

**Włodzimierz Bednarski,  
Jadwiga Kowalewska-Piontas**

Instytut Biotechnologii Żywności  
Akademia Rolniczo-Techniczna  
Olsztyn

## **Wybrane zagadnienia z biotechnologii składników aromatotwórczych**

Ostatnio poznano skład chemiczny oraz opanowano biosyntezę wielu składników odpowiedzialnych za smak i zapach żywności. Oficjalnie uznano, że składniki aromatotwórcze otrzymane przy współdziałaniu mikroorganizmów lub preparatów enzymatycznych są bezpieczne w żywieniu ludzi (3,12).

Postęp w biotechnologii, a szczególnie zastosowanie technik inżynierii genetycznej, doskonalenie metod pozyskiwania, oczyszczania i unieruchamiania preparatów enzymatycznych sprzyjają intensyfikacji produkcji naturalnych składników aromatotwórczych.

Współczesna biotechnologia umożliwia sterowanie biosyntezą składników aromatotwórczych żywności. Można na przykład enzymatycznie rekonstruować smak i zapach żywności utraconej termicznie. Stosuje się w tym celu preparaty enzymatyczne ułatwiające syntezę składników smakowo-zapachowych strąconych podczas pasteryzacji lub sterylizacji (12).

W prezentowanej problematyce nie można pominąć analizy niekorzystnych efektów zakażeń mikrobiologicznych lub chemicznych żywności oraz sterowanie składem mikroflory tzw. właściwej, pożądanej i współodpowiedzialnej za syntezę składników aromatotwórczych. Rozpoznawanie tych niepożądanych zjawisk biologicznych, łagodzenie ich skutków jest możliwe między innymi z udziałem preparatów enzymatycznych, odpowiedzialnych za syntezę składników aromatotwórczych w żywności (10,12).

Poznanie składu chemicznego komponentów smako- i zapachotwórczych w serach oraz opanowanie ich biosyntezy łącznie z metodami ilościowego oznaczania umożliwiło rozpoczęcie przemysłowej produkcji tych składników oraz ich zastosowanie w technologii zamienników serów (3,10).

W artykule przedstawione będą informacje potwierdzające postęp w biotechnologii składników aromatotwórczych oraz dane o możliwościach ich biosyntezy i stosowania w produkcji żywności.

### **1. Składniki aromatotwórcze pochodne estrów**

Estry są ważnymi i powszechnie występującymi składnikami aromatotwórczymi i często są one syntetyzowane przez drobnoustroje. Stwierdzono na przykład, że owocowy posmak, niekiedy pojawiający się w serach cheddar jest spowodowany obecnością estrów, głównie maślanu etylu lub kaprylanu etylu (12). Podobne estry można zidentyfikować w piwie, gdzie powstają jako produkty reakcji alkoholi fuzlopo pochodnych i krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych takich jak: octowy lub masłowy. W estryfikacji udział bierze acetylotransferaza drożdży stosowanych w fermentacji piwa (22).

Znanych jest wiele estrów wytwarzanych przy współdziałaniu enzymów drożdży odpowiedzialnych za fermentację wina. Spośród estrów aromatotwórczych najpowszechniej znanym jest octan etylu. Z badań Lanzy i wsp. (15) wynika, że *Ceratocystic moniliformis* wykazują duże predyspozycje do biosyntezy aromatotwórczych estrów z tym, że ich koncentracja w pożywce zależy od źródła węgla. Wyniki badań Daviesa i wsp. (12) potwierdziły predyspozycje *Hansenula anomala* do syntezy octanu etylu z glukozy lub etanolu. Wadą tej metody jest długotrwałość pro-

cesu, sięgająca kilku tygodni. Lepsze efekty w tym zakresie uzyskał Armstrong i wsp. (2), którzy stosowali *Candida utilis*. Drożdże hodowane na pożywce z etanolem – 10 g/dm<sup>3</sup> w buforze fosforanowym w pH 7,0, syntetyzowały około 4,5 g octanu etylu w 1 dm<sup>3</sup> już po 5 godzinach.

