

MARIA KULAWSKA, WIESŁAW ORGANEK

BADANIA NAD ZASTOSOWANIEM ENZYMÓW JAKO KATALIZATORÓW W SYNTEZIE ESTRÓW OKTYLOWYCH KWASÓW TŁUSZCZOWYCH O ŚREDNIEJ DŁUGOŚCI ŁAŃCUCHA WĘGLOWEGO

Instytut Inżynierii Chemicznej PAN Gliwice, ul. Bałtycka 5, 44-100 Gliwice

Przeprowadzono syntezę estrów oktylowych różnych kwasów tłuszczowych w obecności dostępnego w handlu katalizatora enzymatycznego lipase acrylic resin. Pomiary wykonano w zakresie zmian temperatury reakcji 313 K - 333 K, przy wartościach początkowego stosunku molowego substratów (alkoholu do kwasu), b, 1/1, 2,5/1, 3/1, 5/1. Istotną zaletą jest stosunkowo niska temperatura reakcji, 323 K. Użytkowano wysoki stopień konwersji kwasu, przy jedynie niewielkiej ilości produktów ubocznych.

Słowa kluczowe: alkohole oktylowe, estryfikacja, katalizator enzymatyczny, średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe

Octyl esters of medium-chain fatty acids were synthesized in the presence of commercially available enzyme lipase acrylic resin as catalyst in the range of temperatures 313 K - 333 K, at initial mole substrate ratio (alcohol to acid), b, 1/1, 2.5/1, 3/1, 5/1. The important advantage is relatively low reaction temperature of 323 K. High conversion of acid has been obtained and only small amounts of side products.

Keywords: enzymatic catalyst, esterification, medium-chain fatty acids, octyl alcohols

1. WPROWADZENIE

W znakomitej większości procesów chemicznych o znaczeniu przemysłowym konieczna jest efektywna kataliza, a więc zwiększenie szybkości reakcji lub wręcz umożliwienie jej przebiegu w pożądanym kierunku oraz minimalizacja reakcji niepożądanych i ilości produktów ubocznych. Jednak w dzisiejszych czasach wymagania co do katalizatorów są znacznie wyższe niż w ubiegłym wieku; poszukuje się takich katalizatorów, które są przyjazne ludziom i środowisku naturalnemu. Takie wymagania nakłada zwłaszcza synteza produktów dla przemysłu spożywczego, kosmetycznego oraz perfumeryjnego. Wprowadzono więc w dość szerokim zakresie katalizatory heterogeniczne, a od kilkunastu lat w licznych ośrodkach badawczych pracuje się nad

zastosowaniem enzymów Katalizatory te są zwykle droższe od klasycznych katalizatorów chemicznych, najczęściej mocnych kwasów, jednak reakcje w ich obecności przebiegają w znacznie niższych temperaturach

W procesach estryfikacji kwasów tłuszczowych szczególnie przydatne okazały się lipazy z podklasy esteraz [1, 2], które są znane jako hydrolazy, rozcinające wiązanie estrowe. Wang i in. [3] sprawdzali komercyjnie dostępne lipazy pod kątem zastosowania w procesach estryfikacji. Znaleźli lipazy uzyskane z *Candida antarctica*, *Candida rugosa*, *Pseudomonas cepacia* oraz amano lipase PS uzyskaną z *Burkholderia cepacia*. Unieruchomienie na ziemi okrzemkowej (diatomaceous earth) proponowali jako najbardziej korzystne. Ziemia okrzemkowa (diatomit) jest naturalną substancją pochodzenia organicznego, składającą się ze skorupki jednokomórkowych mikroskopijnych organizmów żyjących miliony lat temu. Substancja ta – fitoplankton – daje wyjątkowe korzyści zdrowotne ludziom, roślinom i zwierzętom, jako bezpieczny, naturalny i nietoksyczny środek. Stosując w reakcji stałą wartość początkowego stosunku substratów 1:1, autorzy uzyskiwali najwyższą konwersję w $T=328\text{ K}$ po 12 h. Yadav i Borkar [4] stosując handlowy nowożytny 435 w reakcji estryfikacji kwasu lewulinowego stwierdzili bardzo niską jego aktywność. Dla poprawy aktywności tego katalizatora autorzy stosowali dodatkowe substancje organiczne. Najlepsze wyniki – konwersję kwasu lewulinowego około 0,30 – uzyskali poprzez wstępne moczenie enzymu w mieszaninie reakcyjnej ze znacznym objętościowo dodatkiem eteru tertbutylo-etylowego w temperaturze 300 K, a następnie podgrzanie roztworu do właściwej temperatury reakcji 323 K. Jednak badania prowadzone przez Leszczaka i Tran-Minh [5] wykazały silną zależność efektów tego typu aktywacji enzymu zastosowanego w charakterze katalizatora od właściwości fizykochemicznych konkretnych substratów i użytych rozpuszczalników. Wobec słabej możliwości przeniesienia wyników eksperymentów innych badaczy, wielu autorów opracowało także własne metody preparowania katalizatora enzymatycznego, w zależności od pochodzenia surowca, oraz sposób nanoszenia na różne nośniki. Dla podwyższenia aktywności katalizatora w badanej reakcji, badacze stosowali dodatkowo rozpuszczalniki organiczne w różnej formie [6], promieniowanie mikrofalowe [7], czy też ciecze jonowe jako środowisko reakcji [6, 8].

