

# NAUKI INŻYNIERSKIE I TECHNOLOGIE

# 1

Redaktor naukowy

**Elżbieta Kociołek-Balawejder**



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu  
Wrocław 2009

## Spis treści

Wstęp .....	7
<b>Michał Grzebyk, Waldemar Podgórski</b> , Recent developments in L(+)-lactic acid biotechnology .....	11
<b>Franciszek Kapusta</b> , Przemysł mięsny w Polsce – wybrane problemy.....	21
<b>Franciszek Kapusta</b> , Włókiennictwo i produkcja włókien naturalnych w Polsce .....	34
<b>Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów</b> , Systemy zarządzania jakością i ich integracja w przemyśle żywnościowym – praca przeglądowa .....	47
<b>Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów</b> , Trudności związane z funkcjonowaniem systemu HACCP i sposoby ich przewyżczenia w wybranym zakładzie piekarniczym .....	72
<b>Łukasz Waligóra, Tomasz Lesiów</b> , Aspekty technologiczne a funkcjonowanie systemu HACCP w wybranym przedsiębiorstwie przemysłu mięsnego .....	101
<b>Ludmiła Bogacz-Radomska, Jerzy Jan Pietkiewicz</b> , Przegląd metod otrzymywania aromatów stosowanych do aromatyzowania żywności .....	124
<b>Katarzyna Górską, Jerzy Jan Pietkiewicz</b> , Funkcje technologiczne i charakterystyka kwasów dodawanych do żywności .....	141
<b>Joanna Harasym</b> , Gryka jako źródło substancji organicznych i związków mineralnych .....	159
<b>Andrzej Krakowiak</b> , Rozkład beztlenowy jako proces mineralizacji odpadów organicznych i odzyskania energii w postaci biogazu .....	170
<b>Hanna Pińkowska, Paweł Wolak</b> , Badanie składu chemicznego odpadowej biomasy rzepakowej jako surowca do przetworzenia w warunkach hydrotermalnych na użyteczne bioprodukty chemiczne. Część 1. Klasyczne metody analizy.....	184
<b>Hanna Pińkowska, Paweł Wolak</b> , Badanie składu chemicznego odpadowej biomasy rzepakowej jako surowca do przetworzenia w warunkach hydrotermalnych na użyteczne bioprodukty chemiczne. Część 2. Analiza z wykorzystaniem wybranych metod instrumentalnych .....	196
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Łukasz J. Wilk</b> , Nadchlorany – nowe mikrozanieczyszczenie środowiska naturalnego .....	216
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Adrianna Złocińska</b> , Środki odstraszające owady ( <i>insect repellents</i> ) w ochronie ludzi .....	230
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Marta K. Żebrowska</b> , Brzoza – kierunki wykorzystania biomasy .....	252

## Summaries

<b>Michał Grzebyk, Waldemar Podgórski</b> , Najnowszy rozwój w biotechnologii kwasu L(+)-mlekowego.....	20
<b>Franciszek Kapusta</b> , Meat industry in Poland – selected problems .....	33
<b>Franciszek Kapusta</b> , Textile industry and production of natural fibres in Poland .....	46
<b>Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów</b> , Quality management systems and their integration in food industry – the review.....	70
<b>Aleksandra Kmiećkowiak, Tomasz Lesiów</b> , Difficulties of system HACCP functioning and overcoming difficulties in a chosen bakery plant .....	100
<b>Łukasz Waligóra, Tomasz Lesiów</b> , Technological Aspects and functioning of HACCP system in chosen meat industry company .....	123
<b>Ludmiła Bogacz-Radomska, Jerzy Jan Pietkiewicz</b> , Review of the aromas' production methods applied in food aromatization .....	139
<b>Katarzyna Górńska, Jerzy Jan Pietkiewicz</b> , Technological functions and characteristic of food acids .....	158
<b>Joanna Harasym</b> , Buckwheat as the source of organic compounds and minerals.....	169
<b>Andrzej Krakowiak</b> , Anaerobic digestion as a process for mineralization of organic wastes and energy recovery in the form of biogas.....	183
<b>Hanna Pińkowska, Paweł Wolak</b> , The investigation of chemical composition of waste rapeseed biomass as a raw material for synthesis of useful chemical bioproducts under hydrothermal conditions. Part 1. Classical analytical methods .....	195
<b>Hanna Pińkowska, Paweł Wolak</b> , The investigation of chemical composition of waste rapeseed biomass as a raw material for synthesis of useful chemical bioproducts under hydrothermal conditions. Part 2. Application of instrumental methods of analysis .....	214
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Łukasz J. Wilk</b> , Perchlorate – the new micropollutant of the environment.....	229
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Adrianna Złocińska</b> , Insect repellents as the most effective protection of human against insect bites .....	251
<b>Elżbieta Kociolek-Balawejder, Marta K. Żebrowska</b> , Birch tree biomass – the ways of its practical applications .....	265

**Ludmiła Bogacz-Radomska\***, Jerzy Jan Pietkiewicz

Katedra Biotechnologii Żywności, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

---

## PRZEGLĄD METOD OTRZYMYWANIA AROMATÓW STOSOWANYCH DO AROMATYZOWANIA ŻYWNOSCI

---

**Streszczenie:** Aromaty stosuje się jako dodatki do żywności, ponieważ zwiększają aromacyzność i smakowitość produktu. Międzynarodowe regulacje prawne dzielą aromaty na kilka zasadniczych grup. Jako główne kryteria podziału przyjmuje się rodzaj materiału źródłowego oraz metodę produkcji. Pochodzenie aromatu ma zasadnicze znaczenie w kalkulacji kosztów i tworzeniu jakości produktów zawierających aromaty. Ze względu na zmniejszenie zastosowania chemicznych reagentów oraz na niższą cenę bioaromatu w stosunku do aromatu wyekstrahowanego z produktów roślinnych optymalnym wyborem spośród wszystkich metod otrzymywania aromatów jest metoda biotechnologiczna.

Na charakter aromatu mają wpływ poszczególne zawiązki aromatotwórcze, które są otrzymywane na drodze fizykochemicznej, chemicznej lub biotechnologicznej. Metody biotechnologiczne otrzymywania bioaromatów opierają się na biotransformacji z zastosowaniem procesu biokatalizy, fermentacji i izolacji aromatów z surowców roślinnych i zwierzęcych. Formy przechowywania aromatów w stanie ciekłym i stałym wpływają na retencję aromatu i własności sensoryczne żywności, w której zostały użyte.

