdrabniane. Celem tego procesu jest rozdrobnienie bielma oraz oddzielenie i odsianie od bielma cząstek okrywy owocowo-nasiennej. W procesie tym rozdrabnianie jest stopniowe.

MAKA GATUNKOWA

Mąka
T-500

Mąka
T-850

Inne
rodzaje
mąki

Ryc. 2.3. Schemat procesu przemiału ziarna zbożowego

Mąka gatunkowa powstaje natomiast po wielokrotnym zmieleniu i przesianiu rozdzielonych częściek młewa, więc jej gatunki będą różne. Stąd też wynikają różnice w składzie chemicznym mąki gatunkowej.

Skład chemiczny mąki zależy od odmiany zboża, z którego została otrzymana, warunków klimatycznych oraz nawożenia uprawy zboża²⁷, a także od tzw. wyciągu mąki podczas przemiału w młynie.

Wyciąg mąki (wydajność) jest to wyrażona w procentach ilość mąki określonego typu, jaką otrzymujemy po zmieleniu 100 kg czystego ziarna. Mąka jest tym jaśniejsza, im mniej jej otrzymamy, tzn. im mniejszy jest wyciąg. Ten parametr ma duże znaczenie dla określania wydajności procesu przemiału. Jeżeli ze 100 kg ziarna otrzyma się 65 kg mąki oraz 35 kg otrąb, to wyciąg wyniesie 65%. Natomiast jeśli z otrąb w dalszym etapie przemiału / odśiewania uzyskamy jeszcze dodatkowe 15 kg mąki, to wyciąg określimy jako 65–80%. Dla technologii wypieku niezbędne są jednak dokładniejsze informacje. Otóż wykładnikiem gatunku mąki jest tzw. **typ mąki**. Według obowiązujących w Polsce przepisów dotyczących przetworów zbożowych typ mąki wskazuje na zawartość w niej popiołu (czyli pozostałości po całkowitym spopieleniu składników organicznych w próbce mąki w określonej temperaturze), którą wyrażamy w gramach na 100 kg mąki lub w procentach.

Na przykład: mąka typ 500 w 100 kg zawiera 500 g (0,50%) popiołu
mąka typ 1400 w 100 kg zawiera 1400 g (1,4%) popiołu

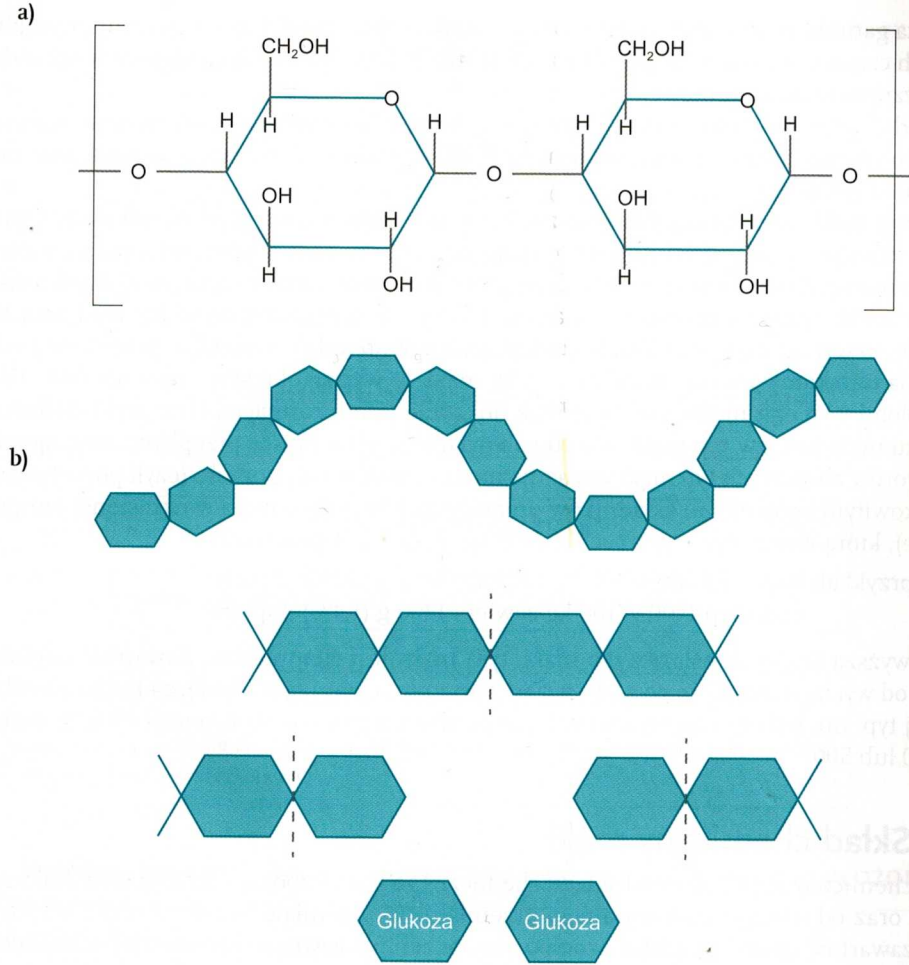
Im wyższa liczba określająca typ mąki, tym mąka jest ciemniejsza. Zawartość popiołu zależy od wyciągu mąki. Im wyższy wyciąg, tym mąka ciemniejsza i wyższa liczba określająca jej typ, np. jeśli wyciąg wynosi 97%, to powstaje mąka typ 2000, a jeśli 45%, to mąka typ 450 lub 500.

