

RAPORT

Badania jakościowe frakcji lipidowej emulsji i otrzymanego proszku

Agnieszka Hrebień – Filisińska, Alicja Tarnowiecka – Kuca, Artur Bartkowiak

w ramach realizacji projektu ProBioKap

„Prozdrowotne dodatki do żywności zawierające immobilizowane nienasycone kwasy tłuszczowe oraz bakterie probiotyczne otrzymywane metodą suszenia rozpyłowego”

nr POIG.01.03.01-32-193/09-06

OPIS ZAKRESU BADAŃ prowadzonych w ramach projektu ProBioKap

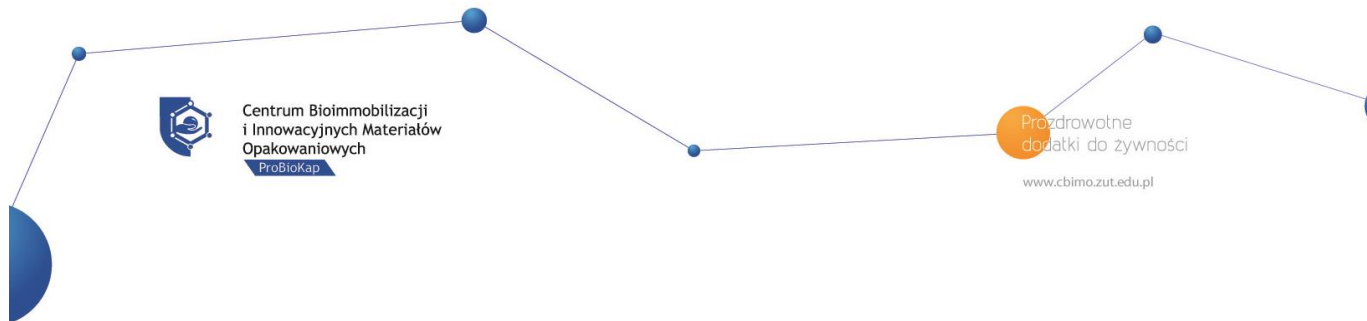
Podczas realizacji projektu „Prozdrowotne dodatki do żywności zawierające immobilizowane nienasycone kwasy tłuszczowe oraz bakterie probiotyczne otrzymywane metodą suszenia rozpyłowego” (PO IG 2007-2013), w ramach dziewiątego zadania: „Atestacja wybranych produktów” wyprodukowano proszki z immobilizowanym tranem i bakteriami probiotycznymi. Immobilizaty omega-3 poddano testom przechowalniczym. Receptury produktów, zarówno składu emulsji i doboru naturalnych, roślinnych antyoksydantów, oraz parametrów tworzenia stabilnych emulsji i proszków otrzymywanych w wyniku procesu suszenia rozpyłowego były owocem badań prowadzonych od początku trwania projektu przez cztery zespoły badawcze. W ramach badań wytypowano pięć najlepszych produktów proszkowych, które poddano wnikliwej analizie jakościowej przez zespół projektowy, oraz jednocześnie przez niezależne laboratorium akredytowane. Obie oceny jakościowe były pozytywne i zbliżone. Otrzymane proszki charakteryzowały się dobrą jakością oksydacyjną po procesie suszenia, oraz długim terminem trwałości podczas badań przechowalniczych.

Zakres raportu

W niniejszym raporcie przedstawione są wyniki analiz jakościowych frakcji lipidowej emulsji oraz otrzymanych w wyniku suszenia rozpyłowego proszków, w zależności od zastosowanego układu naturalnych antyoksydatów, wykonanych przez projektowy zespół badawczy.



10 g tranu → 29 g proszku (przy średniej zawartości tranu w proszku 35%)



Zdj. 1. Surowiec wyjściowy w postaci tranu rybiego oraz produkt końcowy w postaci sypkiego proszku

Wprowadzenie

Kwasy tłuszczowe omega-3, zwłaszcza formy długołańcuchowe: EPA i DHA wywierają korzystny wpływ na zdrowie człowieka, są niezbędne dla prawidłowego przebiegu przemian metabolicznych, oraz zapobiegają chorobą krążenia i nowotworowym. Działanie kwasów omega-3 jest wielokierunkowe. Pełnią funkcję budulcową, oraz regulującą (17). Kwas DHA jest głównie składnikiem błon komórowych tkanki nerwowej i siatkówki oka, bierze udział w rozwoju i funkcjonowaniu układu nerwowego, natomiast EPA wpływa głównie na czynność układu sercowo-naczyniowego przez syntezę eikozonoidów (8). Kwasy omega-3 korzystnie wpływają na profil lipidowy krwi, biorą udział w transporcie trójglicerydów i cholesterolu we krwi, zmniejszają ich stężenie i działają przeciwmiażdżycowo (5). Ostatnie doniesienia wykazują, że EPA i DHA są substratem do produkcji resolwin naturalnych substancji wygaszających procesy zapalne (1). Kwas DHA wchodzi w skład fotoreceptorów oka i bierze udział w prawidłowym widzeniu (11). Tran jest rekomendowany w leczeniu jaskry ponieważ zawarte w nim kwasy omega-3 zmniejszają ciśnienie wewnątrzgałkowe, zwiększają przepływu krwi do oka, nerwu wzrokowego i poprawiają funkcję neuroprotekcyjną, dodatkowo jest on źródłem witaminy A (7).