**Słowa kluczowe:** aromaty, dodatki do żywności, biosynteza, żywność, przechowywanie.

### 1. Wstęp

Aromaty od wielu lat znajdują zastosowanie w różnych dziedzinach przetwórstwa przemysłowego, w szczególności w produkcji artykułów spożywczych i napojów, a także w produkcji wyrobów chemicznych. Jako dodatki do żywności odgrywają ważną rolę w procesie decyzji konsumenckich [1]. By sprostać wymaganiom konsumentów, dąży się do otrzymywania żywności o coraz lepszych wartościach sensorycznych. Popularność bioaromatów na rynku wzrasta, a koncerny chemiczne, które są głównymi kreatorami postępu technologicznego w sektorze, inwestują w rozwój swoich produktów między innymi przez wykorzystanie biotechnologicznych metod produkcji aromatów i składników oraz pozyskują składniki dodatków smakowych przez zastosowanie roślinnych kultur tkankowych [2]. Obecnie produkcja dodatków do żywności metodami biotechnologicznymi odgrywa zasadniczą rolę, dostarczając wielu nowych technologii oraz przygotowując surowce o odpowiedniej jakości [3].

---

\* Adres do korespondencji: ludmiła.bogacz-radomska@ue.wroc.pl.

W pracy przedstawiono podział i ogólną charakterystykę środków stosowanych do aromatyzowania żywności oraz zaprezentowano uwarunkowania technologiczne ich otrzymywania.

## 2. Smak i zapach

Zapach jest zasadniczym parametrem umożliwiającym ocenę jakości żywności oraz rozróżnienie rodzajów żywności, a określenie aromatu dotyczy substancji sprawiających przyjemne wrażenia zapachowe będące wynikiem działania lotnych substancji zapachowych. Aromat produktu jest odczuwany przez zmysł smaku i powonienia na skutek pobudzenia receptorów smaku na języku i receptorów węchowych w jamie nosowej, które przesyłają informację do centralnego systemu nerwowego, dając w efekcie wrażenie smakowitości [4]. Integracja tych wrażeń jest bardzo istotna. Wrażenia smakowe pozwalają rozróżnić jedynie cztery podstawowe smaki: słodki, kwaśny, gorzki i słony, oraz ich kombinacje. Dopiero w połączeniu ze zmysłem węchu można odczuwać wrażenie smakowitości. Natomiast pozbawienie węchu powoduje utratę cech charakterystycznych spożywanej żywności. Powonienie odgrywa większą rolę w kształtowaniu smakowitości niż zmysł smaku [5-6].

Związki o różnej budowie chemicznej wykazują zdolności aromatyzujące, a mała zmiana w strukturze chemicznej związku może całkowicie zmodyfikować właściwości osmiczne substancji. Związki zapachowe mają na celu urozmaicenie produktów przez intensyfikację zawartych już wcześniej w produkcie aromatów bądź wzbogacają produkt, który w swej naturalnej postaci nie zawiera żadnych związków lotnych. Często w procesie przetwarzania surowców naturalnych następuje częściowa utrata lub niekorzystna zmiana aromatu i jego stężenie jest dość niskie: sięga kilku, kilkunastu mg w 1 kg gotowego wyrobu [7]. Przyczyną tych zmian są oczywiście przemiany chemiczne niektórych składników [1; 3]. W związku z tym w procesie wytwarzania żywności dodaje się odpowiednio dobrane kompozycje aromatów naturalnych lub syntetycznych. Rozwój biotechnologii w zakresie aromatów zmierza do wytwarzania bioaromatów z użyciem mikroorganizmów, wykorzystując przy tym różne bioprocessy do ich biosyntezy i różne techniki ich izolacji i produkcji.

## 3. Definicja aromatu

W odniesieniu do aromatów jako dodatków do żywności dokumentem aktualnie obowiązującym w Unii Europejskiej jest Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1334/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie środków aromatyzujących i niektórych składników żywności o właściwościach aromatyzujących do użycia w oraz na środkach spożywczych [8]. To rozporządzenie określa wymagania i procedury niezbędne do zapewnienia przepływu bezpiecznej i zdrowej żywności zawierającej środki aromatyzujące oraz niektóre składniki żywności o właściwościach aromatyzujących. Nie dotyczy jednak takich środków spożywczych, które nie

zostały poddane przetworzeniu, jak przyprawy, zioła, napary, herbaty czy ich mieszanki. Środki aromatyzujące (aromaty) stosuje się do poprawy lub zmiany zapachu lub smaku środków spożywczych z korzyścią dla konsumenta. Nie są przeznaczone do bezpośredniego spożycia. W rozporządzeniu zdefiniowano sześć grup zasadniczych środków aromatyzujących, w ramach których wyróżnia się poszczególne podgrupy (tab. 1).

**Tabela 1.** Podział środków aromatyzujących

Lp.	Rodzaj środka aromatyzującego	Rodzaj materiału	Powstałe w wyniku	Stopień przetworzenia przed zastosowaniem
1	2	3	4	5
1	Substancje aromatyczne			
a	Substancje aromatyczne pochodzenia chemicznego		Syntezy chemicznej Wyizolowane w wyniku procesów chemicznych	
b	Naturalne substancje aromatyczne	Pochodzenia: – roślinnego – zwierzęcego – mikrobiologicznego	Procesów: – fizycznych – enzymatycznych – mikrobiologicznych	Są w postaci: – niemienionej, – przetworzonej – do spożycia przez ludzi – w wyniku tradycyjnych procesów przygotowania żywności, np. fermentacji, prażenia odparowania
2	Preparaty aromatyczne	To substancje inne niż substancje aromatyczne		
a		Otrzymane z żywności	Procesów: – fizycznych – enzymatycznych – mikrobiologicznych	Są w postaci: – niemienionej – przetworzonej – do spożycia przez ludzi – w wyniku tradycyjnych procesów przygotowania żywności
b		Otrzymane z materiału pochodzenia roślinnego, zwierzęcego lub mikrobiologicznego	Procesów: – fizycznych – enzymatycznych – mikrobiologicznych	Zastosowanie materiału: – bezpośrednio do środków spożywczych w postaci przetworzonej w wyniku tradycyjnych procesów przygotowania żywności
3	Środki aromatyzujące z przetworzenia termicznego	To substancje, które niekoniecznie odznaczają się właściwościami aromatyzującymi, ale co najmniej jeden składnik zawiera azot aminowy, a inny jest cukrem redukującym		

1	2	3	4	5
a		Otrzymane z żywności		
b		Otrzymane z materiału innego niż żywność		
4	Środki aromatyzujące dymu wędzarniczego	To substancje, które otrzymano w wyniku frakcjonowania i oczyszczania skondensowanego dymu		
5	Prekursory środków aromatyzujących	To substancje niekoniecznie odznaczające się właściwościami aromatyzującymi, ale są dodawane do środków spożywczych w celu wytworzenia aromatu na drodze reakcji chemicznych; wyróżnia się tu węglowodany, oligopeptydy i aminokwasy		
a		Otrzymane z żywności		
b		Otrzymane z materiału innego niż żywność		
c			Przetwarzania żywności w celu wytworzenia aromatu: – przez złamanie innych składników – reakcją z tymi składnikami w trakcie przetwarzania żywności	
6	Inne środki aromatyzujące albo ich mieszanki	To substancje, które w powyższych grupach nie zostały zdefiniowane; mogą być to oleje lub tłuszcze otrzymywane na drodze bardzo krótkiego ogrzewania w wysokich temperaturach		

Źródło: opracowanie własne na podstawie [8].

