5

PODSTAWY SPORZĄDZANIA CIAST PIEKARSKICH

Podstawy tworzenia się ciasta

Moduł V
Podstawy tworzenia się ciasta

Wprowadzenie

1. **Tworzenie się ciasta pszennego i żytniego**
2. **Wiadomości wstępne dotyczące fermentacji**

Bibliografia

Wprowadzenie

Pieczywo stanowi podstawowy składnik diety każdego człowieka. W Polsce spożycie pieczywa wynosi ok. 52 kg rocznie na osobę. Najlepszym wyborem jest spożywanie różnych gatunków pieczywa, głównie z mąk ciemnych, które zawierają dużo składników odżywczych.

Przygotowanie ciasta to podstawowy proces technologiczny w produkcji pieczywa, polegający na dokładnym wymieszaniu surowców przewidzianych do produkcji i poddaniu ich fermentacji.

Wytwarzanie ciasta to bardzo ważny, a zarazem złożony proces technologiczny. W praktyce produkcyjnej, pod pojęciem „ciasto" rozumie się produkt uzyskany w procesie mieszania w celu połączenia mąki z wodą i innymi surowcami, a następnie poddany fermentacji.

Proces otrzymywania ciast obejmuje następujące czynności:

- przygotowanie surowców,
- mieszanie półproduktów (podmłody, zaczątku, przedkwasu, półkwasu, kwasu i ciast),
- fermentację półproduktów.

Poznanie teoretycznych podstaw tworzenia się ciasta pomaga zrozumieć skomplikowane procesy zachodzące w cieście.

1. Tworzenie się ciasta pszennego i żytniego

Ciasto to półprodukt wytwarzany z mąki, wody, soli (oraz innych surowców przeznaczonych do produkcji pieczywa), a następnie poddawany procesowi fermentacji.

Fermentacja ma na celu spulchnienie ciasta. Jest to proces zachodzący na skutek rozwoju organizmów żywych – drożdży i bakterii. Drobnoustroje te, rozwijając się w cieście, powodują zmianę jego właściwości. Zmianę tych właściwości wykorzystuje piekarz do celów produkcyjnych.

Ciasto nie powstaje nagle, lecz tworzy się stopniowo, dlatego proces nazywa się **tworzeniem** ciasta. Najprościej można go przedstawić jako powolne łączenie się poszczególnych składników ciasta w jednorodną masę w procesie mieszania. Mieszanie ciasta nie jest tylko zjawiskiem mechanicznym, ale procesem złożonym z wielu przemian fizycznych, chemicznych i biologicznych.

Proces tworzenia ciasta zależy od użytej mąki. Inny jest skład chemiczny mąki pszennej i żytniej co powoduje, że z obu tych mąk nie udaje się tymi samymi metodami otrzymać smacznego i pulchnego pieczywa.

W zależności od rodzaju użytej mąki, pieczywo dzieli się na trzy grupy:

- pszenne,
- żytnie,
- mieszane.

W ramach każdej z tych grup mamy do czynienia z innym sposobem otrzymywania ciasta piekarskiego.

Pieczywo pszenne jest wypiekane z mąki pszennej, zwykle na drożdżach. W zależności od użytego typu mąki uzyskuje się przede wszystkim szeroką gamę pieczywa pszennego drobnego zwykły chleb pszenny, chleb graham.

Pieczywo mieszane (pszenno-żytnie) jest wypiekane z mąki pszennej i żytniej dodawanych do ciasta w różnych proporcjach.

Pieczywo żytnie jest wypiekane z mąki żytniej lub z niewielkim dodatkiem mąki pszennej (do 10%) na zakwasie wytworzonym w procesie wielofazowej fermentacji. O jakości chleba żytniego również świadczy typ użytej mąki. Na półkach sklepowych dostępne są np.: chleb żytni razowy, żytni sitkowy, pytlowy, starogardzki, razowy na miodzie, razowy litewski, pumpernikiel.