Kwasy tłuszczowe EPA i DHA tylko w bardzo niewielkim i niewystarczającym stopniu mogą być syntezowane z kwasu ALA pochodzącego z olejów roślinnych, dlatego należy je dostarczyć z dietą aby utrzymać optymalny stan zdrowia (9). Tak na prawdę jedynym źródłem tych kwasów w diecie są owoce morza, zwierzęta morskie i ryby, a właściwie ich tłuszcz. Przyjęto, że jednym ze wskaźników jakości zdrowotnej diety jest poziom spożycia kwasów grupy omega-3 i jego proporcja do kwasów grupy omega-6. Spożywanie kwasów omega-3 jest szeroko rekomendowane przy chorobach układu



sercowo-naczyniowego, ośrodkowego układu nerwowego (neurologiczno-psychiatrycznych), dermatologicznych, o podłożu zapalnym i onkologicznym (10).

Najbardziej powszechnym źródłem tych dobroczynnych kwasów tłuszczowych są ryby a właściwie ich tłuszcz. Część populacji ludzkiej głównie z uwagi na preferencje smakowe nie spożywa ryb. Alternatywą dla tych osób może być suplementacja olejami z organizmów wodnych lub tranami, które są bogate w EPA i DHA a dostępne są także w formie kapsułek. (3). Międzynarodowe zalecenia mówią o regularnym przyjmowaniu przez osoby dorosłe ok 200 mg DHA na dzień. Europejskie i Amerykańskie Towarzystwo Kardiologiczne (EHA, AHA) zaleca suplementację omega-3 w dawce 1 g na dobę u wszystkich osób po zawale lub ze stabilną chorobą wieńcową. Wg FDA dawkowanie kwasów omega-3 do 3 g na dzień jest bezpiecznym poziomem. Podwyższenie poziomu kwasów omega-3 w diecie można także osiągnąć przez spożywanie produktów wzbogaconych w omega-3. Znane są na świecie produkty żywnościowe wzbogacone tymi kwasami (10). Producenci żywności wzbogacanej w kwasy omega-3 mogą na opakowaniu umieścić świadczenia żywieniowe. Zgodnie z rozporządzeniem Komisji UE nr 116/2010 z 9.02.10 produkt, który zawiera przynajmniej 0,3 g kwasu alfa-linolowego na 100 g i na 100 kcal lub przynajmniej 40 mg kwasu EPA i DHA razem na 100 g i 100 kcal może być nazwany źródłem kwasów tłuszczowych omega-3, natomiast produkt, który zawiera przynajmniej 0,6 g kwasu alfa-linolowego na 100 g i na 100 kcal lub przynajmniej 80 mg kwasu EPA i DHA razem na 100 g i 100 kcal może być nazwany produktem o wysokiej zawartości kwasów omega-3.

Zaufanie budzi tran, który poza cennymi kwasami omega-3 EPA, DHA zawiera również znaczną ilość witaminy A i jest dostępny w różnej postaci, również w formie umożliwiającej wzbogacenie produktów żywnościowych.

Tran, olej z wątroby ryb dorszowatych, podobnie jak inne tłuszcze rybne z uwagi na budowę i obecność wielu nienasyconych wiązań, jest bardzo podatny na utlenianie. Procesy utleniania prowadzą do obniżenia wartości żywieniowej, niepożądanego zapachu i smaku oraz do powstania związków toksycznych (4). Najnowsze badania wskazały, że spożywanie utlenionych tłuszczów może przyczynić się do rozwoju miażdżycy



i zakrzepicy (15). Zastosowanie przeciwutleniaczy jest jednym ze sposobów, aby zminimalizować jęłczenie, opóźnić tworzenie się toksycznych produktów utleniania, zachować wartość odżywczą i zwiększyć okres trwałości artykułów spożywczych (6).

Do najbardziej popularnych przeciwutleniaczy syntetycznych należą: BHA, BHT, TBHQ, oraz estry kwasu galusowego, np galusan propylu (PG) (16). Bezpieczeństwo syntetycznych antyoksydantów, zostało jednak zakwestionowane. TBHQ jest zakazane w Japonii i niektórych krajach europejskich a BHA i BHT są zgłaszane jako rakotwórcze (6). Obecnie istnieje tendencja wśród technologów żywności aby zastępować syntetyczne przeciwutleniacze naturalnymi (13). Naturalne przeciwutleniacze występują prawie we wszystkich roślinach, mikroorganizmach, grzybach, a nawet w tkankach zwierzęcych. Większość naturalnych przeciwutleniaczy obejmuje związki fenolowe, najważniejsze grupy naturalnych przeciwutleniaczy to: tokoferole, flawonoidy i kwasy fenolowe (16). Bardzo dobrym źródłem substancji antyoksydacyjnych są zioła i przyprawy, a ekstrakty z nich pozyskane na skalę przemysłową stosuje się do przedłużenia trwałości żywności w przemyśle spożywczym.

Ograniczenie utleniania można także osiągnąć poprzez proces mikrokapsułkowania. Wśród różnych metod mikrokapsułkowania najczęściej stosowaną techniką jest suszenie rozpyłowe (12). Poddanie oleju rybnego procesowi mikrokapsułkowania nadaje mu postać proszku, która jest wygodną formą, którą można stosować m. in. przy produkcji odżywek dla dzieci. Kwasy omega-3 w postaci preparatów oleju rybiego mogą być stosowane do wzbogacania wielu produktów spożywczych np: tłuszczów do smarowania pieczywa, mleka, jogurtów, twarożków, majonezów, koncentratów spożywczych, czy produktów odżywczych instant w formie proszku. (8). W procesie suszenia rozpyłowego olej homogenizuje się z nośnikiem rozpuszczonym w wodzie, a otrzymaną emulsję suszy się bardzo szybko w komorze suszarki rozpyłowej, w wyniku czego otrzymuje się sproszkowany produkt. Mikrokapsułkowanie zatrzymuje wrażliwe materiały, takie jak długołańcuchowe kwasy tłuszczowe w ścianie matrycy i ściana ta służy jako bariera dla tlenu i wilgoci, co powoduje zwiększenie stabilności oksydacyjnej (12).



