

DOROTA ZARĘBA

PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH MLEKA SOJOWEGO FERMENTOWANEGO RÓŻNYMI SZCZEPAMI BAKTERII FERMENTACJI MLEKOWEJ

Streszczenie

W pracy określono wpływ użytej kultury starterowej, czasu przechowywania, zmiany pH oraz dodatku glukozy na skład kwasów tłuszczowych fermentowanego mleka sojowego. Za pomocą chromatografu gazowego sprzężonego ze spektrometrem masowym GCMS, w badanych modelowych jogurtach sojowych zidentyfikowano następujące kwasy tłuszczowe: laurynowy (C12), palmitynowy (C16), palmitoleinowy (C16:1 n-9), margarynowy (C17), nonadekanowy (C19), oleinowy (C18:1 n-9), wakcenyowy (C18:1 n-11), linolowy (C18:2 n-9, n-12), arachidowy (C20) oraz α -linolenowy (C18:3 n-9, n-12, n-15). Dominującymi kwasami jogurtów sojowych były: linolowy (C18:2 n-9, n-12), oleinowy (C18:1 n-9), palmitynowy (C16:0) i α -linolenowy (C18:3 n-9, n-12, n-15). Wykazano istotny wpływ czasu przechowywania na profil kwasów tłuszczowych. Nie wykazano statystycznie istotnego wpływu rodzaju kultury i dodatku glukozy na zawartość analizowanych kwasów. Dodatek glukozy istotnie wpłynął na wartość pH i przyczynił się do zmniejszenia aktywności biochemicznej mikroflory, co poskutkowało brakiem zmian zawartości kwasów.

Słowa kluczowe: mleko sojowe, fermentacja, kwasy tłuszczowe

Wstęp

Soja, w porównaniu z innymi nasionami strączkowych i ziaren zbóż, zawiera duże ilości tłuszczu. Tłuszcz naturalnie obecny w soi i w produktach na bazie soi takich, jak: tofu, mleko sojowe, pełnotłusta mąka i olej sojowy, jest uznawany za tłuszcz o właściwościach odżywczych dla organizmu człowieka. W przybliżeniu 50 % tłuszczu zawartego w soi stanowi kwas linolowy, czyli kwas wielonienasycony, który jest odpowiedzialny za obniżanie poziomu „złego” cholesterolu we krwi. W dodatku, olej sojowy może zawierać ok. 8 % kwasu α -linolenowego, który jest określany jako kwas omega-3, niezbędny dla zdrowia człowieka i obniżający ryzyko chorób serca.

Mgr inż. D. Zaręba, Katedra Biotechnologii, Mikrobiologii i Oceny Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-787 Warszawa

Najczęściej spożywanymi produktami wytworzonymi z soi są produkty fermentowane. Jednym z problemów związanych z akceptacją produktów sojowych jest ich smak oraz obecność oligosacharydów wywołujących nadprodukcję dwutlenku węgla, wodoru i metanu w czasie trawienia w dolnych partiach układu pokarmowego [12, 16]. Badania nad sojowymi produktami fermentowanymi potwierdzają zmniejszenie zawartości wyżej wymienionych cukrów w wyniku aktywności bakterii fermentacji mlekowej. Hou i wsp. [7] wykazali aktywność β -galaktozydazy i β -D-galaktozydazy bifidobakterii wobec rafinozy i stachiozy prowadzącą do rozkładu tych cukrów i wzrostu zawartości cukrów prostych. Powstałe cukry proste są rozkładane przez jelitowy układ enzymatyczny bez wytworzenia gazów. Ponadto dodatek probiotycznych szczepów bakterii rodzaju *Bifidobacterium* oraz bakterii mlekowych zwiększa funkcjonalność i wartość odżywczą produktu. W badaniach nad rozkładem oligosacharydów przez cztery różne szczepy probiotyczne rodzaju *Bifidobacterium* Tsangalis i wsp. [15] wykazali rozkład heksanal i pentanal odpowiedzialnych za nieprzyjemny posmak, charakterystyczny dla soi.

W suchej masie ziarna soi zawarte jest około 40 % białka i 20 - 25 % lipidów w zależności od rodzaju i warunków klimatycznych podczas wzrostu. W skład lipidów wchodzi triacyloglicerole i fosfolipidy takie, jak: lecytyna, fosfatydyloetanolamina, fosfatydyloinozytol i fosfatydyloseryna. W skład triacylogliceroli wchodzi różna kompozycja kwasów tłuszczowych. Cechą charakterystyczną profilu kwasów tłuszczowych ziaren soi jest proporcjonalnie wysoka zawartość kwasu linolowego (4 - 10 %). Ponadto wykazano obecność następujących kwasów tłuszczowych nasyconych: C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C20:0, C22:0 i nienasyconych: C16:1, C18:1, C18:2, C18:3, C20:1. Oprócz wymienionych wyżej lipidów, w soi obecne są, na poziomie 0,2 - 0,4 %, fitosterole takie, jak: kampesterol, sigmasterol, β -sitosterol i avenasterol w stosunku 3 : 1 : 2 : 2 [4]. Proces pozyskiwania mleka sojowego z ziaren soi powoduje 10-krotne zmniejszenie zawartości poszczególnych składników. W mleku sojowym znajduje się około 4 % białka i 2,0 - 2,2 % tłuszczu ogółem w tym około 0,21 % kwasów nasyconych, 0,32 % jednonienasyconych i 0,82 % wielonienasyconych [13].

Celem pracy była ocena zmiany profilu kwasów tłuszczowych w fermentowanym, za pomocą różnych rodzajów kultur jogurtowych, mleku sojowym w zależności od stężenia glukozy i czasu przechowywania produktu.