Zasadniczą rolę w procesie tworzenia **ciast pszennych** odgrywają nierozpuszczalne w wodzie białkowe składniki mąki (gliadyna i glutenina). Wiążą one wodę, w wyniku czego powstaje gluten, który podczas mieszania ciasta tworzy siatkę glutenową, stanowiącą szkielet ciasta. To ona właśnie decyduje o rozciągliwości i elastyczności ciasta. Podczas tworzenia ciasta wodę wiąże również skrobia. Obok stałej fazy ciasta, występuje faza ciekła. Tworzy ją niezwiązana woda z rozpuszczonymi w niej składnikami (białka, śluzy, cukry, dekstryny, składniki mineralne). Podczas mieszania ciasta następuje jego nasycenie powietrzem. W wyniku tego powstaje w nim faza gazowa. Tak więc ciasto jest układem dyspersyjnym, składającym się z fazy stałej, ciekłej i gazowej.

W wyniku mechanicznego oddziaływania na ciasto następują w nim zmiany strukturalne. W zależności od reakcji na odkształcanie ciasta dzielimy na:

- sprężyste – odkształcenie ciasta powstałe pod naciskiem, znika po odjęciu siły,
- plastyczne – odkształcenie nie znika po odjęciu siły,
- ciasto płynie – jeśli odkształcenie wzrasta mimo odjęcia siły.

Fizycznymi właściwościami ciasta są:

- pełzanie – charakteryzujące się wzrostem plastycznego odkształcenia ciasta przy stałym naprężeniu,
- relaksacja – charakteryzuje się powolnym zanikiem naprężenia wewnętrznego przy stałym odkształceniu.

W procesie tworzenia ciasta mamy również do czynienia z procesami biochemicznymi. Zachodzą one wskutek działania enzymów zawartych w mące i drożdżach. W wyniku hydrolitycznego działania enzymów następuje rozpad głównie białka i skrobi. Zwiększa to ilość substancji przechodzących do fazy ciekłej ciasta, co wpływa na pogorszenie jego właściwości fizycznych. Podczas mieszania ciasta dochodzi do kontaktu jego składników z tlenem. Pod jego wpływem zachodzą procesy utleniania kompleksu białkowo-enzymatycznego, co powoduje poprawę właściwości fizycznych ciasta.

Fazy tworzenia się ciasta pszennego

1. Faza wstępna – mieszanina składników

Cząstki mąki zaczynają wchłaniać wodę (zjawisko hydratacji), łączą się stopniowo w pojedyncze, wilgotne skupiska. Powstała w tej fazie mieszanina ma luźną konsystencję, jest lepka w dotyku. Procesowi temu towarzyszy wydzielanie ciepła. W fazie tej następuje silne pęcznienie glutenu. Gluten tworzy włókna, które układają się w siatkę glutenową. Jeden kierunek ruchu podczas mieszania ciasta powoduje zorientowanie siatki glu-

tenowej (ułożenie w jednym kierunku). Włóknistą strukturę ciasta można zaobserwować na początku jego wytwarzania.

2. Zawiązywanie struktury ciasta

Podczas tej fazy występuje intensywne wchłanianie wody przez składniki mąki. Spęczniałe ziarnka skrobi rozmieszczają się na włóknach siatki glutenowej. Zaczyna się tworzyć struktura ciasta. Powstała masa jest spoista, wilgotna i lepka.

3. Porządkowanie struktury ciasta

Na tym etapie woda znika z powierzchni, co powoduje, że staje się ona sucha (ciasto oddziela się od ścian dzieży, nie lepi się do rąk). Ciasto staje się lepko-sprężyste.

4. Rozwój ciasta

Mechaniczne oddziaływanie na ciasto powoduje uzyskanie ekstremalnych właściwości lepko-sprężystych. Powierzchnia ciasta robi się gładka, ciasto hałasuje, uderzając o powierzchnię dzieży. Uzyskuje stałą konsystencję przez pewien czas, określany jako tolerancja na mieszenie.

5. Uplastycznianie ciasta (upłynnianie)

Ciasto mięknie, staje się mniej sprężyste i coraz bardziej ciągliwe, aż do utraty spoistości oraz pojawienia się mazistości, będącej przyczyną płynięcia.