Środki aromatyzujące muszą być bezpieczne dla konsumenta, dlatego poddaje się je ocenie ryzyka zanim zostaną dopuszczone do użycia w środkach spożywczych lub na ich powierzchni. Również składniki żywności o właściwościach aromatyzujących poddaje się tej ocenie, ponieważ te w znacznej mierze przyczyniają się do obecności naturalnych substancji niepożądanych w środkach spożywczych. Składniki te stanowią grupę substancji innych niż środki aromatyzujące, jednak podobnie dodaje się je do środków spożywczych w celu nadania lub zmiany ich aromatu. Wśród aromatów poddawanych ocenie ryzyka znajdują się:

- substancje aromatyczne,
- preparaty aromatyczne pochodzenia roślinnego, zwierzęcego lub mikrobiologicznego,
- środki aromatyzujące z przetworzenia termicznego, otrzymane z materiału źródłowego innego niż żywność,

- prekursory środków aromatyzujących otrzymane z materiału źródłowego innego niż żywność,
- inne środki aromatyzujące albo ich mieszanki, które zostały zdefiniowane w wymienionych grupach,
- materiały źródłowe inne niż żywność, o pochodzeniu roślinnym, zwierzęcym, mikrobiologicznym lub mineralnym, z których wytwarza się środki aromatyzujące lub składniki żywności o właściwościach aromatyzujących,
- wszystkie środki aromatyzujące, których bezpieczeństwo budzi wątpliwości.

Ze względu na bezpieczeństwo środków aromatyzujących zawartość substancji dodatkowych powinna być ograniczona do ilości minimalnej, ale koniecznej do zagwarantowania bezpieczeństwa i jakości aromatów oraz ułatwienia ich przechowywania [9; 10].

Znakowanie aromatów jest istotnym zagadnieniem, szczególnie przy stosowaniu określenia „naturalny”. Informacja o materiale źródłowym nie może wprowadzać konsumenta w błąd, dlatego użyte składniki aromatyzujące powinny być wyłącznie pochodzenia naturalnego. Ponadto na etykiecie należy wskazać źródło środka aromatyzującego, które powinno stanowić 95% aromatu. Pozostałe 5% to substancje użyte w celu normalizacji lub w celu dodania aromatu odcienia, np. bardziej świeżego. Jeśli jednak główne źródło aromatu stanowi mniej niż 95%, należy ujawnić źródło dodanych innych naturalnych środków aromatyzujących, jak w przypadku ekstraktu kakao z nutą bananową [8; 11].

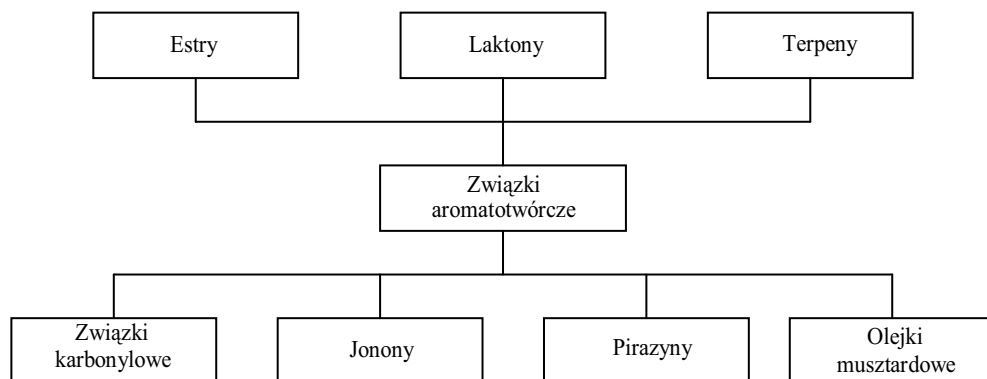
W przemyśle spożywczym stosuje się również substancje dodatkowe wzmacniające intensywność wrażeń smakowych wywołanych przez inne substancje lub przedłużające ich działanie. Nazywa się je również potencjatorami i synergentami smaku. Wiele z nich nie ma smaku lub ich smak jest słabo wyczuwalny. Najpowszechniejszą substancją wzmacniającą smak i zapach jest kwas L-glutaminowy [12]. Jest to aminokwas otrzymywany metodą fermentacji melasy przez *Micrococcus glutaminicus*. Znajduje zastosowanie jako substytut soli kuchennej przede wszystkim w bulionach i zupach, potrawach mięsnych i warzywnych, przyprawach stołowych i wyrobach garmażeryjnych [10; 13].

W ustawodawstwie obowiązującym w Unii Europejskiej nie podano wykazu bezpiecznych substancji, między innymi w przypadku substancji aromatycznych, których stosowanie w produkcji żywności jest bezsporne. Wynika to z braku oceny bezpieczeństwa tychże substancji, która jest niezbędna do ustanowienia takich przepisów. W UE rozpoczęto prace w celu określenia bezpieczeństwa substancji aromatycznych, na podstawie których opublikowana zostanie lista substancji aromatycznych dopuszczonych do stosowania w produkcji żywności. Natomiast już dziś wiadomo, że ze względu na szkodliwe działanie na zdrowie człowieka na tej liście nie znajdują się takie substancje, jak metyleugenol, estragol, pentano-2,4-dion, 4-hydroksybenzoesan propylu oraz acetamid [14].



## 4. Związki aromatotwórcze

Dokładne poznanie właściwości związków, które wpływają na charakter aromatu, ułatwia opracowanie nowych, lepszych i wydajniejszych metod otrzymywania aromatów. Stwarza również możliwość sterowania biosyntezą aromatotwórczych składników żywności. Podział związków aromatotwórczych przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Związki aromatotwórcze

Źródło: opracowanie własne na podstawie [15-19].

Najpowszechniejszym **estrem** aromatotwórczym jest octan etylu. Duża ilość estrów aromatotwórczych występuje w piwie, gdzie są produktami reakcji alkoholu fuzlopo pochodnych i krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych. Również są wytwarzane przy współdziałaniu enzymów drożdży, podczas fermentacji winiarskiej. Są syntetyzowane z alkoholi i kwasów tłuszczowych z udziałem enzymów. Znane są również metody biosyntezy związków zapachowych z udziałem enzymów unieruchomionych [15].

**Laktony** występują w owocach, warzywach, orzechach, w mleku i mięsie. Ponadto otrzymuje się je w reakcji biotransformacji i syntezy przy udziale niektórych drobnoustrojów. Dotychczas najbardziej poznanym jest  $\gamma$ -dekalakton [15-16].