Material i metody badań

Do produkcji jogurtów sojowych użyto trzech kultur starterowych: YC-X11 (Chr. Hansen), YC-X16 (Chr. Hansen) i YOA (Bart) zawierających różne szczepy i różną koncentrację bakterii jogurtowych z gatunków *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* i *Str.*

thermophilus, którymi zaszczepiono mleko sojowe i inkubowano w temp. 37 °C przez 5 h. Przed inkubacją do mleka sojowego dodawano glukozę (w ilości 0 lub 4 %) w celu ułatwienia bakteriom przeprowadzenia fermentacji. Po zakończeniu fermentacji jogurty sojowe przechowywano w temp. 6 °C przez 4 tygodnie.

Oznaczanie liczby żywych komórek wykonano metodą płytkową z wykorzystaniem podłoża agarowych M17 i MRS (Merck). Płytki z posiewami *Str. thermophilus* inkubowano tlenowo w temp. 37 °C/48 h. Płytki z posiewami bakterii beztlenowych (*Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) inkubowano w anaerostatach zapewniających warunki beztlenowe w temp. 37 °C/48 h.

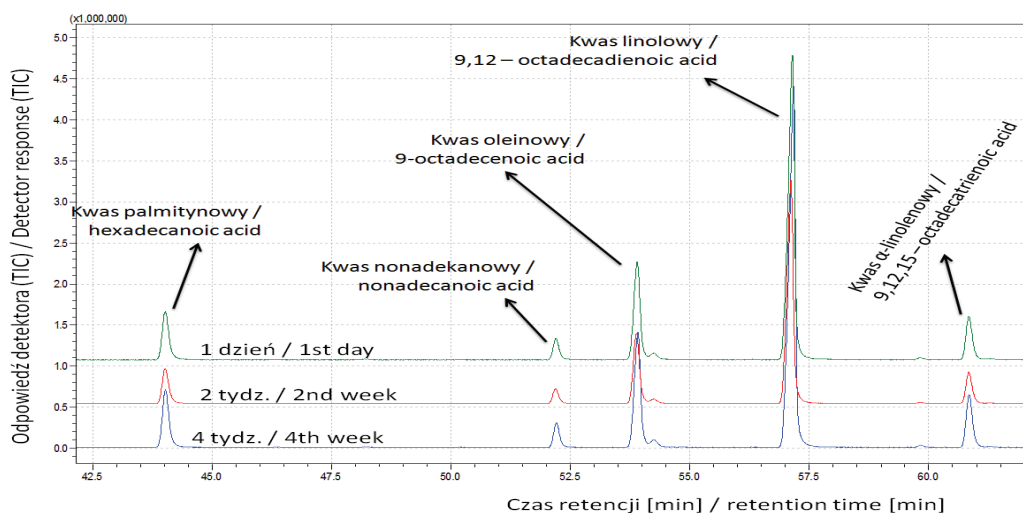
Analizę profilu kwasów tłuszczowych prowadzono w chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrem masowym GCMS-QP20105 (Shimadzu), przy użyciu autosamplera model AOC-20i (Shimadzu) i kolumny kapilarnej BPX 90, polarnej o rozmiarach: 60 m/0,25 µm/0,25 mm. Warunki pracy GC: temp. komory nastrzykowej 230 °C, nastrzyk w trybie split (1 : 25), początkowa temp. pracy kolumny: 80 °C, czas 2 min, szybkość wzrostu temperatury 1,60 °C/min, do temp. końcowej 210 °C, czas izotermi końcowej 5 min. Jako nośnika używano helu przy przepływie liniowym o prędkości 0,76 cm³×min⁻¹. Warunki pracy MS: temp. źródła jonów 200 °C, temp. linii łączącej GCMS 200 °C, jonizacja elektronowa o energii 70eV, napięcie detektora 0,2 kV, zakres przemieszczania filtru kwadropulowego 50–450 m/z. Ekstrakcja związanych kwasów tłuszczowych: do 3 g próbki dodano 0,2 cm³ roztworu standardu wewnętrznego (ester metylowy kwasu pentadekanowego 1 mg×cm⁻³) i 5 cm³ mieszaniny ekstrahującej – chloroform w metanolu (2 : 1). Po dokładnym wymieszaniu próbki wirowano przez 5 min z prędkością 8000 obr./min. Zbierano 1 cm³ dolnej warstwy, którą następnie przesączano przez bezwodny siarczan sodu do mikrofiolki. Uzyskany przesącz odparowywano pod azotem. Do zagęszczonego ekstraktu dodawano 1,5 cm³ heksanu i 0,5 cm³ mieszaniny metylującej (wodorotlenku potasu w metanolu), po wymieszaniu inkubowano przez 20 min w temp. 38 °C. Z utworzonej warstwy górnej pobierano 0,5 cm³ do mikrofiolki i rozcieńczano 1 cm³ heksanu, a następnie poddawano analizie w GCMS. Identyfikacji kwasów tłuszczowych dokonywano na podstawie widm spektrów masowych, które porównano z bibliotekami WILEY7N2, NIST147 i PAL600K oraz na podstawie wartości czasu retencji ze standardem zewnętrznym GLC 674 zawierającym kwasy C4-C24.

Analizę statystyczną (jednoczynnikową i wieloczynnikową ANOVA przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$) przeprowadzono używając programu komputerowego Statgraphics Plus 4.1.