Obecnie znanych jest wiele enzymów zdolnych do syntezy estrów z alkoholi i kwasów w różnych warunkach. Na przykład Iwai i wsp. (12) oraz Akamura i wsp. (1) wykazali, że lipazy z *Aspergillus niger* syntetyzują estry kwasów: propionowego, masłowego i kaprynowego, alkoholi takich jak: geraniol i cytronellol. Najlepsze efekty otrzymano wówczas, gdy proces syntezy estrów prowadzono w 30°C przez 18 godzin w mieszaninie geraniolu i kwasu masłowego w proporcji 2:1 (przeliczając na ciężar cząsteczkowy).

Enzymatyczną estryfikację zastosowano w wielu dziedzinach technologii żywności, np. w estryfikacji tłuszczów z udziałem rozpuszczalnych lub immobilizowanych lipaz (1,10). Yokozecki i wsp. (21) oraz Stevenson i wsp. (20) udowodnili, że można zmienić kompozycję naturalnie występujących trójglicerydów i otrzymać tłuszcz o zmienionej temperaturze topnienia. Stosując enzymatyczną, wewnętrzną estryfikację oleju palmowego otrzymać można tłuszcz o właściwościach podobnych do masła kakaowego (12). Korzystne efekty wewnętrznej transestryfikacji tłuszczów uzyskuje się stosując esterazy z *Mucor miehei* (12). Wydajność procesu zależy od obecności wody w środowisku. Zastąpienie wody rozpuszczalnikami organicznymi decyduje jednak o zmniejszeniu aktywności enzymów (12).

Zaskakująco dobre efekty estryfikacji uzyskano stosując estryfikujące lipazy z *Mucor miehei* w układzie modelowym zawierającym jako substraty kwas olejowy i etanol (12). Okazało się, że siedmiokrotne zwiększenie stężenia etanolu w mieszaninie reagujących składników tylko w niewielkim stopniu wpłynęło na aktywność lipaz oraz pozwoliło uzyskać wydajność syntezy estrów w granicach 75% wydajności teoretycznej. Esterazy z *Mucor miehei* okazały się bardzo stabilne i można je stosować w 12 cyklach przez 36 dni bez istotnych zmian aktywności i utrzymaniu wydajności estryfikacji w granicach 85%. Do interesujących właściwości enzymów z *Mucor miehei* zalicza się ich zdolności do estryfikacji niezależnie od temperatury. Okazało się, że tempo i stopień estryfikacji kwasu olejowego i etanolu w temperaturze –22°C było tylko nieznacznie niższe niż w temperaturze +20°C (24).

Podobnie jak i inne enzymy esterazy z *Mucor miehei* wykazują bardzo dużą specyficzność substratową. Stopień estryfikacji zależy między innymi od długości łańcucha kwasów tłuszczowych (12). Okazało się, że kwasy propionowy i octowy są gorszymi substratami w procesie estryfikacji niż kwasy masłowy czy walerianowy (12).

Innym, zaskakującym przykładem są wyniki badań Stevensona i wsp. (20). Okazało się, że lipaza „wieprzowa” wykazuje zdolności estryfikacji po uprzednim ogrzewaniu w 100°C przez wiele godzin. Termostabilność enzymów estryfikujących można uznać jako zaletę, szczególnie w ocenie ich przydatności do immobilizacji i stosowania w ciągłej biosyntezie komponentów aromatotwórczych.

Przykładem potwierdzającym postęp w przedstawionej dziedzinie są również wyniki badań Kanisawy, w których syntetyzowano aromatotwórcze estry etanolu i kwasów tłuszczowych – tłuszczu mlekowego z udziałem lipaz *Candida cylindracea* (12). W składzie otrzymanych estrów przeważały pochodne z kwasem masłowym lub kaprynowym.