Celem badań było znalezienie takiego naturalnego antyoksydanta, bądź układu kilku antyoksydantów, który zabezpieczy tran przed niekorzystnymi zmianami oksydacyjnymi podczas suszenia rozpyłowego, oraz wraz z immobilizowaniem i odpowiednim zapakowaniem zapewni przedłużenie trwałości proszków rozpyłowych podczas przechowywania w 4°C.

Materialy i metody

W celu uzyskania immobilizowanego tranu w postaci proszku, przygotowano pięć emulsje typu o/w z dodatkiem bakterii probiotycznych. Recepturę ustalona na podstawie wcześniejszych badań wstępnych. Fazę ciągłą każdej emulsji stanowił roztwór skrobi modyfikowanej i maltodekstryny, a fazę rozproszoną tran firmy LYSI, Islandia. Według specyfikacji producenta tran charakteryzował się dobrą jakością (liczba nadtlenkowa: 2,6 meq O₂/kg; liczba anizydynowa 3,7; zawartość EPA 8,4% i DHA 12,3). Przygotowane emulsje różniły się zastosowanym układem antyoksydantów. Antyoksydanty to produkty komercyjne, które pozyskano od firm w ramach realizacji projektu. Do stabilizacji tranu zastosowano układy, które wybrano na podstawie wcześniejszych badań o następujących stężeniach w stosunku do masy tranu:

1. Olejek oregano/ ekstrakt rozmarynowy A [0,5%/1,25%]
2. Olejek oregano/ ekstrakt rozmarynowy B [1%/1,25%]
3. Ekstrakt rozmarynowy B [0,5%]
4. Olejek oregano/olejek goździkowy/ ekstrakt rozmarynowy A [0,5%/0,5%/0,5%]
5. Olejek oregano/olejek goździkowy/ ekstrakt rozmarynowy B [0,25%/0,25%/0,5%]

Otrzymane emulsje poddano suszeniu rozpyłowemu (suszarka rozpyłowa ¼ techniczna (Anhydro, temperatura wejściowa: 180 °C, temp. wyjściowa: 75 - 80°C) i otrzymano 5 suchych produktów (immobilizatów zawierających bakterie probiotyczne i stabilizowany tran z wątroby dorsza). Uzyskane proszki zapakowano w folię (laminat ALUMINIUM Z/M, materiał: PET12/AL8/PE80 S/M) w atmosferze modyfikowanej (25% CO₂/75% N₂). Próby przechowywano przez pół roku w temperaturze chłodniczej 4°C. W doświadczeniu



przeprowadzono analizy jakości frakcji lipidowej otrzymanych emulsji, proszków po suszeniu, oraz proszków podczas przechowywania, w odstępach miesięcznych.

W celu odzysku frakcji lipidowej emulsje i proszki poddano ekstrakcji chloroformowo-metanolowej wg Linko (1967). Następnie zbadano stopień utlenienia tranu w emulsji i proszkach, oznaczono:

- Liczba nadtlenkowa kolorymetryczna (I) w mgO/100g tłuszczu wg normy BN – 74/8020 - 07.
- Liczba nadtlenkowa miareczkowa (II) w meqO/kg tłuszczu wg normy PN - ISO 3960 : 1996.
- Liczba anizydynowa (LA) wg normy PN - 93/A - 86926.
- Wskaźnik Totox (I) wyliczony wg normy PN - 93/A - 86926
- Wskaźnik Totox (II) wyliczony wg normy PN - 93/A - 86926
- Liczba kwasowa wg normy PN - ISO 660 : 1998.
- Liczba jodowa wg normy PN - ISO 3961 : 1998.
- Analiza spektrofotometryczna widm chloroformowych UV ViS (stopień sprzężenia dienów, trienów) wg Kołakowskiej (2003)

Oznaczono także zawartość tłuszczu w proszkach i emulsji, oraz skład kwasów tłuszczowych:

- Zawartość tłuszczu zamkniętego w kapsułkach wg Calvo (2011) w proszkach.
- Całkowitą zawartość tłuszczu w proszku i emulsji – oznaczono metodą grawimetryczną, przez określenie masy tłuszczu zawartego w ekstrakcie chloroformowym z ekstrakcji wg Linko (1967), przez odparowanie chloroformu i zważenie pozostałości.
- Całkowitą zawartość tłuszczu w proszku przy pomocy aparatu Soxhleta.
- Oznaczenie składu kwasów tłuszczowych w ekstraktach chloroformowych oznaczano metodą chromatografii gazowej (GC), przy użyciu chromatografu gazowego Agilent Technology 7890A USA , sprzężonego z detektorem wyposażonym w spektrometr masowy (MS). Estry metylowe kwasów



tłuszczowych (FAME) przygotowywano zgodnie z procedurą opisaną przez Domiszewskiego i Bienkiewicza (2010).

Wszystkie wyniki dotyczące przeprowadzonych oznaczeń z powyższego doświadczenia dla emulsji i dla proszków są przedstawione na kartach analiz danego produktu (załącznik 1 i 2/1-5). Poniżej zaprezentowano i omówiono tylko niektóre istotne wskaźniki jakościowe charakteryzujące jakość emulsji i proszków: oznaczenia liczby nadtlenkowej kolorymetrycznej (I), oznaczenia liczby nadtlenkowej miareczkowej (II), liczby anizydynowej i wskaźnika Totox (I) i (II) zawartość tłuszczu w emulsji i proszkach.