Wyniki i dyskusja

Zgodność badań naukowych odnośnie zależności pomiędzy udziałem nasyconych kwasów tłuszczowych i występowaniem chorób serca oraz naczyń krwionośnych jest

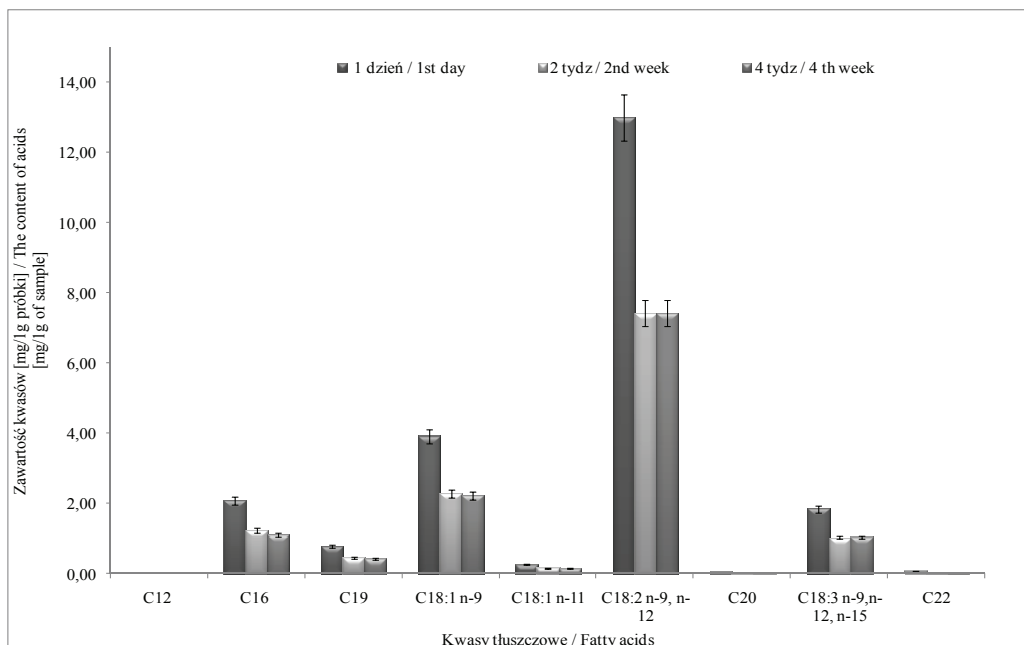
podstawą prowadzenia badań nad zmianą składu kwasów tłuszczowych żywności. Tamine i Robinson [14] opisali badania dotyczące wzbogacania jogurtów mlecznych olejami roślinnymi, w tym także olejem sojowym, w celu podwyższenia zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych. Dlatego w tej pracy podjęto badania składu kwasów tłuszczowych jogurtów otrzymanych na bazie mleka sojowego oraz wpływu kultur jogurtowych, czasu, zmiany kwasowości oraz dodatku glukozy na ich poziom.



Rys. 1. Fragment chromatogramu obrazującego różnice zawartości kwasów tłuszczowych w próbce YC-X16, w czasie czterech tygodni przechowywania.

Fig. 1. Fragment of chromatogram presenting differences in fatty acids contents in YC-X16 sample during four weeks of storing.

W badanych modelowych próbkach jogurtów sojowych zidentyfikowano następujące kwasy tłuszczowe: (C12) laurynowy, (C16) palmitynowy, (C16:1 n-9) palmitoleinowy, (C17) margarynowy, (C19) nonadekanowy, (C18:1 n-9) oleinowy, (C18:1 n-11) wakceny, (C18:2 n-9, n-12) linolowy, (C20) arachidowy oraz (C18:3 n-9, n-12, n-15) α -linolenowy, co jest zgodne z danymi literaturowymi (rys. 1) [6].



Rys. 2. Profil kwasów tłuszczowych w mleku sojowym fermentowanym kulturą YC-X11

Fig. 2. Fatty acid profile of soy milk fermented by YC-X11 starter culture.

Wyniki analizy składu kwasów tłuszczowych potwierdziły obecność znacznych ilości kwasów o długości łańcucha C16:0 - C22:0. Dominującymi kwasami jogurtów sojowych były odpowiednio: linolowy (C18:2 n-9, n-12), oleinowy (C18:1 n-9), palmitynowy (C16:0) i α -linolenowy (C18:3 n-9, n-12, n-15), (rys 2 - 7). Kwasów o niższej liczbie atomów węgla nie wykazano, gdyż badania prowadzono na ekstrakcie wodnym z ziaren soi. W czasie pozyskiwania ekstraktu z ziaren soi początkowa zawartość składników zmniejsza się ok. 10 razy. Dlatego, proporcjonalnie do ilości początkowej, mogą być tracone kwasy tłuszczowe krótkołańcuchowe.

Mała zawartość lub brak kwasów tłuszczowych krótkołańcuchowych może być również związana z aktywnością lipolityczną bakterii rodzaju *Lactobacillus* i *Streptococcus*. Bakterie fermentacji mlekowej (szczególnie z rodzajów *Lactococcus* i *Lactobacillus*) są uważane za słabo lipolityczne w porównaniu z bakteriami rodzajów takich, jak: *Pseudomonas*, *Acinetobacter* i *Flavobacterium*. Ich znaczną aktywność lipolityczną najczęściej obserwuje się podczas dojrzewania serów podpuszczkowych. Są prawdopodobnie odpowiedzialne za uwalnianie znacznych ilości krótkołańcuchowych wolnych kwasów tłuszczowych wpływających na cechy sensoryczne produktu [17, 19]. Lipazy i esterazy bakterii fermentacji mlekowej są enzymami wewnątrzkomórkowymi, dlatego długi czas dojrzewania i następująca w tym czasie liza komórek umożliwiają

ich większą aktywność lipolityczną w czasie długotrwałego dojrzewania, co ma miejsce przy produkcji serów dojrzewających, a czego nie obserwuje się w napojach fermentowanych [11].