**Terpeny**, zwane olejkami eterycznymi, występują praktycznie we wszystkich roślinach. Otrzymuje się je przez destylację materiału roślinnego z parą wodną lub przez wyciskanie. Istotną rolę odgrywają ich pochodne, które są otrzymywane zarówno na drodze chemicznej, jak i mikrobiologicznej transformacji, na przykład p-mentol [15; 17-19].

**Związki karbonylowe** są podstawowymi składnikami aromatotwórczymi w fermentowanych produktach mleczarskich. Reagują one również z niektórymi aminokwasami, tworząc kompleksy związków smakowo-zapachowych. Związki karbonylowe są syntetyzowane przez bakterie fermentacji mlekowej. Najpowszechniejszym związkiem karbonylowym jest diacetyl [15].

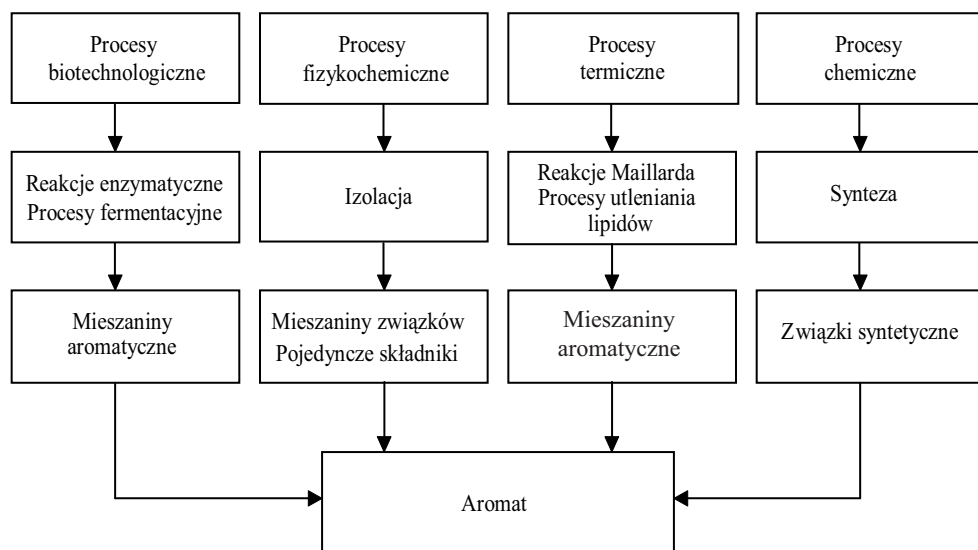
**Jonony** powstają po enzymatycznej hydrolizie karotenoidów, a **olejki musztardowe** – z izotiocyjanianów lub z innych bezwonných prekursorów pod wpływem enzymu mirozyny. **Pirazyiny** odpowiadają za zapach produktów prażonych. Występują w pieprzu, ziemniakach i zielonym groszku. Są produktem mikrobiologicznej konwersji leucyny, izoleucyny i waliny [19].

## 5. Aspekty technologiczne otrzymywania pożądanego aromatu

Dotychczas poznano wiele metod otrzymywania aromatów. Można je podzielić na trzy podstawowe grupy, takie jak [6]:

- biotechnologiczna,
- chemiczna,
- i fizykochemiczna w tym wyszczególnia się procesy termiczne.

Metody otrzymywania kompozycji aromatycznych przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Metody otrzymywania aromatów

Źródło: opracowanie własne na podstawie [6; 15;19; 20; 21].

**Metody biotechnologiczne** charakteryzuje zasada technicznego pobudzenia mechanizmów produkcji aromatów. Wiele znanych składników aromatu jest efektem wzrostu mikroflory. Stosując metody mikrobiologiczne, enzymatyczne czy też hodowli kultur tkankowych, uzyskuje się bioaromaty, które cieszą się coraz większą popularnością w przemyśle spożywczym [6; 20].

**W metodach termicznych**, podobnie jak w biotechnologicznych, mechanizmy produkcji aromatów są pobudzane technicznie, w tym przypadku są to reakcje ter-

miczne. W tych metodach w wyniku ogrzewania substancje zapachowe powstają w reakcjach Maillarda i procesach utleniania lipidów. Wśród wielu aromatów otrzymywanych tymi metodami należy wyróżnić aromat pieczonego i gotowanego mięsa, aromat prażonych orzechów, krakersów, chleba, piwa, kakao i kawy [6; 19].

**Metody chemiczne** otrzymywania aromatów są najstarszymi z metod, przy tym również najbardziej ekonomicznymi. Opierają się na syntezie chemicznej, w wyniku której otrzymuje się mieszaniny racemiczne, a następnie prowadzi się do uzyskania czystych form izomerycznych [6].

**Metody fizykochemiczne** obejmują przede wszystkim otrzymywanie olejków eterycznych, olejków destylowanych pozbawionych części składników oraz izolatów, tj. składników olejków wydzielonych metodą destylacji frakcjonowanej. Olejki otrzymywane są z różnych części roślin, takich jak kora, liście, gałązki, np. olejek cynamonowy z rośliny *Cinnamomum zeylanicum* Blume, z owoców, np. anyżowy z rośliny *Pimpinella anisum* L., z drewna, np. kamforowy z rośliny *Cinnamomum camphora* L., z kwitającego zieleń, np. lawendowy z rośliny *Lavendula officinalis* Chaix, a także z korzeni, naowocni, cebul, całej naziemnej części rośliny, szczytu pędu, nasion, pąków, łodyg, kłączy, szyszkojagód, zieleń, z osłonki kwiatu, kwiatów i cetyny [15; 21].

Do najstarszych metod otrzymywania aromatów należą ekstrakcja i destylacja. Zastosowanie tych operacji fizykochemicznych w procesie technologicznym wytwarzania aromatów prowadzi do otrzymania naturalnych substancji aromatycznych. We współcześnie prowadzonych badaniach podejmuje się próby zoptymalizowania i zastosowania wielu bioprocessów jednostkowych, między innymi takich jak biokonwersja (biotransformacja).

**Biokonwersja** należy do naturalnych metod otrzymywania aromatów, ponieważ wykorzystuje naturalne prekursorzy w procesie biokatalizy, fermentacji oraz izolacji aromatów z surowców roślinnych i zwierzęcych. Biokonwersja to reakcja biochemiczna katalizowana przez drobnoustroje lub przez enzymy pochodzące z biomasy. Biokonwersja znajduje zastosowanie w tworzeniu centrów chiralnych, w konwersji grup funkcyjnych z podobnym przebiegiem reakcji, również stosuje się ją w celu nadania funkcji regioselektywnej nieaktywnemu węglowi [16; 22].