Kwasy tłuszczowe to kwasy karboksylowe o długości łańcucha węglowego od 4 do 38 atomów węgla, nasycone lub nienasycone. Te o parzystej ilości atomów węgla od 4 do 28 i prostym łańcuchu węglowym występują naturalnie w większości struktur komórkowych ludzi, zwierząt i roślin, są składnikami tłuszczów roślinnych i zwierzęcych. W zależności od długości łańcucha węglowego kwasy tłuszczowe są cieciami oleistymi lub ciałami stałymi. Ze wzrostem długości łańcucha węglowego ich rozpuszczalność w wodzie gwałtownie spada, a rośnie w rozpuszczalnikach organicznych. Mają wiele zastosowań przemysłowych, zwłaszcza w postaci zestryfikowanej [9].

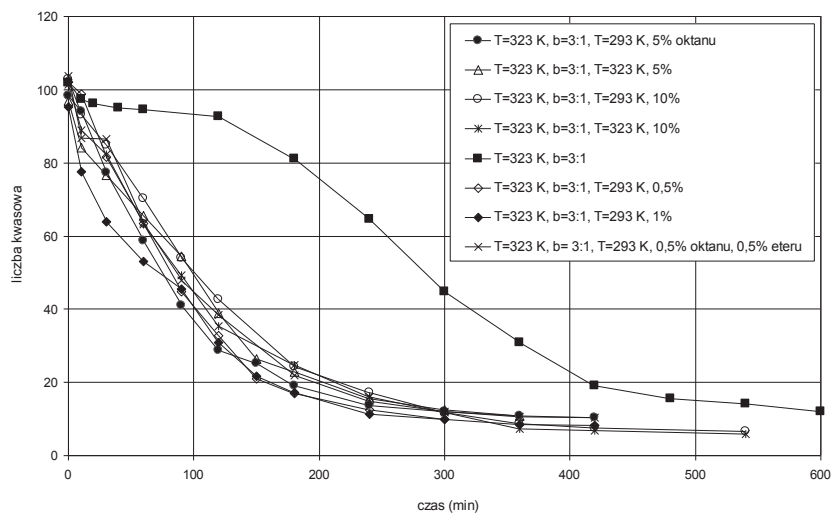
Wstępne badania nad syntezą estrów oktylowych kwasu oktanowego z zastosowaniem enzymu lipazy jako katalizatora pozwoliły stwierdzić, że reakcja przebiega

z zadawalającą szybkością [10]. Celem omawianej pracy jest synteza estrów oktylowych innych kwasów tłuszczowych o średniej długości łańcucha węglowego. Podjęto dalsze prace nad wytypowaniem najlepszego z dostępnych w handlu katalizatorów enzymatycznych.

2. CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA

Zastosowane odczynniki: alkohol *n*-oktylowy, alkohol 2-etyloheksylowy, kwas heptanowy, kwas nonanowy, kwas dekanowy, kwas dodekanowy, katalizatory enzymatyczne: amano lipase from *Burkholderia cepacia* immobilized on diatomaceous earth (amano lipaza immobilizowana na ziemi okrzemkowej, izolowana z komórek *Burkholderia cepacia*), lipozyme Mm acrylic resin from *Mucor miehei* (lipaza B immobilizowana na żywicy akrylowej, izolowana z komórek *Mucor miehei*), lipase acrylic resin from *Candida antarctica* (lipaza B immobilizowana na żywicy akrylowej, izolowana z komórek *Candida antarctica*), wszystkie odczynniki cz.d.a., produkcji Sigma-Aldrich. Katalizator lipase acrylic resin zastąpił wycofany z produkcji katalizator novozym 435 tego samego producenta, o tych samych parametrach.