Wyniki

Jakość emulsji i otrzymanego proszku. Wpływ warunków suszenia na jakość proszków

Otrzymane emulsje zawierały ok. 12% udziału fazy lipidowej, natomiast w proszkach zawartość ta przekraczała 30%, w zależności od zastosowanej metody ekstrakcyjnej (tabela 1).

Wszystkie emulsje i proszki otrzymane w wyniku suszenia rozpyłowego charakteryzowały się dobrą jakością frakcji lipidowej (karty analiz, oraz ryciny 1-3). Liczba nadtlenkowa kalorymetryczna (I) we wszystkich emulsjach wahała się od 6,4 do 13,9 meqO/100g, najniższa była w emulsji 4, stabilizowanej układem antyoksydantów: olejek oregano 0,5%/olejek goździkowy 0,5%/ekstrakt rozmarynowy A 0,5%. Bardziej wyrównane wartości liczby nadtlenkowej (I) otrzymano dla proszków, wynosiły one od 8,0 do 11,4 meqO/100g, najniższe uzyskano dla trzyskładnikowego układu antyoksydantów: olejek oregano 0,25%/olejek goździkowy 0,25%/ekstrakt rozmarynowy B 0,5% (rycina 1). Proces suszenia emulsji, w większości prób, nie spowodował znaczącego wzrostu ilości pierwotnych produktów utleniania, tylko w 4 proszku oznaczono nieco wyższą liczbę nadtlenkową niż w emulsji wyjściowej.



W przypadku liczby anizydynowej, oraz wskaźnika Totox (I) będącego miernikiem ogólnego poziomu utlenienia wyniki były podobne, nie zaobserwowano znaczących różnic między emulsjami a proszkami, co wskazuje, że suszenie emulsji nie spowodowało istotnych zmian oksydacyjnych i spadku jakości frakcji lipidowej w otrzymanych proszkach. Liczba anizydynowa dla emulsji wynosiła od 6,4 do 9,5 a dla proszków od 7,2 do 8,9. Podobne poziomy wartości otrzymano w przypadku wskaźnika Totox: od 6,6 do 9,9 dla emulsji i od 7,5 do 9,2 dla proszków (rycina 2 i 3).

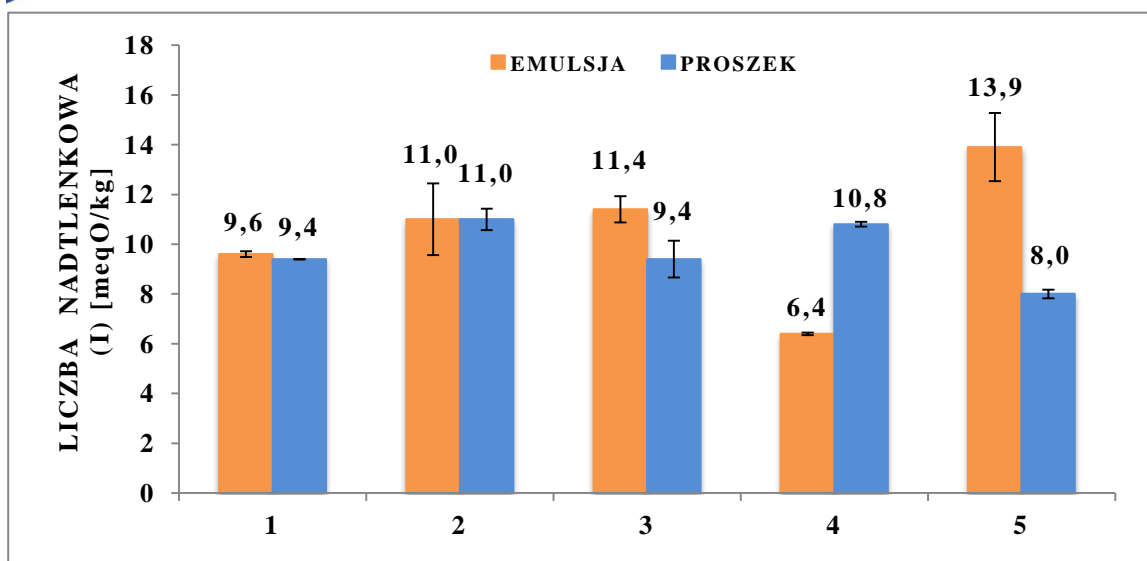
Liczba jodowa emulsji mieściła się w zakresie 147-152 (gI/100g tł.) a dla proszków wartość parametru przekraczała 150 gI/100 g tł. co świadczy o wysokiej zawartości wiązań nienasyconych w badanym tłuszczu.

Wszystkie zastosowane układy antyoksydantów wykazały wysokie działanie przeciwutleniające w przeprowadzonym doświadczeniu i pozwoliły otrzymać proszek z kwasami omega-3 o niskim stopniu utlenienia.

Otrzymane proszki zapakowano i przechowywano w modyfikowanej atmosferze przez pół roku w warunkach chłodniczych w 4°C, co miesiąc badano stopień utlenienia lipidów i jakość proszków.