2.4. Skład chemiczny mąki

Skład chemiczny mąki zależy od składu chemicznego ziarna zboża, z którego została otrzymana, oraz od rodzaju zastosowanego przemiału. W przemiale razowym mąka ma taką samą zawartość chemiczną jak ziarno po oczyszczeniu z zewnętrznej warstwy ochronnej. Jest to tzw. **mąka wysokowyciągowa** (wyciąg 97%). Natomiast skład mąki gatunkowej zależy od procentowej zawartości części bielma oraz okrywy owocowo-nasiennej ziarniaka. Mąki gatunkowe mają wyciągi średnie (około 70–60%) oraz niskie (50% i poniżej). Każde ziarno zbożowe zawiera wodę, węglowodany, białka, witaminy oraz składniki mineralne. Od ich zawartości oraz różnorodności w rozmaitych typach zbóż zależą specyficzne cechy jakościowe otrzymanej mąki, z czego wynika jej wartość wypiekowa. Pod względem technologicznym najważniejsze składniki mąki to węglowodany i białka.

Węglowodany są to związki chemiczne zbudowane z węgla, wodoru i tlenu. W roślinie pełnią one funkcję odżywczą oraz są materiałem budulcowym. W mące występują węglowodany o różnej budowie, różne są też ich funkcje technologiczne (tab. 2.4). Zawartość węglowodanów w mące stanowi około 70–80% w przeliczeniu na suchą jej masę. Znajdują się tu cukry proste (glukoza, fruktoza) oraz cukry złożone składające się z kilku cząsteczek cukrów prostych (sacharoza, maltoza) lub kilkuset cząsteczek (skrobia, błonnik, śluzy). Te ostatnie nazywamy też wielocukrami. **Skrobia** to najważniejszy z punktu widzenia technologicznego wielocukier (polisacharyd) występujący w mące (ryc. 2.4).

²⁷ Odmiana zboża, warunki klimatyczne oraz sposób nawożenia uprawy mają wpływ głównie na zawartość oraz jakość białek pszenicy, w tym białek glutenowych.



Ryc. 2.4. Budowa i rozpad łańcucha skrobiowego: a) wzór strukturalny oraz schematyczny, b) schemat rozpadu skrobi do cukrów prostych