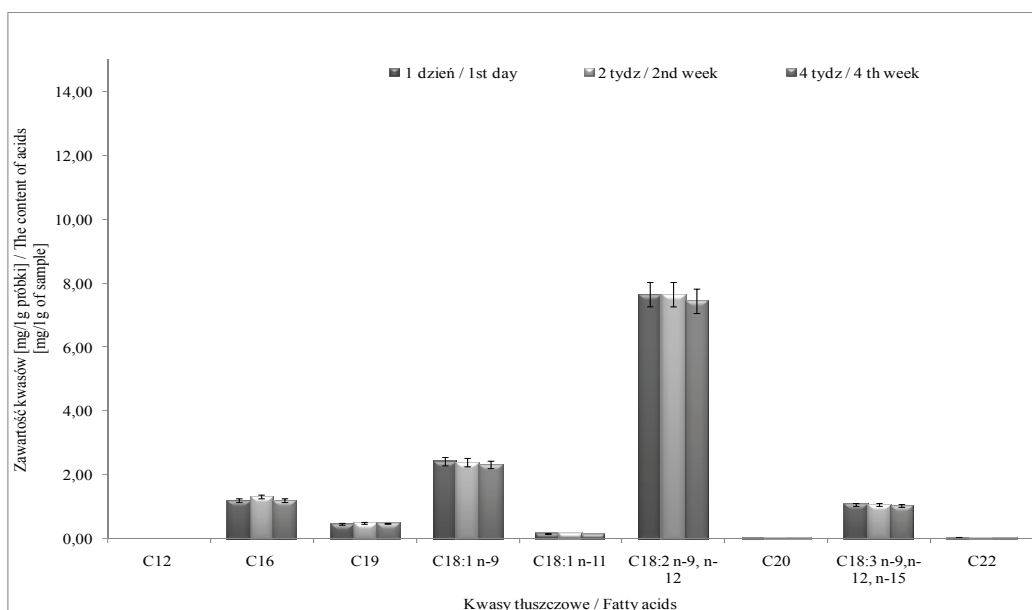
Bakterie fermentacji mlekowej mają esterazy i lipazy zdolne hydrolizować szereg estrów wolnych kwasów tłuszczowych, tri-, di- i monoacylogliceroli. Enzymy te są głównymi czynnikami lipolitycznymi w serach dojrzewających. Bakterie z rodzaju *Lactobacillus* (*Lb. helveticus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *lactis* i *Lb. acidophilus*) wykazują aktywność esterolityczną wobec substratów o długości do C5:0. Najwyższą aktywnością odznaczają się dwa ostatnie gatunki. Żaden z powyższych gatunków nie hydrolizuje estrów o- oraz p-nitrofenolu i kwasów tłuszczowych o parzystej liczbie od 6 do 14 atomów węgla. Maksymalna aktywność lipolityczna enzymów uzyskanych w wyniku lizy komórek *Lb. casei* subsp. *casei* LLG została zaobserwowana przy pH równym 7,2 i w temp. 37 °C. *Lb. fermentum*, wchodzące w skład startera używanego w wyrobie sera Parmezan zawierają esterazę związaną z powierzchnią komórki, specyficzną wobec substratu o długości C4:0, która może hydrolizować estry β -naftolu i kwasów tłuszczowych o długości 2 - 10 atomów węgla. Wewnątrzkomórkowa lipaza szczepu *Lb. plantarum* wyizolowanego z sera Cheddar ma masę cząsteczkową $65 \cdot 10^3$ Da i wykazuje optimum aktywności przy pH równym 7,5 i temp. 35 °C. Jest ona stabilna w temp. do 65 °C, zaś ogrzewanie w 75 °C przez 2 min powoduje jej nieodwracalną inaktywację. Enzym ten wykazuje najwyższą aktywność wobec tributyriny, mniejszą wobec trilaurynianu oraz tripalmitynianu, a żadnej wobec trioleinianu glicerolu. Profile *sn*-2-monoacylogliceroli po hydrolizie wykazały, że wytworzone zostały *sn*-2-monoacyloglicerole z kwasami tłuszczowymi o długości C14:0-C18:1, a te które zawierały kwasy o długości mniejszej niż C14:0 zostały zhydrolizowane [1].

Streptococcus thermophilus produkują trzy wewnątrzkomórkowe esterazy, z których dwie zostały oznaczone jako esteraza I i esteraza II. Ich masy cząsteczkowe wynoszą odpowiednio około $34 \cdot 10^3$ i $60 \cdot 10^3$ Da. Esteraza I hydrolizuje estry p-nitrofenolu i kwasów tłuszczowych o długości 2 - 8 atomów węgla, a esteraza II hydrolizuje podobne estry, ale zawierające kwasy tłuszczowe o długości 2 - 6 atomów węgla. Esteraza I była testowana też na zdolność hydrolizy szeregu substratów glicerolowych. Może ona hydrolizować di- oraz monoacyloglicerole zawierające kwasy tłuszczowe do C14:0 [2].

Należy zaznaczyć, że dominującym rodzajem bakterii wszystkich kultur użytych w tych badaniach był *Streptococcus* (tab. 1), a jak wiadomo, paciorkowce mlekowe wykazują wyższą aktywność lipolityczną niż pałeczki mlekowe. Doniesienia naukowe wykazują sukcesywną redukcję liczby żywych komórek bakterii mlekowych pod wpływem chłodniczego przechowywania i tym samym ich lizę i uwalnianie wewnątrz-

komórkowych enzymów lipolitycznych [3]. Tym dodatkowo można tłumaczyć obecność w profilu tylko kwasów o długości łańcucha powyżej C16.