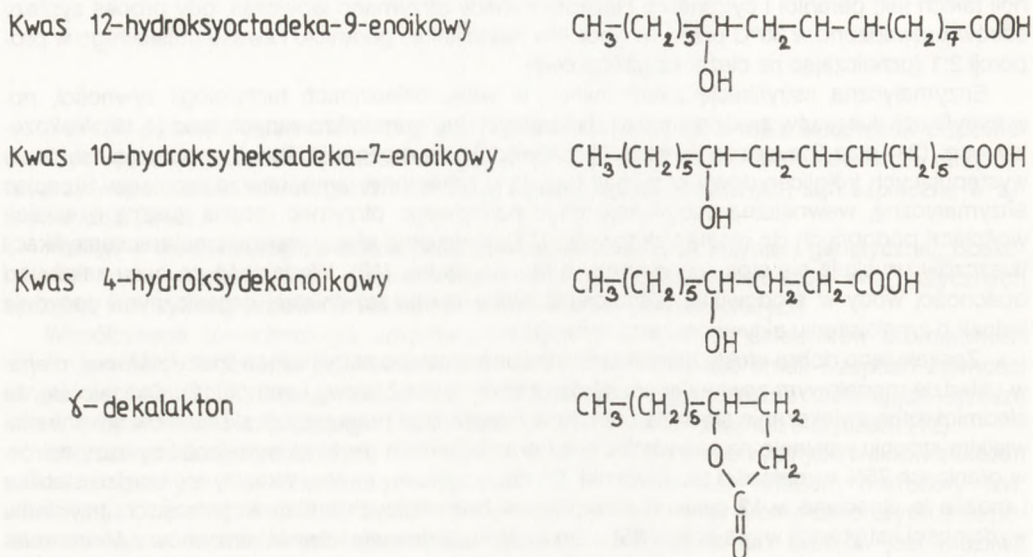
## 2. Laktony

Są to cykliczne estry charakteryzujące się przyjemnym smakiem i zapachem. Ich obecność stwierdzono w owocach, warzywach, orzechach, w mleku i mięsie. Na przykład delta-dekalakton i delta-oktalakton współtworzą charakterystyczny zapach kakao (12). Już dwadzieścia lat temu wykazano, że laktony mogą być syntetyzowane przez niektóre mikroorganizmy (12).

Okui i wsp. (16) wykazali, że drożdże z rodzaju *Candida* posiadają właściwości transformacji kwasu olejowego do  $\alpha$ -dekalaktonu, który jest odpowiedzialny za specyficzny aromat gru-

szek. W innych badaniach stwierdzono, że wybrane szczepy drożdży hydrolizują olej rycynowy, uwalniając kwas 12-hydroksy-oktadeka-9-enoikowy, który podlega oksydacji do kwasu 4-hydroksydekanoikowego (12).

Farbood i wsp. (11) opatentowali metodę hodowli drożdży, podczas której obecny w pożywce kwas 4-hydroksydekanoikowy podlega przemianom do aromatotwórczego dekalaktonu (rys. 1).



Rys. 1. Biologiczna degradacja kwasu rycynowego z udziałem *Candida lipolytica*.

Obecność laktonów stwierdzono również we frakcji lotnych składników zapachowych powstających po hodowli *Sporobolomyces odorus* na pożywkach standardowych (12). Zapach pożywki po hodowli *S. odorus* jest typowy dla gruszek, jednak zawartość α-dekalaktonu nie przekracza 0,5 mg/dm<sup>3</sup>.

Wiadomo obecnie, że podobne składniki aromatotwórcze syntetyzuje *Trichoderma viride* podczas rozwoju na pożywce z dekstrozą (5). Olejki lotne z parą wodną otrzymane po destylacji pożywki zawierały ponad 90% 6-pentylo-α-pironu, składnika współodpowiedzialnego za smak i zapach gruszek.

Yong i wsp. (23) wykazali, że źródło azotu w pożywce wpływa na efekty biosyntezy laktonów. Potwierdzono to podczas rozwoju *Polyporus durus* na pożywkach syntetycznych, które syntetyzują substancje o intensywnym zapachu przypominającym kakaowce (8). Analiza chemiczna wykazała, że smak ten współtworzą α-laktony. Wśród nich głównym komponentem jest α-oktalakton. Niewielka jego koncentracja w pożywce – 7 mg/dm<sup>3</sup> i jednoczesny intensywny jej zapach potwierdzają, że decyduje o nim najczęściej pojedynczy składnik, syntetyzowany przez wybrane mikroorganizmy.