Gdy ciasto ulegnie rozmiękczeniu, włóknista budowa stopniowo zanika. Proces ten postępuje szybciej, gdy działają enzymy proteolityczne. W mące ze zdrowego ziarna enzymy nie mają takiego znaczenia, jak w mące z ziarna uszkodzonego przez porost. W spulchnionym cieście siatka glutenowa ułatwia zatrzymywanie gazu wytworzonego podczas fermentacji ciasta.

Rysunek 5.1. W fazie wstępnej zachodzi zjawisko hydratacji – cząstki mąki zaczynają wchłaniać wodę

Źródło: biblioteka zasobów multimedialnych

Intensywność uwadniania glutenu i skrobi różni się zależnie od temperatury:

- 25–40°C uwodnienie glutenu (glutenina posiada większą zdolność pochłaniania wody niż gliadyna),

- 60°C raptowne uwodnienie skrobi (amylopektyna posiada większą zdolność pochłaniania wody niż amyloza).

Tworzenie się ciasta żytniego

Na przebieg tworzenia się ciasta żytniego mają wpływ składniki mąki żytniej.

W produkcji ciasta żytniego, w porównaniu z ciastem pszennym, występuje wiele różnic, które wynikają głównie z nieco innych właściwości skrobi i białek żyta. Ciasto żytnie w przeciwieństwie do ciasta pszennego tworzy strukturę drobnoziarnistą – nie tworzy się w nim siatka glutenowa jak w cieście pszennym.

Podobnie jak na proces tworzenia ciasta pszennego, również na przebieg tworzenia ciasta żytniego mają wpływ składniki mąki. Różnice wynikają z nieco innych właściwości skrobi i białek żyta. Skrobia żytnia odznacza się większą zdolnością kleikowania niż skrobia pszenna i jest bardziej podatna na działanie enzymów. Jednocześnie zdolność pęcznienia gliadyny i gluteniny żytniej jest znacznie mniejsza. Jest to spowodowane występowaniem śluzów w mące żytniej. Jednak pęcznienie mąki żytniej zachodzi o wiele szybciej niż mąki pszennej. Czas rozwoju ciasta żytniego jest znacznie krótszy. Ponieważ białka mąki żytniej pęcznieją szybciej, ciasto z takiej mąki nie tworzy struktury włóknistej, tylko strukturę drobnoziarnistą. Ziarnistość ta zaciera się wskutek pęcznienia śluzów mąki żytniej i tworzenia się lepkich kleików skrobi wokół cząstek białka. W cieście żytnim siatka glutenowa nie tworzy się tak, jak w cieście pszennym. Ciasto żytnie nazywamy ciastem krótkim, gdyż nie stawia dużego oporu przy rozrywaniu. Ujednolicanie tego ciasta w miarę upływu czasu następuje szybciej niż w przypadku ciasta pszennego. Dlatego ciasto żytnie nie wymaga leżakowania lub leżakuje krótko. Rozmiękczanie następuje szybko wskutek intensywniejszego działania enzymów amylolitycznych.

Spulchnianie ciasta żytniego jest procesem łatwym. Ciasto to, spulchnione przy udziale drożdży, daje pieczywo o znacznie gorszych walorach niż ciasto spulchnione za pomocą zakwasu. Wynika to z obecności śluzów, które tworzą lepkie roztwory. Rozkład śluzów oraz podwyższenie lepkości kleików skrobi przez kwasy wytworzone podczas ukwaszania ciasta żytniego powoduje, że ciasto żytnie z łatwością poddaje się wypiekowi.

W przemyśle piekarskim, fermentację ciasta żytniego prowadzi się fazami, w których w zależności od temperatury, konsystencji ciasta i stopnia ukwaszenia, przewagę ma fermentacja alkoholowa lub mlekowa.

Odróżnia się wielofazowe i krótkie prowadzenie ciasta żytniego. Prowadzenie krótkie może być dwu- lub trójfazowe.