Do zalet biokonwersji należą [23]:

- specyficzność reakcji – katalityczna aktywność enzymu jest zazwyczaj ograniczona do jednego rodzaju reakcji z otrzymaniem homogenicznego produktu, co oznacza, że nie ma żadnych reakcji ubocznych ani żadnych produktów ubocznych, jeśli biotransformacja jest prowadzona z udziałem tylko jednego enzymu,
- stereospecyficzność – obszarem działania enzymu jest środowisko trójwymiarowe i asymetryczne umożliwiające enzymowi rozwinięcie wysokiej selektywności w stosunku do substratu, a nawet na rozróżnienie między różnymi stereochemicznymi konfiguracjami molekuł substratu,
- regiospecyficzność – enzym atakuje substrat specyficznie w stosunku do pozycji, gdzie reakcja ma miejsce,

- łagodne warunki reakcji – energia aktywacji reakcji chemicznej jest znacznie niższa w przypadku interakcji enzym-substrat, dlatego enzymy rozwijają wysoką katalityczną aktywność nawet w łagodnych warunkach reakcji, jak np. w środowisku wodnym, w temperaturach poniżej 40°C, przy pH zbliżonym do obojętnego i przy normalnym ciśnieniu.

Zalety biotransformacji w stosunku do reakcji chemicznych są przeważające, co jednak nie oznacza, że biotransformacja nie ma wad. Należą do nich przede wszystkim duże wydatki na rozwój i opracowanie procesu biotransformacji, a zwłaszcza izolacji produktu. Ponadto czas reakcji jest zazwyczaj dłuższy niż w przypadku reakcji chemicznych. Bardzo istotnym problemem jest niskie stężenie substratu i produktu, a także mała stabilność biokatalizatorów. Dotychczas poznano kilka metod biotransformacji, które są z powodzeniem wykorzystywane do produkcji bioaromatów. Te metody biotransformacji zestawiono w tab. 2.

Jest wiele przykładów zastosowania biokonwersji w produkcji bioaromatów. Można tu wymienić biokonwersję kwasu cynamonowego do acetofenonu przez bakterie z rodzaju *Pseudomonas*, produkcję aromatu bananowego, gruszkowego, melonowego, jabłkowego i cytrynowego przez grzyby *Ceratocystis fimbriata* czy też produkcję aromatu grzybowego przez grzyby *Penicillium camembert* [22; 24-25].

Wśród metod wykorzystywanych w biokonwersji metod wyróżnia się biokatalizę, której zastosowanie umożliwia otrzymywanie różnych naturalnych i identycznych z naturalnymi związków aromatycznych, ponieważ katalizuje wiele stereo- i regioselektywnych reakcji chemicznych.

**Biokataliza** to reakcja katalizy zachodząca pod wpływem biokatalizatora, którym jest enzym znajdujący się w komórce lub z niej wydzielony. Istotą tutaj jest chiralność zapachów wpływająca na ich różne własności sensoryczne. Zapachy często występują w postaci pojedynczych enancjomerów, które występując z różnymi regioizomerami, wykazują różne własności sensoryczne [15; 16].

Najczęściej stosowanymi biokatalizatorami są lipazy, które są chemo-, regio- i enancjoselektywne. Ponadto są one łatwo dostępne na dużą skalę i pozostają aktywne w organicznych rozpuszczalnikach. W biokatalizie powszechnie stosowanymi mikroorganizmami są drożdże piekarskie, ponieważ są łatwo dostępne, niedrogie i uniwersalne. Wśród licznych przykładów zastosowań można wyróżnić produkcję (S)-(+)-3-(p-tolyl)-butanolu o wysokiej czystości enancjomerycznej przy wykorzystaniu redukcji prochiralnego wiązania podwójnego alkoholu, indukowanej przez te drożdże. Ta sama metoda została wykorzystana w celu otrzymania (+)-kurkumenu, (+)-turmeronu, (+)-dehydrokurkumenu i (+)-nuciferalu będącymi komponentami zapachów różnych olejków eterycznych. Drożdże piekarskie umożliwiają również diastereo- i enancjoselektywną redukcję  $\gamma$ -keto-kwasu. W ten sposób otrzymane o enancjomerycznej czystości materiały są używane jako materiał wyjściowy np. w produkcji (-)-cis i (+)-trans laktonu whisky i (+)-trans laktonu cognac'u [15-16; 28-31].

Tabela 2. Metody biotransformacji i ich charakterystyka

Biotransformacja z rosnącą kulturą	Biotransformacja z wcześniejszej rozwiniętą kulturą	Biotransformacja z „wolnymi” enzymami	Biotransformacja z unieruchomionymi komórkami lub enzymami	Biotransformacja w ciekłym systemie dwufazowym
Substrat jest dodawany do podłoża hodowlanego w czasie inokulacji lub podczas późnej fazy wzrostu drobnoustrojów, dzięki temu wzrost i biotransformacja są jednoczesne. Za przykład może tu posłużyć biokonwersja kwasu heptanokarboksylowego-1 do 2-heptanonu przy użyciu <i>Penicillium roquefortii</i> , którą opracowali Larroche, Besson i Gros	Procesy propagacji biomasy i biotransformacji są rozdzielone, co znacznie ułatwia sterowanie procesem, m.in. umożliwiają niezależną optymalizację wzrostu i biokonwersji, jak również sterowanie steżeniem komórek w celu uzyskania optimum biokonwersji	Stosuje się, gdy przenikalność substratu przez błonę komórkową jest niewystarczająca lub gdy zachodzą niepożądane reakcje uboczne w obecności innych systemów enzymatycznych	Stosując unieruchomione komórki lub enzymy, łatwo można usunąć biokatalizator z podłoża reakcyjnego i użyć go ponownie lub zatrzymać go w bioreaktorze i prowadzić ciągły proces biotransformacji	W ciekłym systemie dwufazowym jedną fazą jest woda, a drugą – organiczny rozpuszczalnik niemieszający się z wodą, powoduje to wzrost rozpuszczalności substratu i może chronić biokatalizator preferujący wodne środowisko przed toksycznymi efektami. Jednym z przykładów biokonwersji w ciekłym systemie dwufazowym są enzymy w kryształach ciekłym liotropowym (LC)*

\* W tym przypadku biokatalizator jest rozpuszczony i unieruchomiony w ciekłym kryształ liotropowym (LC), który może współistnieć z organicznym rozpuszczalnikiem. LC agregują środki powierzchniowo czynne uformowane przez określone amfililne molekuly, kiedy są rozpuszczone w wodzie lub mieszaninie wody i rozpuszczalnika. Jako modelowy enzym zastosowano dehydrogenazy drożdży fermentujących alkohol (ADH), użyto heksanu jako rozpuszczalnika i aromatycznego długolącuchowego alkoholu alifatycznego, natomiast substratem są aldehydy. Model ten umożliwia znaczną stabilizację biokatalizatora w fazie LC, przy czym jego aktywność jest porównywalna do tej w wodzie.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [23; 26-27].