Reakcje estryfikacji kwasów tłuszczowych prowadzono w termostatowanym zbiornikowym periodycznym reaktorze badawczym wyposażonym w mieszadło magnetyczne, termometr i nasadkę z chłodnicą. Dla wyznaczenia zależności kinetycznych prowadzono serie pomiarów w stałej temperaturze $T = 323\text{ K}$ dla zakresu zmian wartości początkowego stosunku molowego substratów, alkoholu do odpowiedniego kwasu, b , 1/1, 2,5/1, 3/1, 5/1. Odrębną serię pomiarów wykonano przy stałym początkowym stosunku molowym substratów $b = 3/1$ dla zmian temperatury w zakresie 313 – 333 K. Zmiany stężeń reagentów w przebiegu reakcji oznaczano analitycznie. W trakcie eksperymentów, w ustalonych odstępach czasu, pobierano próbki mieszaniny reakcyjnej i oznaczano w nich miareczkowo stężenie grup karboksylowych poprzez oznaczenie liczby kwasowej, tj. masy wodorotlenku potasu potrzebnej do zobojętnienia wolnych kwasów organicznych. Dla wybranych syntez, przeprowadzonych przy jednakowym początkowym stosunku molowym substratów 3/1 oraz przy tym samym stężeniu katalizatora 0,625%mas., wykonano analizę chromatograficzną składu mieszaniny poreakcyjnej w różnych temperaturach. Zawartość lotnych składników organicznych w badanych mieszaninach poreakcyjnych oznaczono metodą chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną (GC/FID). Każdy eksperyment w każdej serii wykonywano dwukrotnie - powtarzalność wyników była bardzo dobra.



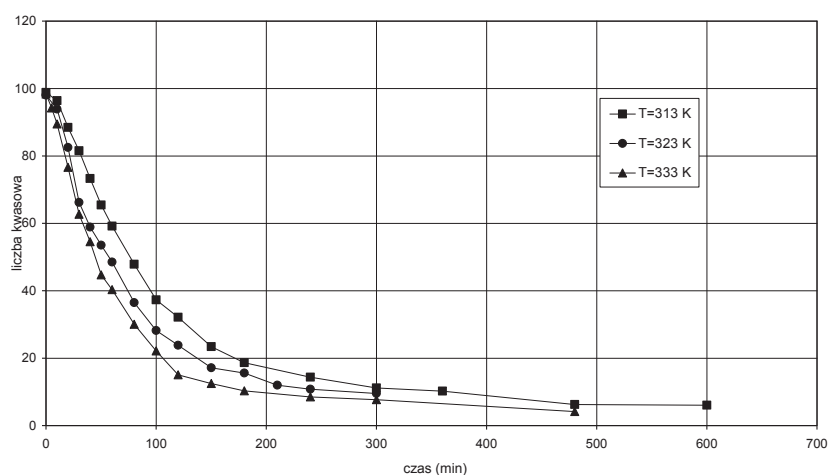
Rys. 1. Zmiany liczby kwasowej w reakcji estryfikacji kwasu oktanowego *n*-oktanołem wobec 0,625% mas. katalizatora lipozymie Mm dla różnych wariantów aktywowania katalizatora przed reakcją; różne temperatury aktywacji i różne stężenia oktanu
 Fig. 1. Effect of various activation methods on changes in acid number during esterification of octanoic acid with *n*-octanol over 0.625 mass % lipozymie Mm as catalyst; various activation temperatures and various concentration of octane

Kontynuowano, rozpoczęte w poprzedniej pracy [10], testowanie wymienionych wyżej katalizatorów enzymatycznych w reakcji syntezy kwasu oktanowego z alkoholem 1-oktylowym. Aktywację katalizatora lipozymie Mm prowadzono poprzez nasytanie próbki katalizatora różnymi związkami organicznymi w różnych ilościach. Katalizator lipozymie Mm umieszczano w niewielkiej ilości mieszaniny substratów, do której dodawano oktan, eter dimetylowy lub oktan i eter dimetylowy. Taki roztwór pozostawiano na 30 min. w temperaturze 293 K lub podgrzewano do temperatury 323 K, a następnie odsączano katalizator i umieszczano go w reaktorze, prowadząc reakcję wg rutynowej procedury. Wartości liczby kwasowej w przebiegu estryfikacji w obecności enzymu dla kilku wybranych serii aktywacji katalizatora zamieszczono na wykresie (rys. 1).