Składa się z wielu cząsteczek cukrów prostych (monosacharydów), które zostają rozdzielone w procesie scukrzania skrobi²⁸. W zimnej wodzie skrobia praktycznie się nie rozpuszcza, natomiast w wodzie o temperaturze powyżej 55°C uwadnia się, pęcznieje i stopniowo tworzy kleik skrobiowy. Temperatura kleikowania skrobi zależy od gatunku zboża, wielkości ziaren skrobi oraz stopnia ich uszkodzenia²⁹. Dlatego w piekarstwie nie należy stosować gorącej wody do przygotowywania ciasta, lecz wyłącznie ciepłą i chłodną. Tylko w specjalnych metodach produkcji niektórych ciast stosuje się wodę gorącą do zaparzania części mąki. Robi się to w celu poprawy jakości pieczywa: przedłużenia świeżości i zwiększenia wodochłonności. Do wielocukrów występujących w mące należą również **śluzy**, których główne składniki – pentozany³⁰ są rozpuszczalne w wodzie. Ponieważ

²⁸ Scukrzanie skrobi – rozpad ziaren skrobi na cukry proste (fermentujące) pod wpływem działania enzymów.

²⁹ Stopień uszkodzenia skrobi zależy od jakości przemiału w młynie, jest ważnym wskaźnikiem wodochłonności mąki.

³⁰ Pentozany – wielocukry zbudowane z arabinozy i ksylozy, cukrów składających się z pięciu atomów węgla w cząsteczce – pentoz, stąd nazwa pentozany.

charakteryzują się one dużą wodochłonnością, to powodują podwyższenie lepkości i maziowości ciasta. Takie cechy wykazuje ciasto żytnie, gdyż mąka żytnia zawiera większe ilości śluzów (2,5–3,0% i więcej) niż pszenna (tylko ok. 0,5%). Z tej przyczyny ciasto pszenne jest bardziej suche, elastyczne i zwarte.

Do wielocukrów mąki należy również **błonnik**, który nie jest przyswajalny przez organizm człowieka, ale odgrywa pozytywną rolę. Stanowi naturalny składnik ułatwiający trawienie, ponieważ ułatwia przemieszczanie i wydalanie z jelit masy pokarmowej, co pozwala na lepsze wchłanianie składników odżywczych z pokarmu. Najwięcej błonnika ma mąka razowa, a w gatunkowej jego ilość maleje wraz ze zmniejszeniem wyciągu mąki. W nowoczesnych technologiach piekarskich często stosuje się dodatek błonnika do ciast z mąki jasnej w celu poprawienia skuteczności ich trawienia.

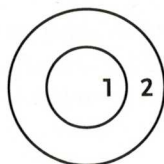
Tabela 2.4. Węglowodany występujące w mące³¹

Grupa węglowodanów	Przedstawiciel grupy występujący w mące	Organoleptyczna ocena smaku	Zdolność do fermentacji alkoholowej
jednocukry	glukoza	bardzo słodki	fermentują bezpośrednio
	fruktoza	słodki	
	arabinoza i ksyliza	słabo słodki	nie fermentują
dwucukry	sacharoza	silnie słodki	fermentują pośrednio (po rozpadzie cząsteczki do jednocukrów)
	maltoza	słodki	
wielocukry	skrobia	bez smaku	fermentują pośrednio w niewielkiej ilości po rozkładzie do jednocukrów
	błonnik	bez smaku	nie fermentuje



WARTO WIEDZIEĆ

Skrobia to węglowodan, którego w mące znajduje się najwięcej, od 60 do ponad 80%, w zależności od rodzaju zboża, z jakiego została wytworzona. Warto wiedzieć, że ziarno skrobi nie należy do substancji jednorodnych. Jest zbudowane z amylozy (10–30% w zależności od rodzaju ziarna zbożowego) oraz amylopektyny (rys. 2.5), które mają podobny skład chemiczny, ale inną budowę, inne w związku z tym właściwości.



Ryc. 2.5. Budowa ziarna skrobi: 1 – amyloza, 2 – amylopektyna

Oba składniki skrobi różnie reagują w połączeniu z wodą. Amyloza, znajdująca się w środku ziarna skrobi, rozpuszcza się w wodzie, natomiast amylopektyna, stanowiąca otoczkę amylozy, nie rozpuszcza się. Skrobia ulega rozpadowi pod wpływem niektórych związków chemicznych, np. kwasów oraz enzymów – amylaz. Odróżnia się α -amylazę oraz β -amylazę, które w różny sposób działają na skrobię (tab. 2.5).