W procesach biooksydacji wykorzystuje się wiele enzymów. Szczególną rolę odgrywają tu drożdże metylotropowe, takie jak *Candida boidinii*, *Hansenula sp.*, *Pichia pastoris* i *Torulopsis methanothermo*, które katalizują enancjoselektywną oksydację wielu 2-metylo-1-alkanoli. Za przykład może posłużyć *Pichia pastoris* oksydaza alkoholowa katalizująca oksydację metanolu do formaldehydu, używając przy tym cząsteczkowego tlenu jako akceptora elektronu. Produkt uboczny oksydacji, nadtlenuk wodoru, jest przekształcany do wody i tlenu na drodze katalizy przez preparat enzymatyczny Peroxisomal [32-33].

W projektowaniu aromatów zasadnicze znaczenie dla jakości aromatu i optymalnego przebiegu procesu mają parametry procesu technologicznego. Do parametrów charakteryzujących przebieg biokatalizy należą [34]:

1) stopień konwersji – liczba przekształconych moli substratu w stosunku do początkowej liczby moli substratu,

2) wydajność syntezy produktu – masa otrzymanego produktu w stosunku do masy substratu, selektywność enzymu – liczba moli otrzymanego produktu w stosunku do liczby moli przereagowanych,

3) nadmiar enancjomeru – różnica ilości enancjomerów w stosunku do ich całkowitej zawartości,

4) liczba obrotów enzymu – liczba otrzymanych moli produktu w stosunku do liczby moli enzymu,

5) aktywność enzymu – szybkość reakcji w stosunku do masy użytego biokatalizatora,

6) szybkość inaktywacji katalizatora – zmniejszenie aktywności biokatalizatora w jednostce czasu,

7) czas półtrwania enzymu – czas, po którym aktywność katalizatora zmniejszyła się o 50%,

8) zużycie enzymu – masa enzymu lub wartość aktywności enzymatycznej zużyta na wyprodukowanie danej masy produktu,

9) czas przebywania reagentów w bioreaktorze – objętość mieszaniny reakcyjnej w bioreaktorze względem jej szybkości przepływu.

Samo wytworzenie bioaromatu nie jest zakończeniem procesu produkcyjnego. Aromat, jak każdy produkt, musi zostać zapakowany, nie chodzi tu o opakowanie produktu, lecz o nadanie mu trwałości. Sposób jego przechowywania jest kluczowym problemem zachowania właściwości bioaromatu.

## 6. Przechowywanie aromatów

Jakość aromatu i jego trwałość odgrywają zasadniczą rolę przy wyborze produktu. Niewłaściwy sposób przechowywania aromatu prowadzi do procesów oksydacyjnych, hydrolitycznych, degradacji termicznej oraz innych procesów, które są przyczyną niepożądanych zmian zachodzących w aromacie. Zatem nie tylko sposób otrzymywania, ale również przechowywania aromatu wpływa na jego wartość ryn-

kową. Dotychczas rozwinęły się dwa sposoby przechowywania aromatów: w stanie płynnym i stałym. W obrębie każdej z metod opracowano wiele technologii, które znajdują zastosowanie w przemyśle spożywczym [5; 35-37].

**Aromaty w stanie płynnym** przechowuje się w postaci olejków, ekstraktów, oleożywic, emulsji i esencji, otrzymywanych różnymi metodami (tab. 3).

Metody przechowywania aromatów w stanie płynnym są proste do przeprowadzenia, jednak mają wiele wad, wśród których należy wymienić trudności w wymieszaniu z produktem sypkim, utlenianie oraz ulatnianie się aromatu, a także zbrzylenie produktu. Tego typu zmianom zapobiega przechowywanie aromatów w stanie stałym.

**Aromaty w stanie stałym** są unieruchomione na powierzchni stałego nośnika lub w jego wnętrzu. Operacja technologiczna unieruchomiania aromatów na powierzchni nośnika polega na nanoszeniu ciekłych substancji lub ich roztworów na nośniki w postaci sypkiej, takie jak skrobia i sól, przez dokładne wymieszanie, a następnie ich adsorpcji na powierzchni nośnika. W ten sposób przechowywane aromaty spożywcze szybko parują i są bardziej podatne na reakcje utleniające i wolnorodnikowe niż aromaty zamknięte wewnątrz nośników. Trwałość i stabilność aromatu, a także kontrolowane uwalnianie w określonych warunkach zapewnia mikrokapsułkowanie. Nośnik, czyli powłoka, otoczka lub matryca aromatu, ma postać proszku. W mikrokapsułkach o wielkości od 1 do 10<sup>3</sup> μm zamyka się aromaty zarówno o ciekłym, jak i stałym stanie skupienia, jak np. olejki i zmielone przyprawy. O trwałości aromatu zamkniętego w mikrokapsułce decydują rodzaj nośnika i technologia mikrokapsułkowania. Najczęściej stosowanymi nośnikami są niektóre gumy roślinne, skrobie modyfikowane, dekstryny, cyklodekstryny, białka mleka, soi i pszenicy [36; 38-40].

**Tabela 3.** Postacie płynnych aromatów i metody ich otrzymywania

Postacie aromatów w stanie płynnym	Metody otrzymywania
Olejki	Otrzymuje się je w drodze ekstrakcji, destylacji z parą wodną oraz tłoczenia lub ścierania ze skórek owoców cytrusowych
Ekstrakty	Otrzymuje się je z naturalnych surowców przy zastosowaniu rozpuszczalników ekstrakcyjnych, które następnie są odparowywane
Oleożywice	Otrzymuje się przez połączenie ekstraktów z olejkami eterycznymi otrzymywanymi z tego samego surowca
Emulsje	Otrzymuje się przez emulgowanie w fazie wodnej olejków eterycznych, ekstraktów owocowych, innych substancji
Esencje	Otrzymuje się przez destylację lub zagęszczenie soków w wyparce i usunięcie około 25% wody

Źródło: opracowanie własne na podstawie [4; 17; 41].



Na jakość nośnika mają wpływ następujące parametry [4]:

- zdolności emulgujące,
- przepuszczalność substancji aromatycznych,
- transport tlenu do wnętrza nośnika.

Zdolności emulgujące zastosowanego nośnika decydują o porowatości powłoki, przez którą uwalniane są substancje aromatyczne i jednocześnie transportowany jest tlen do wnętrza nośnika, który powoduje procesy utleniania. Zadaniem otoczki jest również ochrona przed dostępem wilgoci, światła oraz kontaktem z innymi składnikami produktu. Kapsułkowane produkty nie zbrylają się i nie pylą.