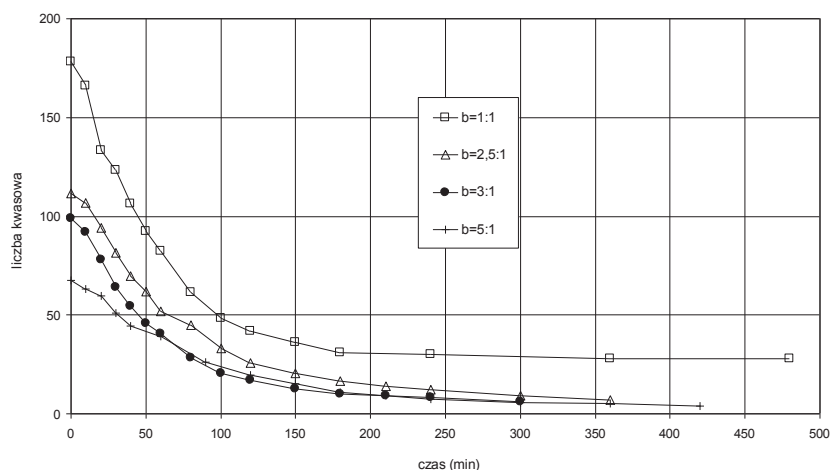
Zastosowane metody aktywacji katalizatora lipozymie Mm spowodowały podwyższenie wartości stopnia przereagowania kwasu oktanowego przy jednoczesnym skróceniu czasu reakcji. Jednak rezultat był porównywalny z działaniem katalizatora lipase acrylic bez dodatkowych zabiegów. Natomiast katalizator amano lipase okazał się nieprzydatny do katalizy estryfikacji kwasu oktanowego. Analizując te dane oraz wcześniejsze [10], zdecydowano w następnych eksperymentach używać jedynie katalizatora lipase acrylic w stężeniu 0,625% mas. (w dalszej części pracy skrótowo lipase).

Tabela 1. Parametry estryfikacji badanych kwasów tłuszczowych
 Table 1. Esterification parameters of investigated fatty acids

Kwas	Masa molowa, g/mol	Temp. wrzenia, °C	Alkohol	Temp. reakcji, K	Czas reakcji, min	Liczba kwasowa
pentanowy	102,13	186	oktylowy	323	180	12
heptanowy	130,19	223	oktylowy	323	240	80
nonanowy	158,23	254	oktylowy	323	300	2
dekanowy	172,26	269	oktylowy	323	300	6
dekanowy	172,26	269	izooktylowy	323	600	5
dodekanowy	200,32	299	oktylowy	333	600	8



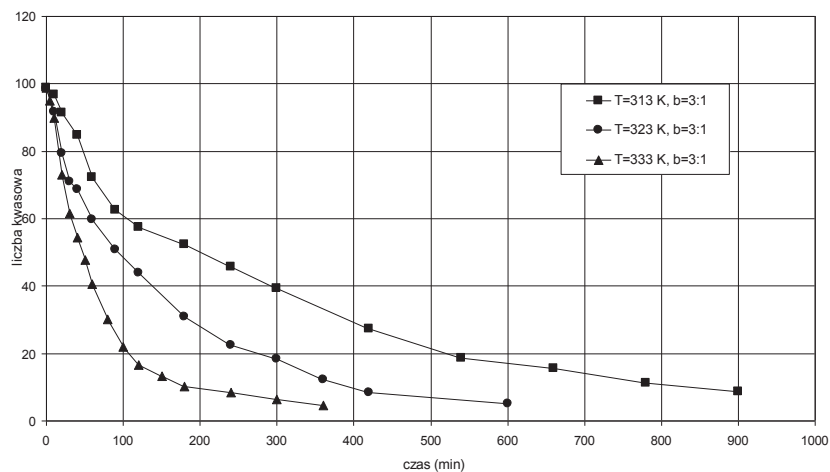
Rys. 2. Zmiany liczby kwasowej w reakcji estryfikacji kwasu dekanowego *n*-oktanołem wobec 0,625% mas. katalizatora lipase, dla różnych temperatur. $b = 3/1$
 Fig. 2. Effect of temperature on course of acid number during esterification of decanoic acid with *n*-octanol over 0.625 mass % lipase as catalyst. $b = 3/1$



Rys. 3. Zmiany liczby kwasowej w reakcji estryfikacji kwasu dekanowego *n*-oktanołem wobec 0,625% mas.