### 3. Związki pochodne pirazyny

Są to związki heterocykliczne, zawierające azot. Charakteryzują się intensywnym zapachem, często występującym w żywności (12). Najczęściej ich obecność stwierdza się w kompozycji zapachu produktów prażonych. Występowanie alkilomethoksypirazyny stwierdzono w pieprzu, ziemniakach i w zielonym groszku. W ocenie składu komponentów aromatotwórczych pieprzu

stwierdzono, że jego typowy zapach jest wywoływany obecnością 2-methoksy-3-izobutylopirazyny. Z badań Demiana (6) wynika, że mutanty *Corynebacterium glutamicum* są zdolne do konwersji niektórych aminokwasów, np. leucyny, izoleucyny i waliny do czterometylu-pirazyny.

Z kolei Scattered (12) informuje, że niektóre mikroorganizmy występujące w żywności zdolne są do syntezy pochodnych pirazyny, powodujących powstawanie obcych posmaków produktów spożywczych. Na przykład obecność 2-methoksy-3-izopropylpirazyny (komponentu aromatotwórczego zapleśniałych ziemniaków) stwierdzono w jajach i w mleku. Ten sam komponent może być syntetyzowany przez szczepy z rodzaju *Pseudomonas*, co potwierdzono w analizie serów zakażonych tymi bakteriami.

Dumont i Adda (9) stwierdzili, że grzyby odgrywają znaczącą rolę w syntezie kwasu aspergillowego (2-hydrokso-3-izobutylo-6-secbutylopirazyny) oraz flavakolu (2-hydrokso-3,6-dwuzobutylopirazyny).

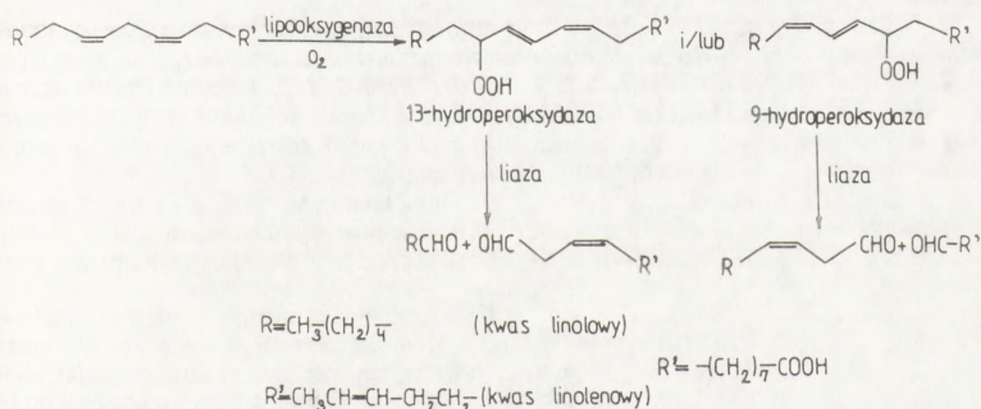
Przedstawione przykłady potwierdzają zdolności mikroorganizmów do biosyntezy pochodnych pirazyny. W zależności od produktu mogą one być uznane jako korzystne lub szkodliwe.

#### 4. Wybrane komponenty smakowo-zapachowe roślin

Nienasycone kwasy tłuszczowe są prekursorami lotnych składników odpowiedzialnych za charakterystyczny zapach (nie zawsze pożądaný) wydzielany ze zniszczonych tkanek roślinnych. Są one często nazywane aldehydami lub alkoholami „liściowymi”.

W czasie rozwoju roślin substancje te powstają przede wszystkim pod wpływem światła przy katalicznym efekcie niektórych metali.

Najnowsze wyniki badań sugerują jednak, że składniki te mogą być również syntetyzowane enzymatycznie w zniszczonych tkankach roślinnych. Stwierdzono, że główny cykl przemian enzymatycznych prowadzi poprzez degradację kwasów tłuszczowych z udziałem lipooksygenazy i hydroperoksydazy aż do powstania lotnych związków karbonylowych (20). Utlenianie kwasów tłuszczowych z udziałem wymienionych enzymów przedstawiono schematycznie na rys. 2.