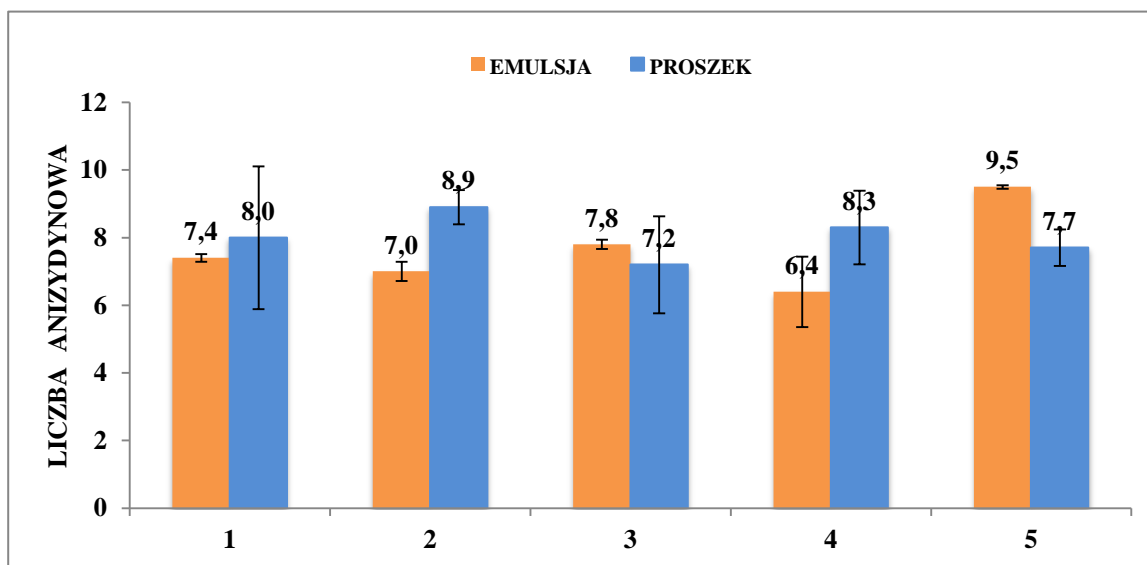
Tabela 1. Zawartość lipidów w emulsjach i proszkach stabilizowanych różnymi układami antyoksydantów.

Badane próby	Zawartość tłuszczu całkowitego [%]		
	Proszek		Emulsja
	Ekstrakcja Soxhleta	Ekstrakcja wg Linko	Ekstrakcja wg Linko
1. O.oregano 0,5%/e. rozmaryn A 1,25%	38±0,56	33±7,76	11,8
2. O.oregano 1%/e. rozmaryn B 1,25%	36±0,74	34±1,10	11,6
3. E. rozmaryn B 0,5%	37±0,44	34±0,49	12,5
4. O.oregano 0,5%/o. goździkowy 0,5%/ e. rozmaryn A 0,5%	35±0,57	37±2,43	11,8
5. O.oregano 0,25%/o. goździkowy 0,25%/ e. rozmaryn B 0,5%	36±0,02	37±2,43	11,4



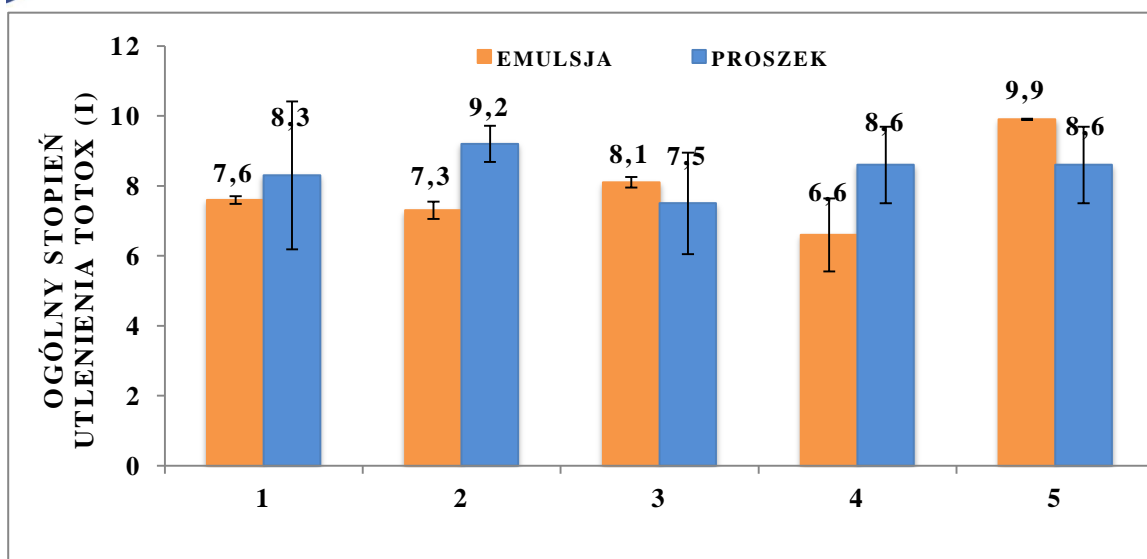
Rys. 1. Pierwotne produkty utleniania frakcji lipidowej emulsji i proszków, różniących się zastosowanymi antyoksydantami (1-5), wyrażone jako liczba nadtlenkowa.

Antyoksydanty: 1 - O. oregano/e. rozmarynowy A [0,5%/1,25%], 2 - O. oregano/e. rozmarynowy B [1%/1,25%], 3 - E. rozmarynowy B [0,5%], 4 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy A [0,5%/0,5%/0,5%], 5 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy B [0,25%/0,25%/0,5%]



Rys. 2. Wtórne produkty utleniania frakcji lipidowej emulsji i proszków, różniących się zastosowanymi antyoksydantami (1-5), wyrażone jako liczba anizydynowa.

Antyoksydanty: 1 - O. oregano/e. rozmarynowy A [0,5%/1,25%], 2 - O. oregano/e. rozmarynowy B [1%/1,25%], 3 - E. rozmarynowy B [0,5%], 4 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy A [0,5%/0,5%/0,5%], 5 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy B [0,25%/0,25%/0,5%]



Rys 3. Ogólny wskaźnik utleniania frakcji lipidowej emulsji i proszków, różniących się zastosowanymi antyoksydantami (1-5), wyrażone jako Totox (I).