Prowadzenie krótkie wymaga zazwyczaj stosunkowo nieco wyższej temperatury ukwaszania niż prowadzenie wielofazowe. Prowadzenie wielofazowe – stosuje się cztero- lub pięciofazowe prowadzenie ciasta żytniego. Każda faza ma swoją nazwę i określone warunki fermentacji.

W metodzie pięciofazowej, poszczególne fazy fermentacji to:

- zaczątek,
- przedkwas,
- półkwas,
- kwas,
- ciasto.

Cykl metody pięciofazowej trwa ok. 12–14 godzin w zależności od tego, czy zaczątek jest wytwarzany od podstaw, czy pobrany z dojrzałego kwasu.

Fazy w produkcji ciasta żytniego powinny się charakteryzować określonymi parametrami, do których należy:

- temperatura,
- czas,
- wielkość,
- konsystencja,
- kwasowość.

Dobór odpowiednich warunków powoduje naturalną selekcję drobnoustrojów.

Prowadzenie ciast mieszanych może polegać na: prowadzeniu zakwasów żytnich i dodatku mąki pszennej do ciasta, prowadzeniu rozczynów pszennych i dodatku mąki żytniej do ciasta, osobnym prowadzeniu zakwasów i rozczynów oraz łączenie tych półproduktów w ostatniej fazie wytwarzania ciasta.

Do prowadzenia ciasta na zakwasach wykorzystuje się ciasta, które wytwarzane są z mąki żytniej i pszennej. Prowadząc ciasto mieszanie na zakwasie należy mąkę pszenną dozować w końcowym procesie fermentacji, czyli podczas wytwarzania ciasta końcowego.

Tworzenie się ciasta w każdym przypadku polega na powolnym przenikaniu cząsteczek wody do składników mąki.

Składniki te (głównie skrobia i białka) pęcznieją, powiększając swoją objętość. Proces ten nazywamy **rozwojem ciasta**. Czas liczony od chwili rozpoczęcia mieszania do wytworzenia się ciasta, nazywany jest **czasem rozwoju ciasta**.

Czas tworzenia się ciasta zależy od:

- jakości i ilości poszczególnych składników mąki,
- rozdrobnienia mąki,
- temperatury wody,
- szybkości mieszania.

Ciasto z mąki pszennej rozwija się dłużej niż ciasto z mąki żytniej. Różne partie mąki pszennej charakteryzują się różnym czasem rozwoju ciasta. Ciasto z mąki zawierającej większe ilości glutenu, rozwija się dłużej niż z mąki z mniejszą jego ilością. Różnice w ilości białek w różnych partiach mąki żytniej są mniejsze niż różnice w zawartości białek w różnych partiach mąki pszennej.

Jeżeli mieszanie ciasta przedłużymy poza czas maksymalnego rozwoju, to stawia ono coraz mniejszy opór. Zjawisko to nazywane jest **rozmiękczaniem ciasta**. Jeżeli mąka zawiera znaczne ilości mocnego glutenu, wówczas ciasto trudno poddaje się rozmiękczaniu. Faza obróbki ciasta, w której mimo przedłużonego mieszania nie traci ono spoistości, nazywa się **stałością ciasta**. Ciasto żytnie ulega szybko znacznemu rozmiękczaniu. Także stałość ciasta żytniego jest minimalna w porównaniu ze stałością ciasta pszennego.

Proces mieszania ciasta jest długi. Mieszanie wpływa nie tylko na łączenie się składników w jednolitą masę, ale także pozwala na uzyskanie odpowiedniej **plastyczności** i **elastyczności** (sprężystości) ciasta. Tak uzyskane ciasto będzie się w późniejszym czasie łatwiej formowało. Podczas procesu tworzenia się ciasta należy też zwrócić uwagę na odpowiedni rozwój ciasta. Ma ono mieć postać jednolitej, równomiernie spęczniałej masy. W przeciwnym wypadku dojdzie do obniżenia jakości pieczywa.