Rys. 2. Enzymatyczne tworzenie aldehydów z nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Lipooksygenazy w zależności od rodzaju surowca roślinnego znacząco różnią się właściwościami, a ich odmienność dotyczy specyficzności substratowej i w konsekwencji powstawania różnych produktów reakcji enzymatycznych. Na przykład w soi stwierdzono obecność 13-hydroperoksydazy, a w pomidorach 9-hydroperoksydazy. Produktami lotnymi aromatotwórczymi, powstającymi w reakcji 9-hydroperoksydazy z kwasami: linolowym lub linołowym są odpowiednio: 3-cisnonenal i 2-trans-6-cisnonadienal. Obydwa współtworzą aro-

mat ogórków (12). Reakcje z 13-hydroperoksydazą prowadzą do powstawania heksanolu lub 3-cisheksanolu, który jest często składnikiem aromatotwórczym jabłek i pomidorów (19).

Nie udało się przeprowadzić w pełnym cyklu przemian procesów enzymatycznych, odpowiedzialnych za powstawanie składników aromatycznych charakterystycznych dla owoców lub warzyw. Trudności dotyczą przede wszystkim odtworzenia warunków reakcji enzymów wewnątrzkomórkowych (7).

Guadani i wsp. (12) wykazali, że biosynteza składników aromatycznych jabłek jest intensywniejsza w skórce niż w miąższu. Swoje obserwacje potwierdzili doświadczalnie, przechowując skórki jabłczane 1–2 dni w zamkniętych naczyniach, bez dostępu powietrza.

## 5. Pochodne związków karbonylowych

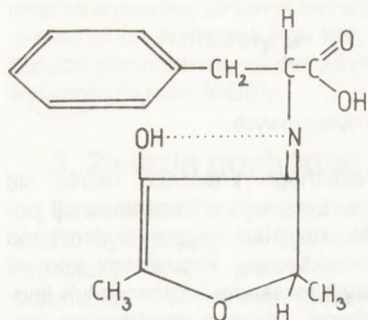
Związki karbonylowe należą do podstawowych składników aromatotwórczych w fermentowanych produktach mleczarskich. Wśród nich najlepiej poznanym jest dwuacetyl, współtworzący zapach tzw. mleczny śmietany, maślaniki, itp. W celu intensyfikacji walorów smakowych produktów mleczarskich lub ich pochodnych opanowano biosyntezę dwuacetylu z kwasu cytrynowego (3).

W napojach fermentowanych, współodpowiedzialnym za charakterystyczny smak i zapach jest aldehyd octowy. Uznając jego duże znaczenie opracowano i opatentowano sposób enzymatycznej konwersji etanolu do aldehydu octowego z udziałem dehydrogenazy alkoholowej (3).

Wieloletnie badania Hammonda i wsp. (4,13,14,17,18) doprowadziły do znaczącego postępu w identyfikacji składników smakotwórczych serów. Stwierdzono, że specyficzny smak i zapach większości serów współtworzą między innymi  $\alpha$ -dwukarbonyle, takie jak: glioksal, metyloglioksal i dwuacetyl. Reagują one z niektórymi aminokwasami, np. alaniną i tworzą kompleksy związków smako-zapachowych (13,14,17). Związki karbonylowe są syntetyzowane przez bakterie fermentacji mlekowej. W zależności od rodzaju i szczepu bakterie te wykazują różne predyspozycje do biosyntezy glioksalu, metyloglioksalu czy dwuacetylu. Wydajność biosyntezy tych związków zależy również od rodzaju podłoża.

Identyfikację większości składników aromatotwórczych obecnych w pożywce po hodowli *Lactobacillus helveticus* (14) przeprowadzono metodą spektrometrii masowej. Z pożywki tej wyizolowano i scharakteryzowano skład frakcji o zapachu i smaku „przypalony”. Przypuszczalnie zapach „przypalony” pochodzi od mieszaniny kilku aminokwasów i związków karbonylowych. Składniki poddano reakcji z 2,4-dwunitrofenylohydrazyną i otrzymano liczne hydrazony, a wśród nich 2,5-dwumetylo-4-hydrokso-3(2H) furan (rys. 3).

Nie ma jeszcze pewności czy związek ten oraz inne karbonyle, obecne we frakcji zapachu „przypalonego” w pożywce po hodowli *Lbc. helveticus*, powstają jako wynik reakcji z aminokwasami czy też karbonyle są syntetyzowane wcześniej, a następnie powstaje kompleks z aminokwasami.