Tabela 2.5. Główne właściwości amylaz³²

α -amylaza	β -amylaza
Występuje w każdym ziarnie, ma różny stopień aktywności	Występuje także w ziarnie niekiełkującym
Działa na nieuszkodzone ziarna skrobi	Nie działa na nieuszkodzone ziarna skrobi
Mało odporna na kwasy	Odporna na kwasy
Odporna na temperaturę	Mało odporna na temperaturę

Przebieg fermentacji ciasta w dużym stopniu zależy od występowania amylaz i działania ich na skrobię. Enzymy zawsze intensywniej działają na ziarna skrobi uszkodzone mechanicznie podczas przemiału.

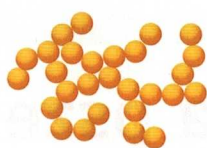
Białka zbożowe dzielą się na cztery zasadnicze grupy³³:

- albuminy – rozpuszczalne w wodzie;
- globuliny – nierozpuszczalne w wodzie, ale rozpuszczalne w roztworach soli (10% NaCl);
- prolaminy – nierozpuszczalne w wodzie ani w roztworach soli, ale rozpuszczalne w alkoholu (etanol 50–70%);
- gluteniny – rozpuszczalne wyłącznie w rozcieńczonych roztworach kwasów i zasad.

Najważniejsze technologicznie są **białka nierozpuszczalne w wodzie**, tzw. gluteniny i gliadyny. Po połączeniu z wodą tworzą one strukturę nazywaną glutenem, która jest jednocześnie elastyczna i sprężysta.

Gluten, po wypieczeniu ciasta pszennego (i mieszanego), tworzy trwały szkielet utrzymujący uformowany kształt wyrobów. Gliadyna nadaje ciastu rozciągliwość, lepkość i spistość, a glutenina – sprężystość i siłę. Jeżeli więc białek jest dużo, a ich cechy fizykochemiczne są dobre, to pieczywo będzie mieć właściwą objętość i dobrze utrzyma kształt. Jakość glutenu ma znaczący wpływ na jakość pieczywa pszennego. Aby sprawdzić, do jakiej grupy zaliczamy gluten w badanej mące, należy wykonać proste ćwiczenie wymywania mokrego glutenu z ciasta pszennego (patrz: ćwiczenie 9, rozdział 3. *Mąka pszenna*).

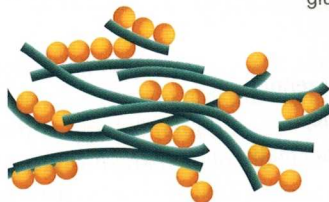
Tłuszcze stanowią niewielki procentowo składnik mąki. Znajdują się głównie w zarodkach oraz w warstwie owocowo-nasiennej. Bielmo skrobiowe zawiera jedynie śladowe ilości tłuszczów. Dlatego więcej tłuszczów znajduje się w mące razowej, w której są wszystkie części ziarna, mniej zaś w mące jasnej – tu głównym składnikiem są bielma zbóż.



gliadyna



glutenina



gluten (gliadyna + glutenina)

Ryc. 2.6. Struktura glutenu

Witaminy to również ilościowo nieznaczący składnik mąki, lecz ważny pod względem żywieniowym. Zawartość witamin zależy głównie od gatunku zboża, a także od procesu przemiału oraz warunków magazynowania mąki. Najmniej witamin zawiera mąka jasna, a najwięcej mąka razowa z całego ziarna.

Ważnym aktywnym składnikiem mąki są **enzymy** zgromadzone głównie w zarodku ziarna (w pozostałych częściach występują w mniejszych ilościach). Pod wpływem enzymów następuje w mące rozkład skrobi, białek i tłuszczów. Zarówno nadmierna, jak i niewystarczająca ilość enzymów w mące jest niekorzystna, gdyż utrudnia przebieg procesów technologicznych i wymaga analizy oraz korekt poszczególnych parametrów.

Optymalna zawartość **wody** w mące to 15% (według normy dla mąki pszennej i żytniej). Wilgotność mąki jest czynnikiem wpływającym na jakość oraz wydajność ciasta.