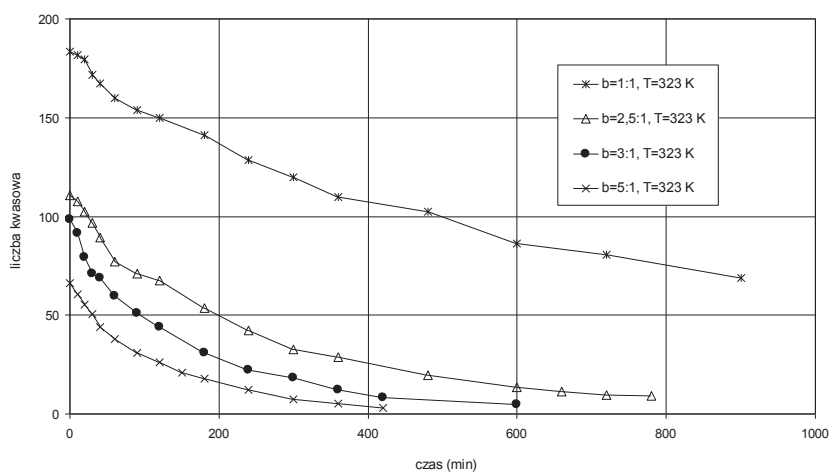
katalizatora lipase, dla różnych początkowych stosunków molowych substratów. $T = 323\text{ K}$
 Fig. 3. Effect of initial mole ratio of substrates on course of acid number during esterification of decanoic acid with *n*-octanol over 0.625 mass % lipase as catalyst. $T = 323\text{ K}$

Ze względu na rosnące zainteresowanie przemysłu technologiami przyjaznymi środowisku, wydawało się celowym sprawdzenie, czy dla innych kwasów tłuszczowych o średniej długości łańcucha węglowego estryfikacja katalizowana tym enzymem okaże się skuteczna. W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów estryfikacji kilku kwasów tłuszczowych. Reakcje prowadzono w obecności katalizatora enzymatycznego lipase w stężeniu 0,625% mas. przy wartości początkowego stosunku molowego substratów, alkoholu do kwasu, $b = 3/1$. Oceniano czas reakcji, potrzebny dla uzyskania końcowego stopnia przereagowania danego kwasu, mierzonego wartością liczby kwasowej. Pomiar prowadzony był do czasu, gdy kolejne dwa pomiary liczby kwasowej wykazywały tę samą wartość. Estryfikacja kwasu dodekanowego wymagała podwyższenia temperatury do 333 K, co jest już dosyć wysoką temperaturą dla reakcji enzymatycznych. Na podstawie przebiegu reakcji, opisanych w tabeli 1, do szczególnych badań kinetycznych wytypowano kwas nonanowy i kwas dekanowy.



Rys. 4 Zmiany liczby kwasowej w reakcji estryfikacji kwasu dekanowego *izo*-oktanołem wobec 0,625% mas. katalizatora lipase, dla różnych temperatur

Fig. 4. Effect of temperature on course of acid number during esterification of decanoic acid with *iso*-octanol over 0.625 mass % lipase as catalyst

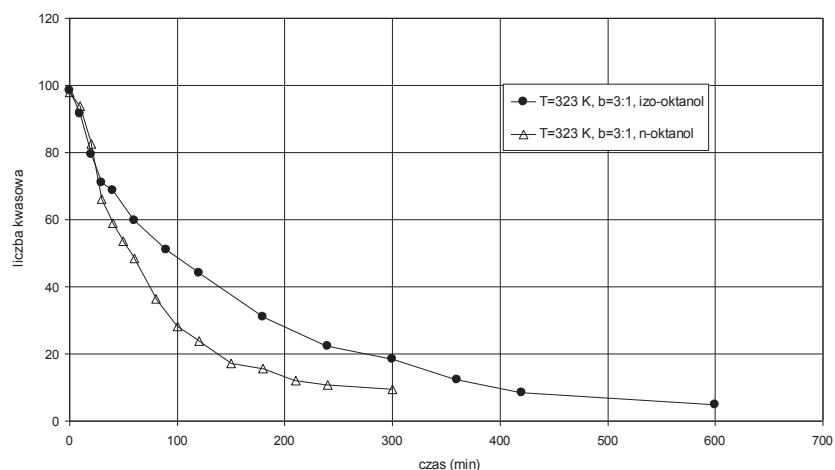


Rys. 5. Zmiany liczby kwasowej w reakcji estryfikacji kwasu dekanowego *izo*oktanołem wobec 0,625% mas.

katalizatora lipase, dla różnych początkowych stosunków molowych substratów

Fig. 5. Effect of initial mole ratio of substrates on course of acid number during esterification of decanoic acid with *iso*-octanol over 0.625 mass % lipase as catalyst

Kwas dekanowy (decanoic acid, nazwa zwyczajowa kwas kaprynowy, capric acid) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$. znajduje się w naturalnych produktach żywnościowych, np. w oleju palmowym i kokosowym. Estry kwasu dekanowego mają liczne zastosowania jako dodatki smakowe zapachowe do produktów przemysłu spożywczego i komponenty zapachowe w przemyśle perfumeryjnym. Dekaniany stosowane są w przemyśle farmaceutycznym jako selektywne składniki leków, umożliwiające odpowiednio rozłożoną w czasie ich dystrybucję w organizmie człowieka. Tak jak kwas heksanowy i oktanowy, a także ich mieszaniny, jak również mieszaniny kwasów z utworzonymi z nich estrami, kwas dekanowy jest stosowany w różnych produktach kosmetycznych, także do pielęgnacji niemowląt. Tak liczne zastosowania powodują stały wzrost produkcji kwasu dekanowego; należy on do chemikaliów wielo tonażowych o dużej dynamice wzrostu produkcji [9].