**Tabela 4.** Metody mikrokapsułkowania aromatów

Metoda mikrokapsułkowania aromatów	Opis metody	Wielkość cząsteczki zawierającej aromat	Retencja aromatu (%)
Suszenie rozpyłowe	Rozpylanie wodnej emulsji czynnego składnika i matrycy na drobniutkie kropelki w strumieniu ogrzanego powietrza, co powoduje odparowanie wody i utworzenie kapsułek	1-1000 $\mu\text{m}$	5-60
Agregacja	Wykorzystuje się technologię suszenia rozpyłowego na nośniku zawieszin skrobiowych z dodatkiem od 0,1 do 1% środka wiążącego, z których tworzą się agregaty ziarenek skrobi, a przestrzeń między nimi wypełnia się substancją zapachową. Kapsułki pokrywa się ochronną powłoką		
Koacerwacja	Koacerwat, mieszaninę siarczianu sodowego i około 10% roztworu żelatyny emulguje się z nierozpuszczalnymi w wodzie aromatami, wówczas żelatyna otacza kropelki emulsji	5-600 $\mu\text{m}$	
Ekstruzja	Z wodnego roztworu węglowodanu, np. maltodekstryn, odparowuje się wodę przez ogrzewanie, dodaje się emulgator i aromat, a następnie homogenizuje się i wytlacza przez otwórki do zimnego roztworu izopropanolu, a produkt zastyga w postaci nitek, które są kruszone na 1-, 2-milimetrowe odcinki	1-2 mm	12-30
Inkluzja	1 sposób – aromat wprowadza się do wodno-etanolowego roztworu cyklodekstryn i wytrząsa przez 3-4 godziny, potem krystalizuje lub suszy rozpyłowo. 2 sposób – mieszaninę wody i aromatu miesza się z cyklodekstrynami przez 4 godziny i suszy w powietrzu lub poddaje liofilizacji		6-15
Zamykanie w formach liposomów	Aromaty są zamykane wewnątrz pęcherzyków lipidowych zbudowanych z jednej lub kilku warstwek tłuszczowych lub rozmieszczone są między warstwami tłuszczowymi		
Zestalenie rozpyłowe	Aromat miesza się z płynnym tworzywem ścianki lub roztworem substancji ścianki, a następnie mieszaninę rozpyla się w zimnym strumieniu powietrza, przez co uzyskuje się szybkie tworzenie ścianki	100-300 $\mu\text{m}$	

Źródło: opracowanie własne na podstawie [4; 42].



Najbardziej efektywnymi nośnikami są cyklodekstryny, które ze względu na grupy hydroksylowe jednostek glukozowych na krawędziach pierścienia nadają im właściwości hydrofilowe, natomiast wewnątrz pierścienia pozbawione jest grup hydroksylowych i jest hydrofobowe. Mikrokapsułkowanie aromatu w cyklodekstrynach zapewnia również jego trwałość nawet do kilku lat – jak w przypadku aromatu waniliny. Jednak w produktach o małej trwałości stosuje się najczęściej D-glukozę, której cena rynkowa jest o wiele niższa. W praktyce stosuje się mieszaninę nośników. Wybór odpowiedniego nośnika i metody kapsułkowania decyduje nie tylko o trwałości aromatu i jego uwalnianiu w określonych warunkach, ale również o retencji aromatu, czyli zdolności zatrzymywania aromatu w kapsułce. Metody mikrokapsułkowania aromatów przedstawiono w tab. 4 [4; 19].

Zakapsułkowane aromaty, zamknięte zazwyczaj w żelach w postaci kulek, powleka się dodatkowo warstwą ochronną z polimeru, której zadaniem jest ochrona cząsteczek przed wydostaniem się aromatu z wnętrza kapsułki, natomiast przepuszczając molekuly mniejsze niż 100 tys. Da, w zależności od składu polimeru, zmienia się porowatość kapsułki, co ma wpływ na przepuszczalność substancji aromatycznych.

Przechowywanie aromatów odgrywa zasadniczą rolę w produkcji aromatów, ponieważ dopiero odpowiednio „opakowany” aromat staje się pełnowartościowym towarem na rynku dodatków do żywności.

## 7. Zakończenie

1. Aromaty jako dodatki do żywności są składnikami środków spożywczych lub półproduktów będących ich komponentami.

2. Rola aromatów polega na zwiększaniu smakowitości produktów, przez co stają się niezbędne.

3. Ze względu na metody produkcji aromatów w regulacjach prawnych precyzyjnie zdefiniowano grupy aromatów w odniesieniu do ich pochodzenia, a także źródła ich surowców.

4. Pochodzenie aromatu ma zasadnicze znaczenie przy kalkulacji kosztów i ocenie jakościowej produktu spożywczego.

5. Ze względu na zmniejszenie zastosowania chemicznych reagentów oraz na niższą cenę bioaromatu w stosunku do aromatu wyekstrahowanego z produktów roślinnych optymalnym wyborem spośród wszystkich metod otrzymywania aromatów jest metoda biotechnologiczna.

6. Na charakter bioaromatu mają wpływ poszczególne zawiązki aromatotwórcze, które są otrzymywane na drodze biotechnologicznej.

7. Metody biotechnologiczne otrzymywania bioaromatów opierają się na biotransformacji z zastosowaniem procesu biokatalizy, fermentacji i izolacji aromatów z surowców roślinnych i zwierzęcych.

8. Formy przechowywania aromatów w stanie ciekłym i stałym mają wpływ na retencję aromatu i własności sensoryczne żywności, w której zostały użyte.