Antyoksydanty: 1 - O. oregano/e. rozmarynowy A [0,5%/1,25%], 2 - O. oregano/e. rozmarynowy B [1%/1,25%], 3 - E. rozmarynowy B [0,5%], 4 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy A [0,5%/0,5%/0,5%], 5 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy B [0,25%/0,25%/0,5%]

Przechowywanie proszków

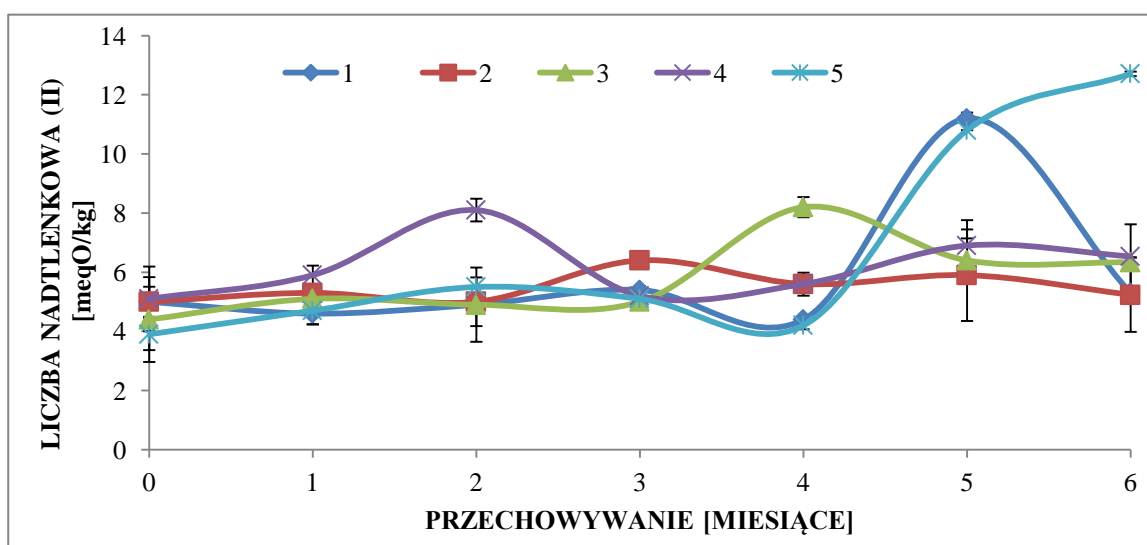
Wszystkie proszki zachowywały bardzo dobrą jakość i nie wykazywały zmian oksydacyjnych do 4 miesiąca przechowywania (rycina 4-6, karty analiz w załączniku 2/1-5). Wartość liczby nadtlenkowej miareczkowej (II) dla badanych prób nie przekraczała 10 meq/kg. Po 4 miesiącach nastąpił niewielki wzrost pierwotnych produktów utleniania w przypadku próby 1, stabilizowanej układem antyoksydantów: o. oregano 0,5%/e. rozmarynowy A 1,25%, oraz próby 5, gdzie zastosowano: o. oregano 0,25%/o. goździkowy 0,25%/e. rozmarynowy B 0,5%. W przypadku trzech pozostałych proszków: 2, 3 i 4 (2 - o. oregano 1%/e. rozmarynowy B 1,25%, 3 - e. rozmarynowy B 0,5%, 4 - o. oregano 0,5%/o. goździkowy 0,5%/e. rozmarynowy A 0,5%), wartość liczby nadtlenkowej nawet do 6 miesiąca była niska, wynosiła odpowiednio: 5,2; 6,3; 6,5 meq/kg (rys. 4).

Podobnie było w przypadku liczby anizydynowej i ogólnego wskaźnika totox (rys. 5 i 6). We wszystkich badanych proszkach do 4 miesiąca przechowywania nie zaobserwowano zachodzących zmian oksydacyjnych. Natomiast od 4 miesiąca wzrosła



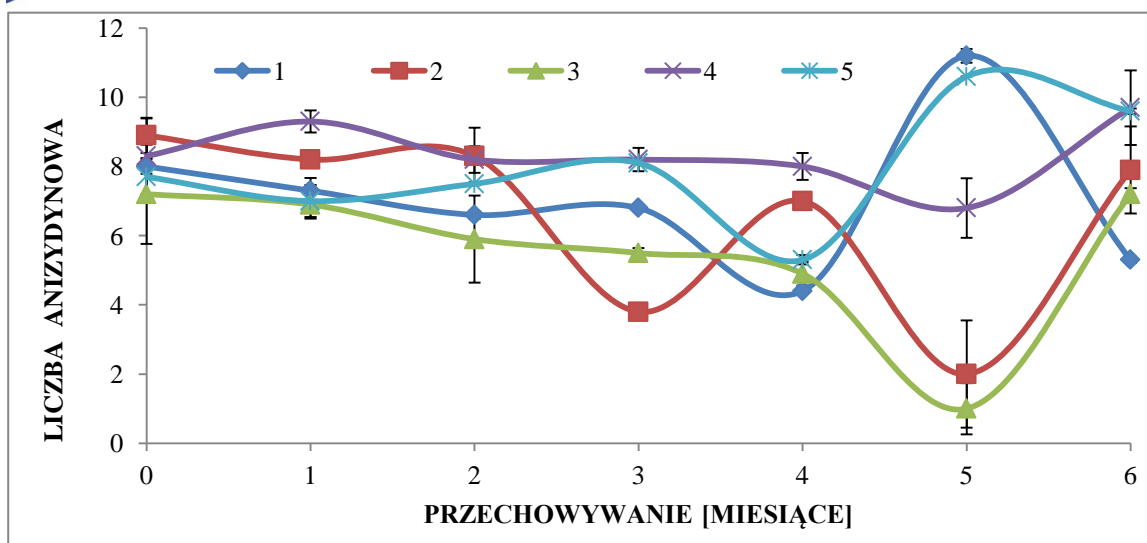
trochę zawartość wtórnych i ogólnych produktów utleniania w proszkach: 1 i 5. Pozostałe trzy proszki zachowywały nie zmienną jakość oksydacyjną do pół roku. Szczególnie proszek 2 gdzie zastosowano układ antyoksydantów: o. oregano 1%/e. rozmarynowy B 1,25%, oraz proszek 3 z ekstraktem rozmarynowym B 0,5% wyróżniały się wysoką jakością frakcji lipidowej pod względem zawartości pierwotnych i wtórnych produktów utleniania.