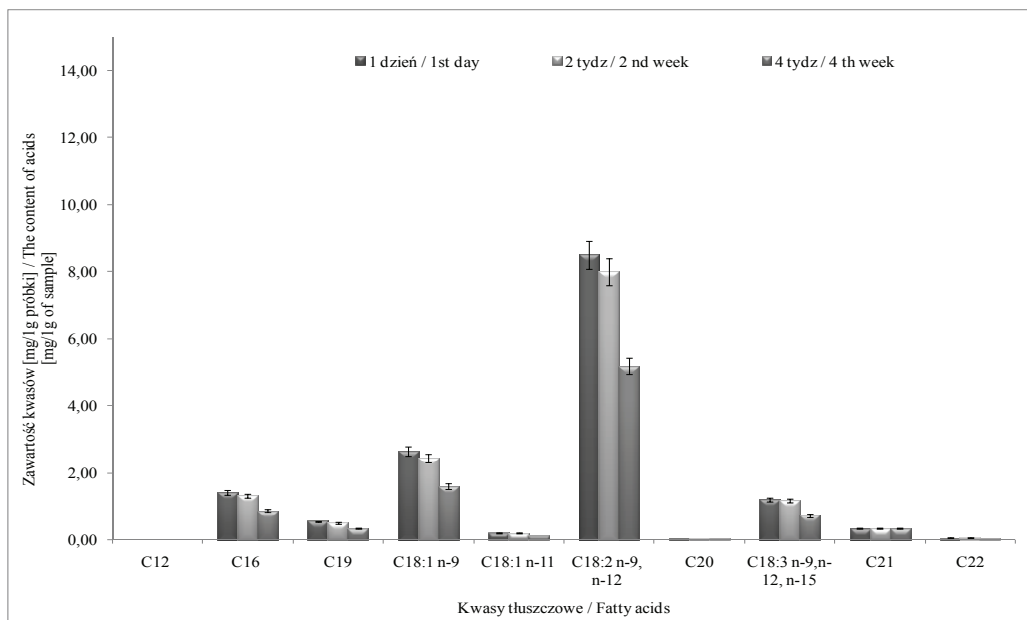
Wykazano istotny wpływ czasu przechowywania na zawartość kwasów tłuszczowych. Zmiany te są obserwowane w próbkach YC-X11 i YC-X16 (p -value = 0,0001). W próbce YC-X11 odnotowano zmniejszenie zawartości kwasu linolowego o 6,58 mg/1g i kwasu oleinowego o 1,65 mg/1g (rys. 2).



Rys. 3. Profil kwasów tłuszczowych w mleku sojowym z dodatkiem glukozy, fermentowanym kulturą YC-X11.

Fig. 3. Fatty acid profile of soy milk with glucose added and fermented by YC – X11 starter culture.

Redukcję zawartości kwasu linolowego zaobserwowano także w próbce YC-X16 między 2. i 4. tygodniem przechowywania - z poziomu 8 do 5,08 mg/g (rys. 4). Jak można zaobserwować na rys. 2. i 4. w obu próbkach nastąpiło również zmniejszenie zawartości pozostałych dominujących kwasów średnio o 35 % zawartości. Zmiany te mogą zależeć od wartości kwasowości czynnej (pH) obu próbek YC-X11 i YC-X16, której średnia wartość wynosiła 4,8 (rys. 8). Ponadto w obu próbkach zaobserwowano podobny stosunek liczby pałeczek do paciorkowców, z przewagą *Streptococcus* (tab. 1). Różnica pomiędzy liczbą pałeczek i paciorkowców w obu tych próbkach wynosiła ok. 4 cykle logarytmiczne, co mogło zwiększyć aktywność enzymatyczną w produkcji.

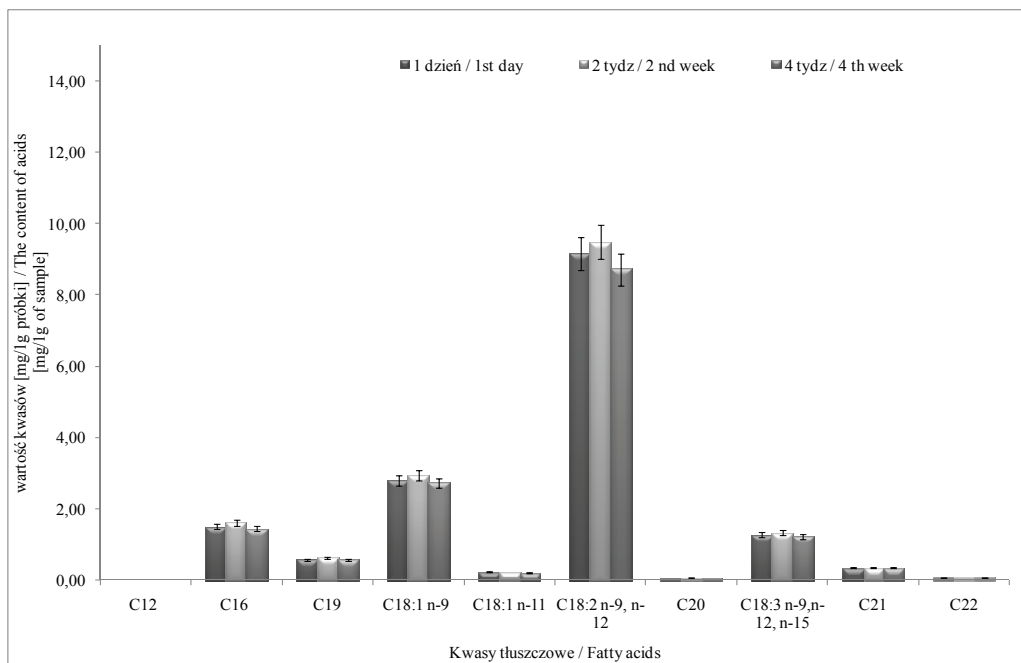


Rys. 4. Profil kwasów tłuszczowych w mleku sojowym fermentowanym kulturą YC-X16.