9. Mikroenkapsulowanie zapewnia długotrwałe zachowanie własności aromatów.

## Literatura

- [1] Zawirska-Wojtasiak R., *Aromaty, barwniki, konserwanty – perspektywy stosowania*, Przem. Spoż. 2005, **4**, 2.
- [2] Kociszewski M., Szwacka J., *Innowacyjność w sektorze dodatków smakowych*, Przem. Spoż. 2006, **5**, 10.
- [3] Grajek W., *Biotechnologiczne metody kształtowania jakości żywności – produkcja dodatków do żywności oraz rośliny transgeniczne*, w: *Surowce, technologia i dodatki do żywności a jakość żywności*, AR, Poznań 1999.
- [4] Świdorski F., Waszkiewicz-Robak B., *Substancje smakowo-zapachowe*, w: *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*, WNT, Warszawa 2006.
- [5] Bał K., Nagielska A., Skąpska S., *Aromaty prozkowe. Przyszłość polskiego przemysłu spożywczego*, Przem. Spoż. 1997, **7**, 21.
- [6] Zawirska-Wojtasiak R., *Znaczenie i kształtowanie zapachu produktów spożywczych*, w: *Surowce, technologia i dodatki do żywności a jakość żywności*, AR, Poznań 1999.
- [7] Góra J., *Związki zapachowe identyczne z naturalnymi w aromatach spożywczych*, Przem. Spoż. 2000, **4**, 12.
- [8] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1334/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie środków aromatyzujących i niektórych składników żywności o właściwościach aromatyzujących do użycia w oraz na środkach spożywczych oraz zmieniające rozporządzenie Rady (EWG) nr 1601/91, rozporządzenia (WE) nr 2232/96 oraz (WE) nr 110/2008 oraz dyrektywę 2000/13/WE, DzU UE 2008(a), L 354.
- [9] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności, DzU UE 2008(b), L 354.
- [10] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 września 2008 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych, DzU 2008(d) nr 177, poz. 1094.
- [11] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 4 września 2008 r. w sprawie stosowania oraz znakowania aromatów, DzU 2008(c) nr 177, poz. 1092.
- [12] Kamińska J., Góra J., *Potencjatory smaku i zapachu*, Przem. Spoż. 1987, **2**, 57.
- [13] Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K., *Dodatki funkcjonalne do żywności*, Agro&Food Technology, Katowice 1993.
- [14] Gajda J., *Przepisy Unii Europejskiej dotyczące aromatów*, Przem. Spoż. 2007, **5**, 2.
- [15] Bednarski W., Reps A., *Biotechnologia żywności*, WNT, Warszawa 2001.
- [16] Serra S., Fuganti C., Brenna E., *Biocatalytic preparation of natural flavours and fragrances*, Trends Biotechnol. 2005, **23(4)**, 193.
- [17] Brud W., *Aktywność biologiczna olejków eterycznych stosowanych w aromatach spożywczych*, Przem. Spoż. 2000, **4**, 14.
- [18] Kącikowski J., *Podstawy biochemii*, WNT, Warszawa 1982.
- [19] Sikorski Z.E., *Chemia żywności*, WNT, Warszawa 2002.
- [20] Mor J.R., *Biotechnology in the flavour industry. Production and application*, w: Proc. 3<sup>rd</sup> Wartburg Aroma Symp. 1991, M. Rothe, H.P. Kruse (eds.), Dtsch. Inst. Fuer Ernahrungsforschung, Potsdam-Reibuecke 1992.

- [21] Góra J., Lis, A., *Najcenniejsze olejki eteryczne*, UMK, Toruń 2007.
- [22] Hilton M.D., Cain W.J., *Bioconversion of cinnamic acid to acetophenone by a pseudomonad: microbial production of natural flavor compound*, Appl. Environ. Microbiol. 1990, **56(3)**, 623.
- [23] Leuenberger H.G.W., *Biotransformation – a useful tool In organic chemistry*, Pure& Appl. Chem. 1990, **62(4)**, 753.
- [24] Bramorski A., Soccol C.R., Christem P., Revah S., *Fruity aroma production by Ceratocystis fimbriata in solid cultures from agro-industrial wastes*, Rev. Microbiol., Sao Paulo 1998, **29(3)**.
- [25] Husson F., Krumov K.N., Cases E., Cayot P., Kermasha S., Belin J.-M., *Effect of culture medium composition on the biogenesis of the natural flavor 1-octen-3-ol by P.camamberti*, Chem. Listy 2003, **97**, 363.
- [26] Miethe P., Gruber R., Voss H., *Enzymes in lyotropic liquid crystal – a new method of bioconversion in non-aqueous media*, Biotechnol. Lett. 1989, **11(7)**, 449.
- [27] Larroche C., Besson I., Gros J.B., *Behavior of spores of Penicillium roquefortii during fed batch bioconversion of octanoic acid into 2-heptanone*, Biotechnol. Bioeng. 1994, **44(6)**, 699.
- [28] Antczak T., *Lipazy grzybowe Mucor circinelloides i Mucor racemosus: otrzymywanie i katalityczne właściwości*, ZN Politechniki Łódzkiej 2001, 884.
- [29] Oliveira A.C., Cabral J.M.S., *Production and extractive biocatalysis of ethanol using microencapsulated yeast cells and lipase system*, J. of Chem. Technol. & Biotechnol. 1991, **52(2)**, 219.
- [30] Matsumoto T., Takahashi S., Kaieda M., Ueda M., Tanaka A., Fukuda H., Kondo A., *Yeast whole-cell biocatalyst constructed by intracellular overproduction of Rhizopus oryzae lipase is applicable to biodiesel fuel production*, Appl. Microbiol. and Biotechnol. 2001, **57**, 515.
- [31] Illanes A., *Enzyme Biocatalysis: Principles and Application*, Springer-Verlag, de Valpara'iso (Chile) 2008.
- [32] Clark D.S., Geresh S., DiCosimo R., *Enantioselective Oxidation of 2-Methyl-1-Alkanols by Alcohol Oxidase from Methylotrophic Yeasts*, Bioorganic&Medicinal Chem. Lett. 1995, **5(13)**, 1383.
- [33] Karra-Chaabouni M., Pulvin S., Meziani A., Thomas D., Touraud D., Kunz W., *Biooxidation of n-Hexanol by alcohol oxidase and catalase in biphasic and micellar systems without solvent*, Biotechnol. Bioeng. 2003, **5;81(1)**, 27.
- [34] Bednarski W., Fiedurek J., *Podstawy biotechnologii przemysłowej*, WNT, Warszawa 2007.
- [35] Jeleń H., *Związki zapachowe żywności. Wyzwanie dla analityka*, Przem. Spoż. 2004, **5**, 18.
- [36] Czerniewicz M., (1991), *Kapsułkowanie aromatów*, Przem. Ferm. i Owoc.-Warzyw. 1991, **5**, 24.
- [37] Fiedurek J., *Podstawy wybranych procesów biotechnologicznych*, UMCS, Lublin 2004.
- [38] Jankowski T., *Mikrokapsułkowanie*, Przem. Spoż. 1995, **2**, 60.
- [39] O'Carroll P., *Kapsułkowanie*, Przem. Spoż. 1996, **12**, 28.
- [40] Reineccius G.A., Anandaraman S., Bangs W.E., *Spray drying of food flavors. I theory of flavor retention*, Perfumer&Favorist 1982, **7**, 1.
- [41] Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K., *Substancje dodatkowe i składniki funkcjonalne żywności*, Agro&Food Technology, Czeladź 1997.
- [42] Druri M., Pawlik A., *Techniki mikrokapsułkowania aromatów spożywczych*, Przem. Spoż. 2001, **3**, 26.

## REVIEW OF THE AROMAS' PRODUCTION METHODS APPLIED IN FOOD AROMATIZATION

**Summary:** Aromas are the components of food because of increasing products' flavour. In view of methods of aromas' production there are precise international regulations, which divide aromas in several groups. The criteria of the division is raw material derivation and

production method. Aroma derivation has essential importance in cost calculation and quality evaluation of food products containing aromas. Because of minimizing of chemical reagents and lower price of bioaromas in comparison with extracted aromas from plants the optimal choice is biotechnological method of production.

The aromas' character is influenced by aroma productive compounds, which are obtained by physicochemical, chemical or biotechnological methods. Biotechnological methods of bioaromas' production base on biotransformation with applied biocatalysis process, fermentation and isolation of aromas from plant and animal materials. Storage methods of aromas in liquid and solid form influence aroma retention and sensory characteristics of food.