Rys. 6. Porównanie zmian liczby kwasowej w przebiegu estryfikacji kwasu dekanowego wobec 0,625% mas. katalizatora lipase przy użyciu *n*-oktanolu lub *izo*-oktanolu
 Fig. 6. Comparison of changes in decanoic acid number in reaction with *n*-octanol or *iso*-octanol over 0.625 mass % lipase as catalyst

Przebieg reakcji estryfikacji kwasu dekanowego alkoholem *n*-oktylowym, reprezentowany zmianami liczby kwasowej w czasie reakcji w funkcji, odpowiednio, temperatury procesu oraz początkowego stosunku molowego substratów, alkoholu *n*-oktylowego do kwasu dekanowego, przedstawiono na wykresach (rys. 2, 3).

Tabela 2. Skład mieszaniny poreakcyjnej w reakcji kwasu dekanowego z *n*-oktanołem.

T = 323 K, b = 3/1, 0,625% mas. lipase

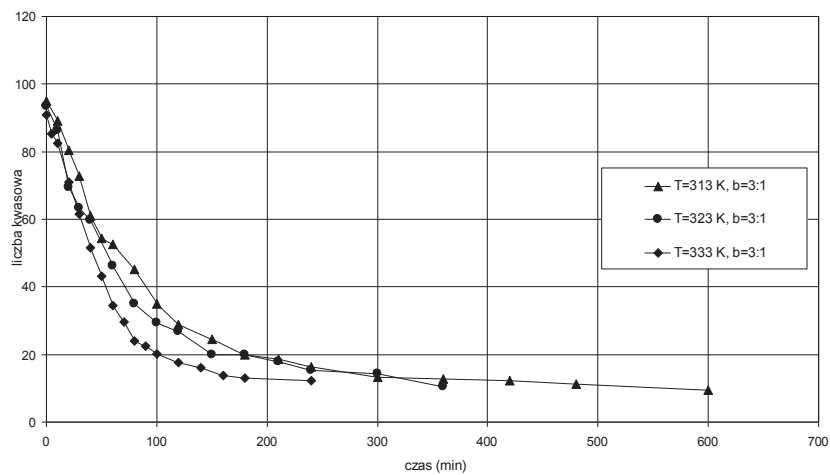
Table 2. Composition of end reaction mixture in the reaction of decanoic acid with *n*-octanol. T = 323 K, b = 3/1, 0.625 mass % lipase

Składnik	Reakcja z <i>izo</i> -oktanołem	Reakcja z <i>n</i> -oktanołem
	Stężenie, %mas	Stężenie, %mas
alkohol	50,1	48,5
kwas dekanowy	2,3	1,7
ester	45,2	48,9
pozostałe	2,3	0,9
suma	100	100

Na kolejnych wykresach (rys. 4, 5) zaprezentowano wpływ temperatury procesu i początkowego stosunku molowego substratów na zmiany liczby kwasowej w estryfikacji kwasu dekanowego alkoholem *izooktylowym*. Przebieg tej reakcji jest z punktu widzenia techniki laboratoryjnej znacznie bardziej stabilny, równomierny i pozwala osiągnąć bardzo wysokie stopnie przereagowania; jednak czas reakcji jest dłuższy. Porównanie przebiegu reakcji estryfikacji kwasu dekanowego alkoholem *n*-oktylowym i *izooktylowym* przedstawiono na rys.6. W obu reakcjach uzyskany produkt zawiera bardzo niewiele produktów niepożądanych, poza alkoholem, który był dodawany do reakcji w nadmiarze w stosunku do ilości stechiometrycznej. (Tabela 2).