Fig. 4. Fatty acid profile of soy milk fermented by YC-X16 starter culture.

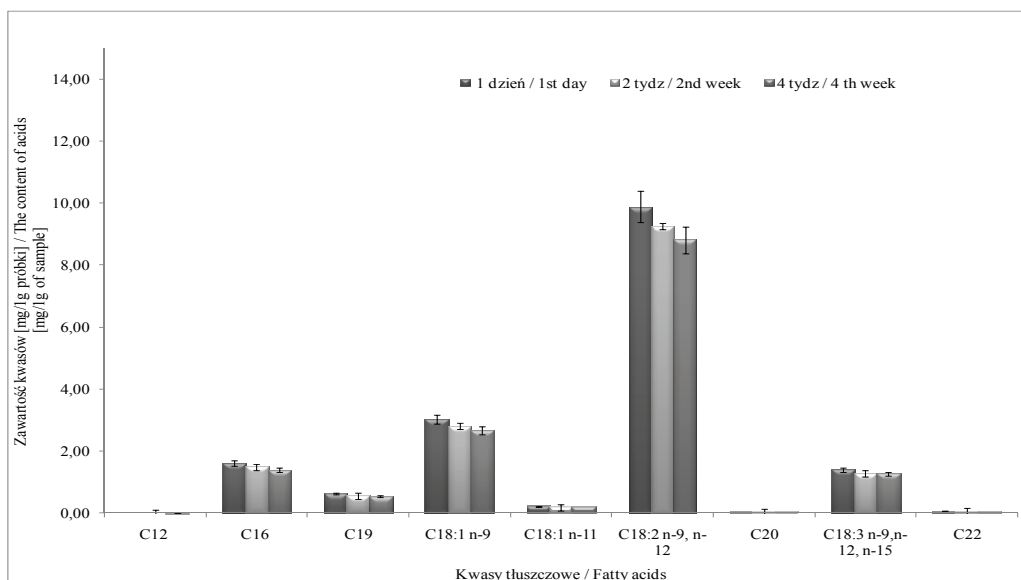
Jak dowodzą badania, asymilacja kwasów nienasyconych przez komórki bakterii mlekowych skutkuje zmianą profilu kwasów w bakteryjnej błonie komórkowej. Według danych literaturowych kwas C18:1 dodany do podłoża hodowlanego może być przekształcony do kwasu cyklopropanowego i wbudowany do błony komórkowej, czym można wytłumaczyć zmniejszenie zawartości kwasów w próbkach o stosunkowo najwyższych wartościach pH i tym samym o najmniejszym czynnikiem spowalniającym aktywność komórek bakteryjnych [8, 9, 10].

W niniejszej pracy zaobserwowano jednocześnie mniejsze przechowalnicze zmiany zawartości kwasów tłuszczowych lub brak tych zmian w próbce YOA i próbkach z dodatkiem glukozy, co można tłumaczyć zmniejszeniem wartości pH (rys. 6 i 7), o większym znaczeniu w porównaniu z wyżej opisywanymi próbkami (YC-X11 i YC-X16). Zmiana pH środowiska miała bezpośredni wpływ na aktywność biochemiczną mikroflory (rys. 8, tab. 1).



Rys. 5. Profil kwasów tłuszczowych w mleku sojowym z dodatkiem glukozy, fermentowanym kulturą YC-X16.

Fig. 5. Fatty acid profile of soy milk with glucose added and fermented by YC – X16 starter culture.



Rys. 6. Profil kwasów tłuszczowych w mleku sojowym fermentowanym kulturą YOA

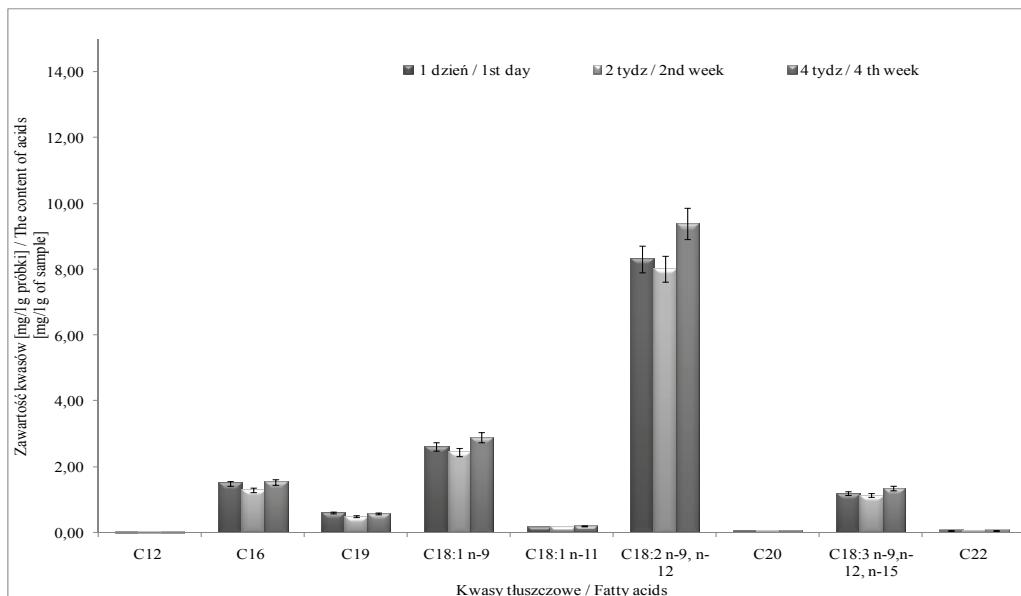
Fig. 6. Fatty acid profile of soy milk fermented by YOA starter culture.