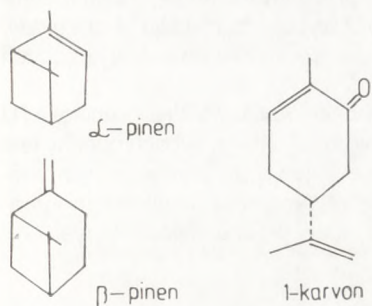
W doborze szczepów bakterii fermentacji mlekowej predysponowanych do biosyntezy dwukarbonyli można zastosować metodę ich ilościowego oznaczania (4). Metoda polega na ekstrakcji  $\alpha$ -dwukarbonyli z pożywki po hodowli bakterii lub z gotowych produktów mleczarskich: serów, jogurtu itp., a następnie na ich reakcji o-fenylodwuaminą. Otrzymane pochodne guinoksaliny wydziela się chloroformem i oznacza ilościowo metodą wysokociśnieniowej chromatografii cieczowej.

Rys. 3. Kompleks aminokwasu z 2,5 dwumetylo-4-hydrokso-3(2H)-furanem odpowiedzialny za zapach „przypalony” wyizolowany z pożywki po hodowli *L. helveticus*.

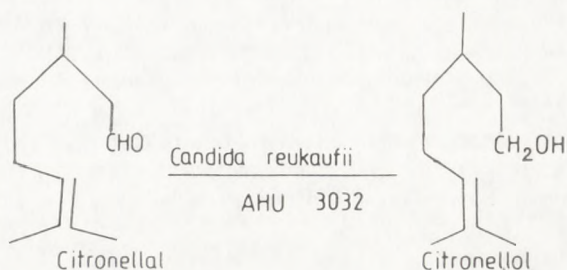
## 6. Biotransformacja terpenów

Mikrobiologiczna transformacja składników terpenoidowych jest bardzo przydatna w produkcji wielu ważnych komponentów smakowo-zapachowych żywności.

Jednym z przykładów jest otrzymywanie 1-karvonu metodą mikrobiologicznej transformacji  $\alpha$  lub  $\beta$ -pinenu z zastosowaniem bakterii z rodzaju *Pseudomonas* (rys. 4).



Rys. 4. Otrzymywanie aromatu mięty zielonej przez transformację  $\alpha$ -pirenu lub  $\beta$ -pirenu do 1-karvonu z udziałem szczepu *Pseudomonas*.

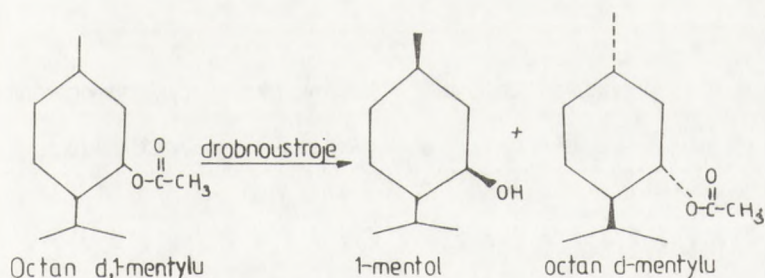


Rys. 5. Schemat selektywnej mikrobiologicznej redukcji citronellalu do citronellołu.

Karvon może być również otrzymywany z limonenu, z wykorzystaniem mikroorganizmów z rodzaju *Corynebacterium* (12).

Produkty pochodne terpenów są również otrzymywane chemicznie. Wyższość mikrobiologicznej transformacji polega na tym, że produkty po enzymatycznej modyfikacji terpenów charakteryzują się lepszymi właściwościami optycznymi i korzystniejszym, bardziej intensywnym zapachem. Przykładem może być mikrobiologiczna redukcja citronellalu do citronellołu z udziałem wyselekcjonowanych szczepów *Candida reukaufii* (rys. 5).

Jednym z ważniejszych alkoholi terpenowych jest mentol. W postaci naturalnej otrzymuje się go z roślin rodzaju *Menta*. W skali przemysłowej produkuje się 1-mentol po estryfikacji pochodnych kwasu benzoesowego. Do tego celu zastosowano wiele esteraz pochodzenia mikrobiologicznego. Substratem jest d,1-octan mentylu. Źródłem esteraz są grzyby, np. *Penicillium*, *Rhizopus*, *Trichoderma* lub bakterie z rodzaju *Bacillus* (rys. 6).