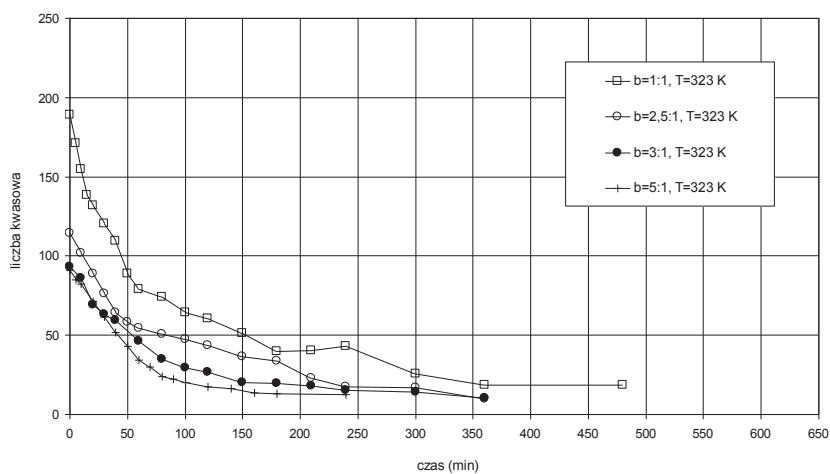
Do estryfikacji kwasów tłuszczowych użyto alkohol *n*-oktylowy i 2-etyloheksyloxy (w podpisach skrótowo jako *izo*-oktanol). Są to wielo tonażowe surowce dla przemysłu chemicznego i przemysłów pokrewnych, o bardzo szerokim zastosowaniu. Wysoka temperatura wrzenia obu tych alkoholi, odpowiednio 195°C i 184°C, powoduje, że powstałe w reakcji z nimi estry są słabo lotne. Jest to istotne w produkcji tworzyw sztucznych, gdzie różne estry oktylowe stosuje się jako plastyfikatory, dodatki poprawiające stabilność termiczną i odporność na utlenianie; w przemyśle farmaceutycznym do produkcji leków i kosmetyków; w przemyśle spożywczym w reakcjach z olejami roślinnymi i tłuszczami zwierzęcymi [11]. Tym był podyktowany wybór tych właśnie izomerów alkoholu oktylowego w prowadzonych aktualnie badaniach nad syntezą estrów oktylowych niektórych kwasów tłuszczowych oraz we wcześniejszych pracach dotyczących estryfikacji, np. [12].

Kwas nonanowy (nonanoic acid) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ występuje w naturze w postaci estrów w oleju pelargonii, stąd jego potoczna nazwa „kwas pelargonowy” (pelargonic acid). Zarówno sam kwas, jak i jego estry, mają zastosowanie jako herbicydy, a także w produkcji plastyfikatorów, lakierów, środków zapachowych, różnego typu gazów pieprzowych.



Rys. 7. Zmiany liczby kwasowej w reakcji estryfikacji kwasu nonanowego *n*-oktanołem wobec 0,625% mas. katalizatora lipase, dla różnych temperatur

Fig. 7. Effect of temperature on course of acid number during esterification of nonanoic acid with *n*-octanol over 0.625 mass % lipase as catalyst



Rys. 8. Zmiany liczby kwasowej w reakcji estryfikacji kwasu nonanowego *n*-oktanołem wobec 0,625% mas. katalizatora lipase, dla różnych początkowych stosunków molowych substratów

Fig. 8. Effect of initial mole ratio of substrates on course of nonanoic acid number during esterification with *n*-octanol over 0.625 mass % lipase as catalyst

Przebieg reakcji estryfikacji kwasu nonanowego alkoholem *n*-oktylowym w zależności od zmian temperatury procesu i początkowego stosunku molowego substratów przedstawiono na wykresach (rys. 7, 8), a w Tabeli 3. – skład mieszaniny po reakcyjnej.

Tabela 3. Skład mieszaniny poreakcyjnej w reakcji kwasu nonanowego z *n*-oktanolom.

T=323 K, b=3/1, 0,625% mas. lipase

Table 3. Composition of end reaction mixture in the reaction of nonanoic acid with *n*-octanol. T=323 K, b=3/1, 0.625 mass % lipase

Składnik	Czas retencji, min	Stężenie, % mas
	b = 1/1	b = 3/1
<i>n</i> -oktanol	6,6	48,2
kwas nonanowy	7,8	1,9
ester	81,0	46,4
pozostałe	4,6	3,5
suma	100	100

3. WNIOSKI

Przeprowadzono serie badań nad warunkami stosowania enzymów jako katalizatorów estryfikacji kwasów tłuszczowych o średniej długości łańcucha węglowego. Przedmiotem szczegółowych badań kinetycznych była synteza estrów oktylowych kwasu dekanowego i kwasu nonanowego. Jako katalizator zastosowano lipazę B uzyskaną z *Candida antarctica* osadzoną na żywicy akrylowej, produkt handlowy lipase arylic resin, w niskim stężeniu w stosunku do substratów, co jest istotne ze względu na cenę. W przebadanym zakresie zmian parametrów reakcji korzystne są wartości: temperatura 323 K; początkowy stosunek molowy alkoholu do kwasu 2,5/1 lub 3/1. Otrzymany produkt zawiera nieznaczną domieszkę produktów ubocznych, poza alkoholem, stosowanym w nadmiarze. Taka synteza w obecności klasycznego katalizatora chemicznego – kwasu siarkowego o stęż. 0,025% mas. trwa tylko 80 min [12], jednak wymaga wysokiej temperatury, a w warunkach przemysłowych zwykle potrzebne jest oczyszczenie produktu ze związków siarki.