Elastyczność i plastyczność są czynnikami fizycznymi – nadają ciastu odpowiednią płynność. Występują one równocześnie i określane są jako właściwości elastoplastyczne ciasta. Właściwości te nawzajem od siebie zależą:

- wzrost elastyczności powoduje obniżenie plastyczności,
- wzrost plastyczności powoduje obniżenie elastyczności.

Na zmianę elastyczności i plastyczności mają wpływ surowce, a także temperatura ciasta. Wzrost temperatury powoduje uplastycznienie ciasta, dodatek soli poprawia jego stałość oraz powoduje wzrost elastyczności, a dodatek drożdży nieświeżych może spowodować rozmiękczenie ciasta.

Konsystencję ciasta, czyli zawartość jego cząsteczek, określa się zazwyczaj jako rzadszą (luźniejszą) lub gęstszą (twardszą, sztywniejszą). Konsystencja zależy w dużym stopniu

od ilości wody dozowanej do określonej ilości mąki, od jakości białek, skrobi oraz zawartych w mące enzymów. Konsystencję próbek ciasta z różnej mąki trudno określić bez użycia odpowiedniej aparatury. Jeżeli jednak znamy ilość mąki użytej do wytworzenia ciasta, to przez określenie ilości wody przypadającej na 100 części mąki, można określić konsystencję w sposób uproszczony, co nazywa się wydajnością ciasta.

Wydajność ciasta (W_c) to ilość ciasta otrzymana ze 100 kg mąki.

$$W_c = \frac{\text{ilość ciasta (kg)} \cdot 100}{\text{ilość mąki (kg)}}$$

Im więcej surowców przypada na 100 kg ciasta, tym wydajność jest większa.

2. Wiadomości wstępne dotyczące fermentacji

Wiele drobnoustrojów wykorzystywanych jest w różnych gałęziach przemysłu: głównie w przemyśle spożywczym oraz chemicznym. Zdolność do fermentacji wykazują bakterie, drożdże i pleśnie. W przemyśle spożywczym wykorzystuje się drobnoustroje mające zdolność do fermentacji: alkoholowej, mlekowej, propionowej, masłowej, cytrynowej, octowej.

Każda fermentacja jest procesem bardzo złożonym. Na jakość produktów wpływają nie tylko główne produkty fermentacji, ale też produkty uboczne. Oddziałują one na smak, zapach i konsystencję gotowego produktu. Aby otrzymać produkt o odpowiedniej jakości należy stworzyć takie warunki, aby drobnoustroje mogły wytworzyć odpowiednią ilość produktów ubocznych w stosunku do produktu głównego.

Fermentacja to beztlenowy (zazwyczaj) proces chemiczny, polegający na enzymatycznym rozpadzie cukrów. Do przebiegu fermentacji konieczne są drobnoustroje lub wytworzone przez nie enzymy. Produktami fermentacji mogą być: dwutlenek węgla, woda, alkohole, kwas mlekowy i masłowy oraz energia. Energia tych procesów jest zużywana przez mikroorganizmy (pleśnie, drożdże, bakterie) na procesy życiowe. Część jej jest wydzielana w postaci ciepła. Po pewnym czasie, w przebiegu fermentacji wytwarzają się substancje i związki chemiczne, które powodują, że fermentacja się wyradza, ponieważ drobnoustroje po wyczerpaniu pokarmu zatruwają się produktami rozkładu podłoża. Na miejscu drobnoustrojów ginących pojawiają się drobnoustroje tego samego lub innego gatunku, w zależności od zmieniających się warunków fermentacji. Odświeżanie fermentującego podłoża polega na wprowadzeniu do niego nowej porcji pożywki. Stwarza to warunki do dalszego prowadzenia procesu fermentacji. W ten sposób można przedłużać fermentację aż do uzyskania odpowiednich właściwości ciasta czy zakwasu. Jako że wyradzanie fermentacji następuje łatwo, w czasie przewidzianym przepisami technologicznymi należy dodawać mąkę i wodę. Ponieważ różne drobnoustroje wymagają różnych warunków rozwoju, należy też przestrzegać temperatury i konsystencji fermentującego podłoża. Jeżeli dojdzie do wyradzania się fermentacji, nie uzyskuje się wymaganych właściwości, co powoduje, że nie uzyskuje się też wymaganej jakości pieczywa.