Rys.6. Hydroliza octanu d,1-mentylu z udziałem esteraz mikrobiologicznych.

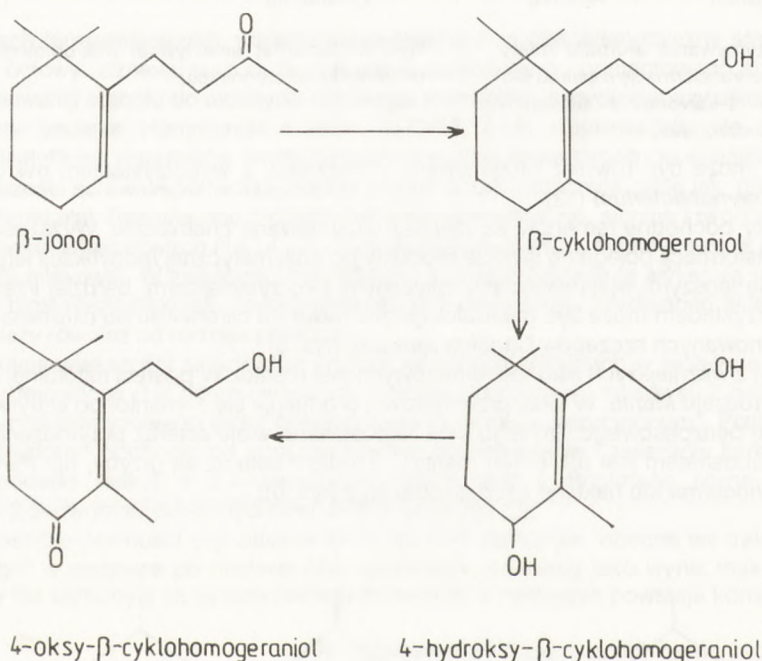
Innym przykładem jest enzymatyczna estryfikacja 1-mentolu z niektórymi kwasami tłuszczowymi, z udziałem lipaz, np. *Candida lipolitica*. (12).

## 7. Jonony i związki pochodne

Wiele ważnych składników aromatotwórczych powstaje po enzymatycznej hydrolizie karotenoidów. Są to najczęściej  $\beta$ -jonony lub  $\beta$ -damaskony.

Mikami i wsp. (12) wykazali, że *Aspergillus niger* JTS 191 posiada zdolności do konwersji  $\beta$ -jononów z powstaniem mieszaniny co najmniej 13 składników, a wśród nich: 2-hydroksy- $\beta$ -jononu i 4-hydroksy- $\beta$ -jononu. Eksperymentalnie potwierdzono przydatność do tego celu mentonu i tiaspiranu, które stosowane jako substraty w hodowli grzybów z rodzaju *Aspergillus*, *Rhizopus* lub *Penicillium* podlegają biologicznej transformacji do produktów charakteryzujących się korzystnymi właściwościami sensorycznymi (12).

Szczegółowe badania nad biokonwersją  $\beta$ -jononu przez *Lasiodiplodia theobroniae* ATU 28570 przeprowadzili Krasnobajew i Helminger (12). Autorzy ci stwierdzili, że w grzybach obecny jest różnorodny system enzymów odpowiedzialnych za konwersję  $\beta$ -jononów z powstaniem mieszaniny różnorodnych aromatotwórczych metabolitów. Schemat tworzenia  $\beta$ -cyklohomogeraniolu, 4-hydroksy- $\beta$ -cyklogeraniolu i 4-oksy- $\beta$ -cyklohomogeraniolu przedstawiono na rys. 7.



Rys.7. Schemat biokonwersji  $\beta$ -jononu przez *Lasiodiplodia theobromae* ATCC 28570.

## 8. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wybrane przykłady potwierdzające postęp w dziedzinie biotechnologii składników aromatotwórczych. Pominięto w nim np. metody wzbogacania smaku i zapachu żywności z udziałem pochodnych nukleotydów, powstających w enzymatycznej hydrolizie RNA lub bardzo dobrze znany sposób wspomaganie smaku i zapachu niektórych produktów dodatkiem soli kwasu glutaminowego syntetyzowanego przez *Corynebacterium glutamicum*.