Liczba jodowa proszków w większości badanych prób przekraczała 150 gI/100 g lub była bliska tej wartości, co świadczy o wysokiej zawartości wiązań nienasyconych w badanym tłuszczu. Tylko w przypadku trzeciego proszku w 5 miesiącu przechowywania zaobserwowano niewielki spadek liczby jodowej, a w 6 miesiącu wynosiła ona 145,7 gI/100g tł (karty analiz- załącznik 2).



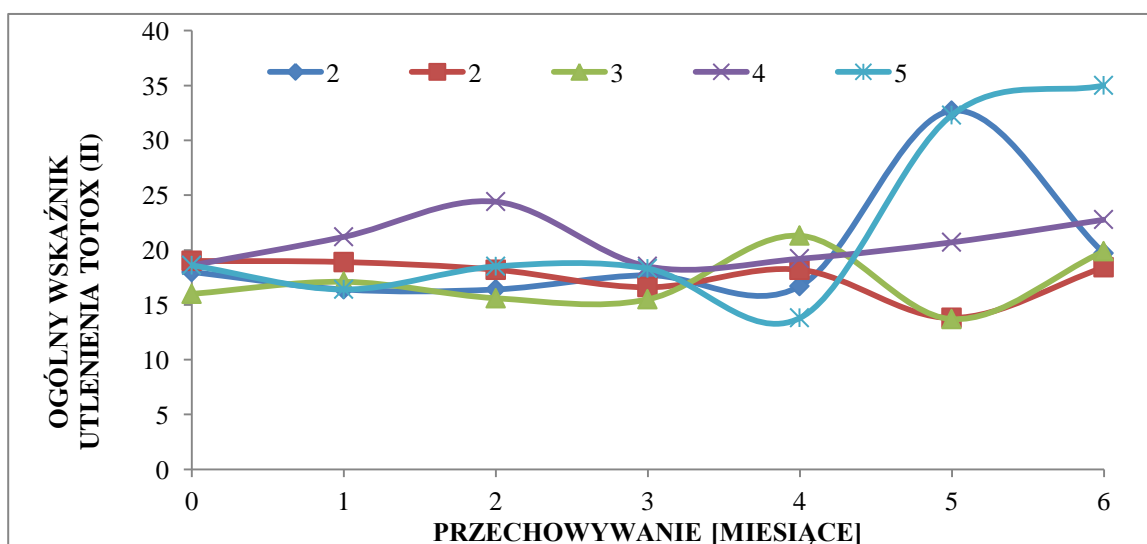
Rys. 4. Zmiany liczby nadtlenkowej [meqO/kg] frakcji lipidowej proszków stabilizowanych różnymi układami antyoksydantów (1-5), podczas sześciomiesięcznego przechowywania w temperaturze 4°C, w modyfikowanej atmosferze.

Antyoksydanty: 1 - O. oregano/e. rozmarynowy A [0,5%/1,25%], 2 - O. oregano/e. rozmarynowy B [1%/1,25%], 3 - E. rozmarynowy B [0,5%], 4 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy A [0,5%/0,5%/0,5%], 5 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy B [0,25%/0,25%/0,5%]

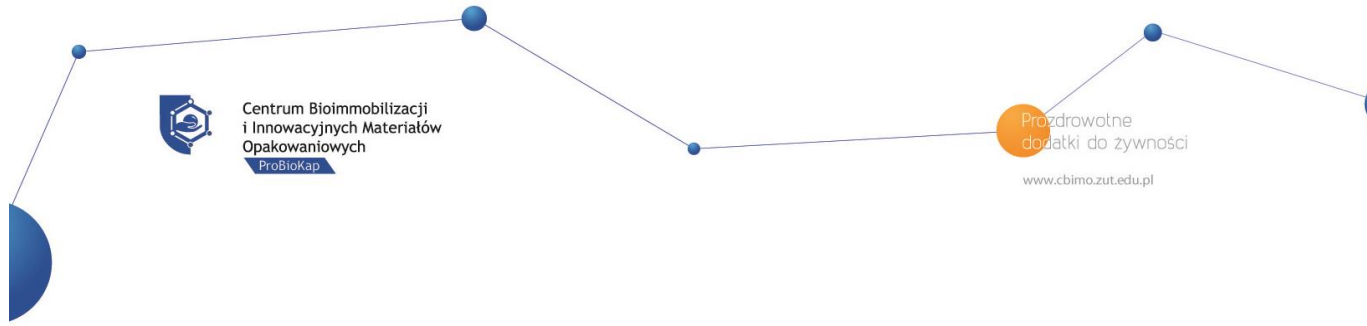


Rys. 5. Zmiany liczby anizydynowej frakcji lipidowej proszków stabilizowanych różnymi układami antyoksydantów (1-5), podczas sześciomiesięcznego przechowywania w temperaturze 4°C, w modyfikowanej atmosferze.