Rysunek 5.2. Prowadzenie fermentacji ma bezpośredni wpływ na jakość pieczywa

Źródło: biblioteka zasobów multimedialnych

W zależności od produktu końcowego fermentacji, w przemyśle spożywczym wykorzystuje się jej różne odmiany:

- fermentacja alkoholowa,
- fermentacja cytrynowa,
- fermentacja masłowa,
- fermentacja mlekowa,
- fermentacja octowa (fermentacja tlenowa),
- fermentacja propionowa.

W zależności od warunków przebiegu, fermentacje mające znaczenie w przemyśle spożywczym dzielimy na:

- fermentacje węglowodanów (zachodzące beztlenowo): alkoholowa, mlekowa, propionowa, masłowa,
- niecałkowite utlenianie węglowodanów (odbywające się z udziałem tlenu): octowa i cytrynianowa.

W przemyśle piekarskim wykorzystuje się głównie dwa typy fermentacji: alkoholową i mlekową.

Fermentacja alkoholowa (zdolność do fermentacji alkoholowej mają drożdże oraz niektóre pleśnie) to beztlenowy rozkład cukrów prostych na alkohol etylowy i CO_2 z wydzieleniem energii ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 + 28{,}3$ kcal). W rzeczywistości przebieg fermentacji jest bardzo złożony, ponieważ w czasie jej trwania powstają różne produkty uboczne. Przebieg fermentacji alkoholowej zależy od wielu czynników, między innymi od składu chemicznego podłoża i temperatury procesu. Temperatura minimalna to 10°C, optymalna 16–20°C, a maksymalna 50°C. Optymalny odczyn środowiska – 4–6 pH. Przy dobrym dostępie tlenu do podłoża, drożdże nie produkują alkoholu, lecz oddychają tlenowo i rozmnażają się. Brak tlenu w podłożu sprzyja powstawaniu alkoholu etylowego. Powstający alkohol przy dużym stężeniu hamuje procesy życiowe drożdży. Fermentację alkoholową w piekarstwie prowadzi się za pomocą drożdży piekarskich prasowanych. Mają one dużą zdolność podnoszenia ciasta i są stosunkowo trwałe podczas magazynowania. Drożdże te rozmnażają się najlepiej w temperaturze 26–32°C, w obecności dużej ilości tlenu. Rozmnażanie tych drożdży szybciej następuje w środowisku zawierającym znaczne ilości wody.

Fermentacja mlekowa ($C_6H_{12}O_6$ + bakterie mlekowe $\rightarrow 2CH_3CHOHCOOH + 22{,}5$ kcal). Zdolność do fermentacji mlekowej mają bakterie właściwej fermentacji mlekowej. Bakterie te rozkładają cukry proste i dwucukry na kwas mlekowy jako produkt główny oraz produkty uboczne i energię. Zdolność do fermentacji mlekowej mają także bakterie

pseudomlekowe i pleśnie. Nie mają one jednak praktycznego zastosowania, a nawet są szkodliwe w przemyśle spożywczym. Bakterie mlekowe ukwaszające ciasto żytnie można podzielić na dwie grupy. Do jednej zalicza się bakterie, które podczas procesu fermentacji wytwarzają głównie kwas mlekowy, a do drugiej bakterie, wytwarzające obok kwasu mlekowego również pewne ilości kwasów lotnych (octowy i propionowy), dwutlenek węgla i inne związki. W ukwaszanym cieście rozwija się specyficzny rodzaj drożdży, które nazywamy drożdżami ciasta ukwaszonego lub drożdżami kwasowymi. Mają one zdolność wytwarzania dużej ilości dwutlenku węgla, co wywiera bezpośredni wpływ na spulchnianie ciasta.

W produkcji piekarskiej fermentacje te stosuje się w celu spulchniania ciasta żytniego i mieszanego.