Ze względu na liczne zastosowania estrów oktylowych kwasów tłuszczowych (np. [13]) niezwykle potrzebne są badania kinetyczne. Temperatura procesu 323 K pozwala na duże oszczędności energetyczne i materiałowe w konstrukcji aparatury.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE – REFERENCES

- [1] Torrelo G., Hanefeld U., Hollmann F., 2015. Biocatalysis. Catal. Lett., 145, 309-345. DOI 10.1007/s10562-014-1450-y.
- [2] Rajendran A., Palanisamy A., Thangavelu V., 2009. Lipase catalyzed ester synthesis for food processing industries. Braz. Arch. Biol. Technol., 52, 207-219.
- [3] Wang Z-q. et al., 2013. Proceedings of International Conference on Biological, Medical and Chemical Engineering. ISBN 978-1-60595-144-7.
- [4] Yadav G. D., Borkar I. V., 2008. Kinetic modeling of immobilized lipase catalysis in synthesis of *n*-butyl levulinate. Ind. Eng. Chem. Res., 47, 3358-3363.
- [5] Leszczak J. P., Tran-Minh C., 1998. Optimized enzymatic synthesis of methyl benzoate in organic medium. Operating conditions and impact of different factors on kinetics. Biotechnol. Bioeng., 60, 3, 356-360.
- [6] Yang H. et al. 2014. Sn-1,3-specific interesterification of soybean oil with medium-chain triacylglycerol catalyzed by lipozyme TL IM. Chinese Journal of Chemical Engineering, 22, 1016-1020.
- [7] Yadav G.D., Lahti P.S., 2006. Intensification of enzymatic synthesis of propylene glycol monolaurate from 1,2-propanediol and lauric acid under microwave irradiation: Kinetics of forward and reverse reactions. Enzyme Microb. Tech., 38, 814-820.
- [8] Wang J. et al. 2013. Lipase-catalyzed synthesis of caffeic acid phenethyl ester in ionic liquids: Effect of specific ions and reaction parameters. Biotechnology and Bioengineering. Chinese Journal of Chemical Engineering, 21(12), 1376-1385. DOI: 10.1016/S1004-9541(13)60563-7.
- [9] <https://en.wikipedia.org/>
- [10] Kulawska M., Organek W., 2016. Estryfikacja kwasu oktanowego alkoholem *n*-oktylowym w obecności katalizatorów enzymatycznych. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Chemicznej Polskiej Akademii Nauk, Zeszyt nr 20, 167-173.
- [11] grupaaazoty.com/pl
- [12] Kulawska M., Organek M., Organek W., 2017. Catalytic esterification of medium-chain fatty acids. Kinetic investigations. International Journal of Organic Chemistry, 7 (4), 336-345. DOI: [10.4236/ijoc.2017.74028A](https://doi.org/10.4236/ijoc.2017.74028A).
- [13] Szewczyk A., Hanczakowska E., 2010. Właściwości i zastosowanie średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych (MCFA) i ich monoacylgliceroli (MCM). Wiadomości Zootechniczne, 48 (1), 21-26.

MARIA KULAWSKA, WIESLAW ORGANEK

INVESTIGATIONS ON THE APPLICATION OF ENZYMES IN THE SYNTHESIS
OF OCTYL ESTERS OF MEDIUM-CHAIN FATTY ACIDS

Kinetic experiments concerning use of enzymes as catalysts in the synthesis of octyl esters of fatty acids have been conducted. Nonanoic acid and decanoic acid were particularly investigated. Commercially available lipase acrylic resin in the concentration of 0.625 mass % has been used as catalyst. It is lipase B isolated from *Candida antarctica* immobilized on acrylic resin. Range of changed parameters are: temperature 313–333 K; initial mole ratio of substrates (alcohol to acid) 1/1; 2.5/1; 3/1; 5/1. The reaction with *n*-octyl alcohol proceeded distinctly faster than with *iso*-octyl alcohol. High conversion of acid has been obtained, the product contained only small amounts of undesired substances. The experiments showed good results in the synthesis of octyl esters of medium chain fatty acids in the presence of enzymes at mild reaction parameters; relatively low temperature of 323 K compared with the synthesis in the presence of classical chemicals.

Received: 28.08.2018

Accepted: 5.11.2018