Antyoksydanty: 1 - O. oregano/e. rozmarynowy A [0,5%/1,25%], 2 - O. oregano/e. rozmarynowy B [1%/1,25%], 3 - E. rozmarynowy B [0,5%], 4 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy A [0,5%/0,5%/0,5%], 5 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy B [0,25%/0,25%/0,5%]



Rys. 6. Zmiany ogólnego wskaźnika utlenienia frakcji lipidowej proszków stabilizowanych różnymi układami antyoksydantów (1-5), podczas sześciomiesięcznego przechowywania w temperaturze 4°C, w modyfikowanej atmosferze. Antyoksydanty: 1 - O. oregano/e. rozmarynowy A [0,5%/1,25%], 2 - O. oregano/e. rozmarynowy B [1%/1,25%], 3 - E. rozmarynowy B [0,5%], 4 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy A [0,5%/0,5%/0,5%], 5 - O. oregano/o. goździkowy/e. rozmarynowy B [0,25%/0,25%/0,5%]



Podsumowanie

1. W wyniku suszenia rozpyłowego emulsji otrzymano stabilne proszki z immobilizowanym tranem i bakteriami probiotycznymi.
2. Średnia zawartość tranu w proszkach wynosiła 35% (ekstrakcja wg Linko), co wskazuje, że 29 g proszku odpowiada 10 g tranu.
3. Otrzymane proszki charakteryzowały się wysoką jakością frakcji lipidowej.
4. Podczas przechowywania wszystkie proszki z immobilizowanym tranem nie wykazywały zmian oksydacyjnych do czwartego miesiąca, natomiast trzy zachowały wysoką jakość nawet przez pół roku podczas przechowywania w modyfikowanej atmosferze w temperaturze 4°C.



Piśmiennictwo

1. Duda M. K., O'Shea K. M., Stanley W. C. 2010. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 w niewydolności serca. *Kard. Pol.* 68SV, 400-404.
2. Farhat M. B., Chaouch-Hamada R., Sotomayor J. A., Landoulsi A., Jordanc Maria J. 2014. Antioxidant potential of *Salvia officinalis* L. residues as affected by the harvesting time. *Industrial Crops and Products* 54, 78–85.
3. Gebauer S. K., Psota T. L., Harris W. S., Kris-Etherton P. M. 2006. n-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. *Am. J. Clin. Nutr.* 83, 1526S–35S.
4. Halvorsen B. L., Blomhoff R. 2011. Determination of lipid oxidation products in vegetable oils and marine omega-3 supplements. *Food and Nutrition Research* 55, 1-12.
5. Howard B. V., Hannah J. S., Heiser C. C., Jablonski K. A., Poidi M. C., Alarif L., Robins D. C., Howard W. J. 1995. *Am. J. Clin. Nutr.* 62, 392-402. Lecerf J. M. 2009. Fatty acids and cardiovascular disease. *Nutr. Rev.*, 67, 273-283.
6. Hamdy Roby M. H., Sarhan A. M., Selim Abdel.-Hamed K., Khalel K. I. 2013. Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Industrial Crops and Products* 43, 827–831.
7. Huang W. B., Fan Q, Zhang X. L. 2011. Cod liver oil: a potential protective supplement for human glaucoma. *Int. J. Ophthalmol* 4 (6), 648-651.
8. Kolanowski W. 2007. Długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 – znaczenie zdrowotne w obniżeniu ryzyka chorób cywilizacyjnych. *Chem. Toksykol.* 40, 3, 229-237.
9. Kris-Etherton P. M., Harris W. S., Appel L. J. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. 2002. *Circulation* 106, 2747–2757.
10. Nowak J. Z. 2009. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 w siatkówce i praktyce medycznej – blaski i cienie. *Magazyn Lekarza Okulisty* 3 (4), 208-220.



11. Nowak J. Z. 2010. Przeciwwzapalne „prowygaszeniowe” pochodne wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega 3 i omega 6. *Post. Hig. Med. Dośw.* 64, 115-132.
12. Przybysz M. A., Szterek A., Zawislak M., Dłużewska E. 2014. Wpływ procesu mikrokapsułkowania i dodatku przeciwutleniaczy na stabilność oleju rybnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2 (93), 123-138.
13. Rasmy N. M., Hassan A. A., Foda M. I., El-Moghazy M. M. 2012. Assessment of the antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) extracts on the shelf life of mayonnaise. *World Journal of Dairy and Food Sciences* (1) 7, 28-40.
14. Rozporządzeniem Komisji UE nr 116/2010 z 9 lutego 2010 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1924/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wykazu oświadczeń żywieniowych.
15. Turner R., McLean C. H., Silvers K. M. 2006. Are the health benefits of fish oils limited by products of oxidation? *Nutr. Res. Rev.* 19, 53-62.
16. Yanishlieva-Maslarova N. V. 2001. Inhibiting oxidation. In: Pokorny J, Yanishlieva N, Gordon M, editors. *Antioxidants in food*. BocaRaton: CRC Press, 22-57.
17. Ziemiański Ś. 1997. Tłuszcze w żywieniu człowieka. *Żyw. Czł. Met.* 24 (2), 35.

oraz:

18. Calvo P., Castaño Á. L., María, Hernández T., González-Gómez D. 2011. Effects of microcapsule constitution into the quality of microencapsulated walnut oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2011, 113, 1273–1280.
19. Domiszewski, Z., Bienkiewicz, G. 2010. Determining fish fatty acid composition: a comparison of preparation fatty acid metyl esters direct and AOAC methods. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis*, 281, 19–30.
20. Kołakowska A. 2003. Lipid Oxidation in: Chemical and functional properties on food lipids. Red Z. Sikorski, A Kołakowska. CRC Press LLC, Cambridge, 133-154.
21. Linko R.R., 1967. Fatty acid and other components of Baltic herring flesh lipids, *Ann. Univ. Turku. Ser. A.*, 101, 7-121