Pod wpływem drobnoustrojów w przemyśle piekarskim dochodzi niestety do powstania niekorzystnych zmian.

Wady pieczywa z udziałem drobnoustrojów to:

- śluzowacenie pieczywa (zwane chorobą ziemniaczaną) – wada ta spowodowana jest rozwijaniem się laseczki *Bacillus Subtilis*; miękisz pieczywa staje się szary i mazisty, a po jego przełamaniu ciągnie się nitka śluzu; pieczywo ma nieprzyjemny zapach;
- krwistość pieczywa – wada wywołana rozwojem bakterii z gatunku *Serratia Marcescens*, która wytwarza czerwony barwnik na powierzchni pieczywa;
- białe plamy na miękiszu chleba spowodowane są rozwojem dzikich drożdży. Po ich usunięciu pieczywo nadaje się do spożycia;
- pleśnienie pieczywa występuje, gdy jest ono przetrzymywane w podwyższonej temperaturze przy znacznej wilgotności powietrza; pieczywo nie nadaje się do spożycia; najgorsza jest pleśń z rodzaju *Fusarium,* która wytwarza toksyny.

Inne fermentacje wykorzystywane w przemyśle spożywczym

Fermentacja octowa ($C_2H_5OH + O_2$ + bakterie octowe → CH_3COOH) – przeprowadzają ją tlenowo pałeczki octowe z rodzaju *Acetobacter*. Proces polega na rozkładzie alkoholu etylowego do kwasu octowego i wody. Produkty uboczne, powstające podczas tego procesu, wpływają na charakterystyczny zapach i smak octu. Niektóre z bakterii octowych mają zdolność dalszego rozkładu kwasu octowego do CO_2 i H_2O. Są one niepożądane w przemyśle spożywczym.

Fermentacja propionowa – prowadzą ją bakterie z rodzaju *Propionibacterium*. W tym przypadku mamy do czynienia z przemianą cukrów lub kwasu mlekowego na

kwas propionowy, kwas octowy i CO_2. Zastosowanie znajduje przy produkcji serów podpuszczkowych, szczególnie twardych. Kwas propionowy i octowy nadają produktom odpowiedni smak, natomiast gazowy CO_2 powoduje powstawanie oczek w dojrzewającym serze. Właśnie te „dziury" nadają serom jakość. Zapis reakcji wygląda następująco: $3CH_3CHOHCOOH$ + bakterie propionowe → $2CH_3CH_2COOH + CH_3COOH + CO_2 + H_2O$ + kcal

Fermentacja masłowa ($C_6H_{12}O_6$ + bakterie masłowe → $CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2$ + ok. 15 kcal/mol) polega na przemianie cukrów i białek w kwas masłowy oraz inne kwasy organiczne jako produkty uboczne (np. octowy, mrówkowy). Sam kwas masłowy nie znajduje zastosowania ze względu na odrażający zapach, ale jego aromatyczne estry są używane do produkcji perfum i zapachów do ciast.

Fermentacja cytrynowa (cytrynianowa) – przeprowadzają ją grzybowe pleśnie z rodzaju *Aspergillus*. W procesie tym cukry podlegają przemianie do kwasu cytrynowego i wody, wytwarza się też niewielka ilość energii. Ilość powstającego kwasu cytrynowego zależy m.in. od składu podłoża – największa wydajność jest na podłożu bogatym w związki azotowe. Zapis reakcji cytrynowej ma postać: $3C_6H_{12}O_6 + 9O_2$ + pleśnie *Aspergillus niger* → $2C_6H_8O_7 + 6CO_2 + 10H_2O$ + kcal.

Bibliografia

Literatura obowiązkowa

Ambroziak Z., *Produkcja piekarsko-ciastkarska*, cz. 1, 2, WSiP, Warszawa 2012.

Drewniak E., Drewniak T., *Mikrobiologia żywności*, WSiP, Warszawa 2007.

Reński A., *Piekarstwo*, WSiP, Warszawa 1998.

Netografia

Encyklopedia internetowa Wikipedia