W opracowaniu nie uwzględniono także roli kwasów tłuszczowych i metyloketonów w tworzeniu tzw. bukietu smakowo-zapachowego serów, głównie pleśniowych. Zagadnienie to jest przedmiotem wcześniejszej publikacji (3).

Większość zaprezentowanych technologii w opracowaniu wymagała doboru odpowiednich szczepów mikroorganizmów, zbadania specyfiki i efektywności enzymatycznej konwersji prekursorów poszukiwanych komponentów smako- i zapachotwórczych. Uzyskanie zadowalających efektów wymaga zrozumienia znaczącej roli procesów biologicznych w produkcji i uszlachetnianiu żywności, a przede wszystkim zainteresowania producentów poprawą jej jakości i atrakcyjności.

## Literatura

1. Akamura S., Iwai M., Tsujisaka Y., (1979), *Biochem. Biophys. Acta*, 575, 156.
2. Armstrong D. W., Martin S. M., Yamayaki H., (1984), *Biotech. Bioeng.*, 26, 1038.
3. Bednarski W., (1990), *Przegląd Mleczarski*, (w druku).
4. Bednarski W., Jędrychowski L., Hammond E. G., Nokolov Z. L., (1989), *J. Dairy Sci.*, 72, 2474-2476.
5. Collins R. P., Halim A. F., (1972), *J. Agric. Food Chem.*, 20, 437-439.
6. Demian A. L., Jackson M., Tanner N. R., (1967), *J. Bact.*, 94, 323-325.
7. Drawert F., Tressal R., Heimann W., Emberger R., Speck M., (1973), *Chem. Microbiol. Technol. Lebensm.*, 2., 10-11.
8. Drawert F., Berger R. G., Neuhauser K., (1983), *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.*, 8, 91-92.
9. Dumont J. P., Adda J., (1978), *J. Agric. Food Chem.*, 26, 364-366.
10. Dzieżak J. D., (1986), *Food Technol.*, 40, 4, 114-116.
11. Farbood H., Wills B., *Europ. patent PCT. 1072.*
12. Gatfield I. L., (1988), *Food Technology*, 10, 110-122.
13. Hammond E. G., (1989), *The flavors of dairy products in flavor chemistry of lipid foods*. D. B. Min., T. H. Smouse ed. *Am. Oil Chem. Soc. Champaign Ill.*
14. Kowalewska J., Żelazowska H., Babuchowski A., Hammond E. G., Glatz B. A., Ross F., (1985), *J. Dairy Sci.*, 68, 2165-2171.
15. Lanza E., Ko K. W., Palmer J. K., (1976), *J. Agric. Food Chem.*, 24, 1247-1249.
16. Okui S., Uchiyama M., Mizigaki M., (1963), *J. Biochem.*, 54, 536-538.
17. Poulsen P. V., Kowalewska J., Hammond F. G., Glatz B. A., (1980), *J. Dairy Sci.*, 63, 912-918.
18. Reys A., Hammond E. G., Glatz B. A., (1987), *J. Dairy Sci.*, 70, 559-561.
19. Ruttloff H., (1982), *Nahrung.*, 26, 575-576.
20. Stevenson R. W., Luddy F. E., Rothbart M. L., (1979), *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 56, 676-678.
21. Yokozeaki K., Yamanaka S., Takinami K., Hirose Y., Fukui S., (1982), *Eur. J. Appl. Microb. Biotechn.*, 14, 1-3.
22. Yoshioka K., Hashimoto N., (1981), *Agr. Biol. Chem.*, 45, 2183-2185.
23. Yong F. M., Wong H. A., Lim G., (1985), *Appl. Microb. Biotech.*, 22, 146.
24. Zaks A., Klibanow A. M., (1984), *Science*, 224, 1249-1251.

## Some aspects of flavour compounds biotechnology

### Summary

The examples of advances in flavour compounds biotechnology, particularly the biosynthesis conditions and biochemistry of the derivatives of esters, lactones, pyrazines, carbonyles, terpenes and ionones, and their influence on the food products quality has been presented.

Additionally, the role of microorganisms and enzymes in the flavour compounds formation has been described.

### *Adres dla korespondencji:*

Włodzimierz Bednarski, Instytut Biotechnologii Żywności, Akademia Rolniczo-Techniczna, 10-957 Olsztyn-Kortowo.