Tabela 1

Przeżywalność bakterii w próbkach [$\log \text{ jtk/cm}^3$].
Viability of bacteria in samples [$\log \text{ CFU/ml}$].

Kultura starterowa Starter culture	Przed fermentacją Before fermentation		Po 4h fermentacji After 4h ferment.		2 tydz / 2 nd week		4 tydz / 4 th week	
	<i>Str.</i>	<i>Lb.</i>	<i>Str.</i>	<i>Lb.</i>	<i>Str.</i>	<i>Lb.</i>	<i>Str.</i>	<i>Lb.</i>
YOA	8,57	5,76	8,9	6,17	8,68	5,95	8,80	6,85
YOA +G	8,57	5,76	9,11	6,12	8,88	6,20	8,95	6,48
YC X11	8,74	3,57	8,78	3,57	8,81	3,57	8,30	3,18
YC X11+G	8,74	3,85	8,74	3,85	8,97	3,85	8,40	3,70
YC X16	8,72	3,60	8,74	3,60	8,81	3,60	7,44	3,54
YCX16+G	8,72	4,24	8,65	4,24	8,68	4,24	7,40	3,40

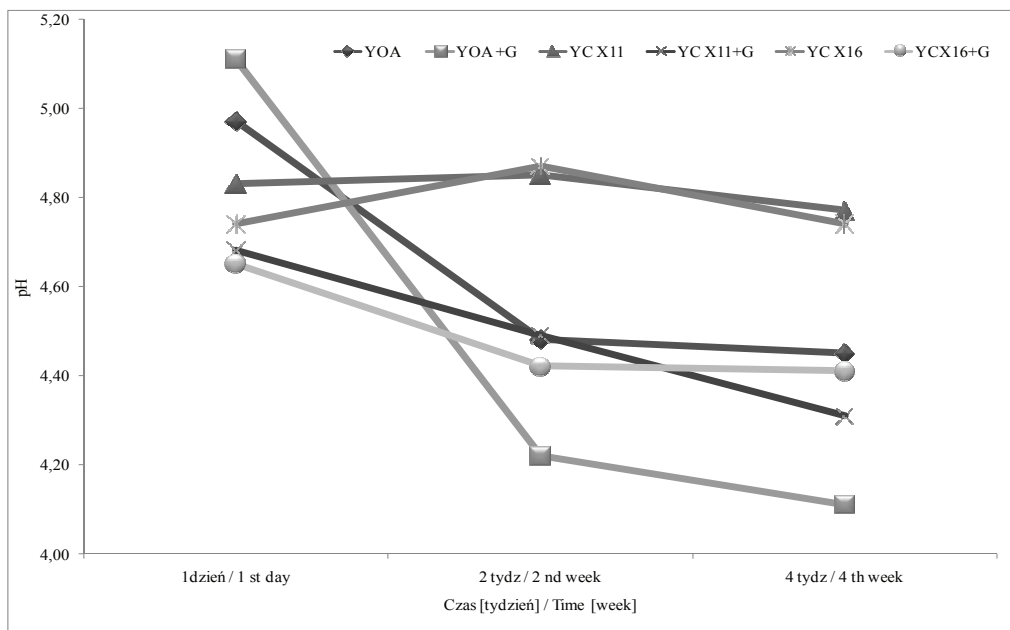
Dodatek glukozy istotnie ($p\text{-value} = 0,0000$) przyczynił się do obniżenia pH do wartości poniżej 4,6, co zaobserwowano w 2. tygodniu przechowywania w każdej próbce z dodatkiem glukozy (rys. 3, 5, 7 i 8). Wyjątkiem spośród próbek bez dodatku cukru była próbka fermentowana kulturą YOA, w której wartość pH wynosiła poniżej 4,6. Dla porównania, w próbce YOA+G (z glukozą) wartość pH w drugim tygodniu wynosiła 4,22, zaś po kolejnych dwóch tygodniach już 4,11.



Rys. 7. Profil kwasów tłuszczowych w mleku sojowym z dodatkiem glukozy fermentowanym kulturą YOA.

Fig. 7. Fatty acid profile of soy milk with glucose added and fermented by YOA starter culture.

Bezpośredni wpływ na różnice kwasowości próbek fermentowanych kulturą YOA z i bez dodatku cukru najprawdopodobniej miała liczebność mikroflory i mniejsza dysproporcja między liczbą pałeczek i paciorkowców w tej kulturze starterowej (tab. 1). Zmianę wartości pH mleka fermentowanego pod wpływem dodatku cukrów, jak i w czasie przechowywania, potwierdzają także wyniki innych badaczy [5, 18].



Rys. 8. Zmiany wartości pH w czasie czterotygodniowego przechowywania mleka sojowego.

Fig. 8. Changes in pH value during a four week period of storing soy milk.

Wnioski

1. Nie wykazano statystycznie istotnego wpływu rodzaju kultury na zawartość analizowanych kwasów, co może być podstawą do wnioskowania, że jogurty sojowe są dobrym źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych, których zawartość jest stabilna w czasie fermentacji i przechowywania.
2. Dodatek glukozy do mleka sojowego nie powoduje istotnej zmiany profilu kwasów tłuszczowych fermentowanego mleka sojowego. Głównie ma jednak wpływ na kwasowość produktu i pośrednio na aktywność enzymatyczną mikroflory.
3. Zmiany przechowalnicze dotyczące zawartości kwasów zaobserwowano w próbkach YC-X11 i YC-X16, w których wartość pH była wyższa od 4,6.

4. W próbkach z dodatkiem glukozy i próbce YOA, w których liczba pałeczek utrzymywała się na poziomie 10^6 jtk/cm³, a wartość pH < 4,6, nie wykazano wpływu czasu przechowywania na zawartość kwasów tłuszczowych.

Literatura

- [1] Collins Y.F., McSweeney P.L.H., Wilkinson M.G.: Evidence of a relationship between autolysis of starter bacteria and lipolysis in Cheddar cheese during ripening. *J. Dairy Res.*, 2003, **70**, 105-113.
- [2] Collins Y.F., McSweeney P.L.H., Wilkinson M.G.: Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *Int. Dairy J.*, 2003, **13**, 841-866.
- [3] Donkor O., Nilmini S., Stolic P., Vasiljevic T., Shah N.: Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. *Int. Dairy J.*, 2007, **17**, 657-665.
- [4] Farnworth E.: *Handbook of fermented functional foods*. CRC Press, 2003, pp. 236-237.
- [5] Farnworth E., Mainville I., Desjardins M., Gardner N., Fliss I., Champagne C.: Growth of probiotic bacteria and bifidobacteria in a soy yogurt formulation. *Int. J. Food Microbiol.*, 2007, **116**, 174-181.
- [6] Ghosin M., Bhattacharyya D.: Soy lecithin - monoester interchange reaction by microbial lipase, *JAOCs*, 1997, **74 (6)**, 761-763.
- [7] Hou J.-W., Yu R.-Ch., Chou Ch.-Ch.: 2000. Changes in some components of soymilk during fermentation with bifidobacteria. *Food Res. Int.*, 2000, **33**, 393-397.
- [8] Itoh Y. H., Sugai A., Uda I., Itoh T.: The evolution of lipids. *Adv. Space Res.*, 2001, **28 (4)**, 719-724.
- [9] Johnsson T., Nikkila P., Toivonen L., Rosenqvist H., Laakso S.: Cellular fatty acid profiles of *Lactobacillus* and *Lactococcus* strains in relation to the oleic acid content of the cultivation medium. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1995, **61 (12)**, 4497-4499.
- [10] Kankaampaa P., Yang B., Kallio H., Isolauri E., Salminen S.: Effects of polyunsaturated fatty acids in growth medium on lipid composition and on physicochemical surface properties of lactobacilli. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2004, **70 (1)**, 129-136.
- [11] Lortal S., Chapot-Chartier M.-P., 2005: Role, mechanisms and control of lactic acid bacteria lysis in cheese. *Int. Dairy J.*, 2005, **15**, 857-871.
- [12] Pinthong R., Macrae R., Rothwell J.: The development of a soya-based yoghurt. *J. Food Technol.*, 1980, **15**, 647-652.
- [13] Riaz M.: *Soy applications in food*. Taylor and Francis, 2006, 111-134.
- [14] Tamine A., Robinson R.: *Yoghurt: Science and Technology*, CRC Press 2000.
- [15] Tsangalis D., Shah N. P.: 2004. Metabolism of oligosaccharides and aldehydes and production of organic acids in soymilk by probiotic bifidobacteria. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2004, **39**, 541-554.
- [16] Zalewski S.: *Podstawy technologii gastronomicznej*. WNT, Warszawa 2003, ss. 215-224.
- [17] Zaręba D., Obiedziński M., Ziarno M. : Porównanie profilu lotnych związków mleka fermentowanego i niefermentowanego przez bakterie jogurtowe i szczepy probiotyczne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **15 (3)**, 18-32.
- [18] Zaręba D., Ziarno M., Obiedziński M.: Przeżywalność bakterii jogurtowych i probiotycznych w układach modelowych mleka niefermentowanego i fermentowanego. *Med. Wet.*, 2008, **64 (8)**, 1007-1011.
- [19] Zaręba D., Ziarno M., Obiedziński M., Bzducha A.: Profil lotnych związków modeli mleka niefermentowanego i fermentowanego przez bakterie jogurtowe. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **2 (57)**, 60-73.

FATTY ACID PROFILE OF SOYA MILK FERMENTED BY VARIOUS BACTERIA STRAINS OF LACTIC ACID FERMENTATION

S u m m a r y

The objective of this paper was to determine the impact of a starter culture applied, storage time, pH changes, and the addition of glucose on the fatty acid composition of fermented soya milk. In model soya yoghurts, the following fatty acids were determined using a gas-chromatography-mass- spectrometer: lauryl acid (C12), palmitic acid (C16), palmitoleic acid (C16:1 n-9), margaric acid (C17), nonadecanoic acid (C19), oleinic acid (C18:1 n-9), vaccenic acid (C18:1 n-11), linoleic acid (C18:2 n-9, n-12), arachidic acid (C20), and α -linolenic acid (C18:3 n-9,n-12, n-15). The major acids in soya yoghurt were: linoleic acid (C18:2 n-9, n-12), oleinic acid (C18:1 n-9), palmitic acid (C16:0), and α -linolenic acid (C18:3 n-9, n-12, n-15). It was proved that the storage time had a significant impact on the fatty acid profile. No statistically significant impact of bacteria culture and addition of glucose were reported on the content of fatty acids under analysis. The addition of glucose significantly impacted the pH value and caused the biochemical activity of micro-flora to decrease; thus, there were no changes in the content of the acids studied.

Key words: soya milk, fermentation, fatty acids 