

Ewa Flaczyk, Józef Korczak, Danuta Górecka

Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu, Katedra Technologii Żywnienia Człowieka

Stabilizacja oleju rzepakowego za pomocą kolagenowych hydrolizatów białkowych

Stabilization of rapeseed oil by collagen protein hydrolysates

Słowa kluczowe: olej rzepakowy, utlenianie tłuszczu, przeciwutleniacze, hydrolizaty białkowe

Key words: rapeseed oil, fat oxidation, antioxidants, protein hydrolysates

Celem pracy było zbadanie wpływu dodatku kolagenowych hydrolizatów białkowych (kwasowego i enzymatycznego) na stabilność oleju rzepakowego przechowywanego w temperaturze pokojowej przez okres trzech miesięcy i w warunkach testu termostatowego. Badane hydrolizaty enzymatyczny i kwasowy wykazywały zróżnicowane właściwości ochronne wobec oleju rzepakowego przechowywanego w temperaturze pokojowej. Natomiast w teście termostatowym Schaala, takie właściwości wykazywał jedynie hydrolizat kwasowy. Najlepszymi właściwościami hamującymi procesy oksydacyjne w stosunku do oleju rzepakowego charakteryzował się hydrolizat kwasowy przy stężeniu 2 i 5%, który w zależności od czasu i warunków przechowywania, obniżał poziom nadtlenków 4- do 19-krotnie i wydłużał okres indukcyjny w teście Schaala 2,2- do 2,4-krotnie.

The objective of the study was to evaluate influence of collagen protein hydrolysates (acid and enzymatic origin) on stability of rapeseed oil stored three months at room temperature and in conditions of the Schaal oven test. Both hydrolysates showed different antioxidant activity in rapeseed oil stored at room temperature, but in Schaal oven test only acid hydrolysate possessed antioxidant effect. Acid hydrolysate at the concentration of 2 and 5% possessed the best antioxidant activity. It reduced peroxides value by 4-19 times and extended the induction period 2,2-2,4 fold.

Wstęp

Olej rzepakowy jest najpopularniejszym olejem jadalnym w naszym kraju, jednakże ze względu na dużą zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych jest szczególnie podatny na procesy oksydacyjne. Utlenianie olejów może zachodzić zarówno w czasie przechowywania w magazynach oraz dystrybucji w sieci detalicznej, jak i podczas przyrządzania potraw w gospodarstwach domowych i przemysłowej produkcji potraw. Ustawodawstwo polskie nie przewiduje stosowania przeciwutleniaczy syntetycznych jako dodatku do olejów. Można stosować jedynie przeciwutleniacze pochodzenia naturalnego, takie jak

tokoferole. Pewne ilości endogennych tokoferoli znajdują się w rafinowanym oleju rzepakowym, a dodatek innych naturalnych przeciwutleniaczy, w tym hydrolizatów białkowych, może wpływać korzystnie na ich regenerację. Hydrolizaty białkowe w swoim składzie posiadają aminokwasy, peptydy i produkty reakcji Maillarda (PRM). Właściwości przeciwutleniające hydrolizatów białkowych zależą od oddziaływania czynników środowiska, np. temperatury, dostępu tlenu i światła. Dotychczas hydrolizaty białkowe zarówno pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego wykorzystywane są przede wszystkim jako dodatki poprawiające wskaźniki sensoryczne potraw mięsnych, symulujące smak potraw pochodzenia zwierzęcego, stabilizujące i żelujące. Są też składnikami żywności dietetycznej, odżywek dla niemowląt, sportowców i rekonwalescentów oraz ludzi starszych (Flaczyk 1997a i b; Korczak i in. 1995; Pokorny, Korczak 2001).

Powszechnie wiadomo, że zmienione oksydacyjnie tłuszcze przyczyniają się do pogorszenia jakości sensorycznej żywności, a co gorsze biorą udział w procesach starzenia się organizmu ludzkiego oraz etiologii takich chorób, jak miażdżycza i nowotwory (Addis i Warner 1991, Eriksson 1987, Frankel 1996, Janitz i in. 1990a i b, Kubow 1990, Sanders 1989, Ziemiański i Budzyńska-Topolowska 1991). Zapobieganie procesom utleniania tłuszczów jest więc wysoce pożądane.

Celem pracy było zbadanie wpływu dodatku kolagenowych hydrolizatów białkowych otrzymanych na drodze hydrolizy kwasowej i enzymatycznej na stabilność oleju rzepakowego.

Material i metody

Hydrolizaty białkowe otrzymano z odtłuszczonych skwarek świńskich ($N_{og} = 13,1\%$), produktu ubocznego przemysłu mięsnego. Hydroliza kwasowa przebiegała przy ogrzewaniu w temperaturze 108–110°C przez 12 godzin odtłuszczonych skwarek z dodatkiem HCl (jako katalizatora) i wody. Po hydrolizie całość neutralizowano węglanem sodu do pH = 5,7, odbarwiano węglem aktywnym i po trzykrotnej filtracji poddano dojrzewaniu przez 2 tygodnie w temperaturze 4°C. Następnie hydrolizat suszono rozpyłowo w aparacie Büchi Mini Spray Dryer B-191. Hydrolizat kwasowy posiadał 7,94% N_{og} , 3,85% N_{NH_2} i charakteryzował się stopniem hydrolizy DH = 48,5%. Ponadto zawierał 19,32% popiołu, w tym 17,79% chlorku sodu. Hydrolizat enzymatyczny otrzymano przy udziale alkalazy z *Bacillus licheniformis* (Merck) w stężeniu 0,15 JA/g surowca. Hydrolizę prowadzono w ciągu 1 godziny w pH 8,0–8,5, po czym enzym inaktywowano termicznie. Niehydrolizowaną pozostałość i zinaktywowany enzym oddzielano na drodze wirowania i wytrącania chloroformem. Klarowny filtrat suszono rozpyłowo w aparacie Büchi Mini Spray Dryer B-191. Hydrolizat enzymatyczny charakteryzował się $N_{og} = 11,77\%$, $N_{NH_2} = 1,72\%$ i stopniem hydrolizy DH = 14,6%. Ponadto posiadał 13,47% popiołu, w tym 4,80% chlorku sodu.

Syntetyczny przeciwutleniacz BHT zakupiono w firmie Merck.

Materiał badawczy stanowił olej rzepakowy niskoerukowy pozyskany bezpośrednio z Kujawskich Zakładów Przemysłu Tłuszczowego w Kruszwicy. Badania stabilności oleju wykonano podczas przechowywania w następujących warunkach:

- I temp. 18–21°C, w szklanych, bezbarwnych słoikach, przy dostępie powietrza i światła,
- II temp. 25–30°C, w szklanych, bezbarwnych słoikach w atmosferze azotu, przy dostępie światła,
- III temp. 60°C, w szklanych otwartych naczyniach i grubości warstwy oleju 1 cm, przy okresowym dostępie światła (Test termostatowy Schaala).

Zastosowano dodatki: hydrolizatu kwasowego oraz hydrolizatu enzymatycznego na poziomie 2 i 5%, a w celach porównawczych — BHT na poziomie 0,01%.

W próbach przechowywanych według wariantu I i II określano poziom nadtlenków (LOO, PN-ISO 3960:1993) i wtórnych produktów utleniania (liczbę anizydynową, PN-EN ISO 6885:2001), liczbę kwasową oraz obliczono wskaźnik ogólnej oksydacji oleju (TOTOX, PN 93/A-86926). W próbach przechowywanych w warunkach testu termostatowego Schaala (Pardun i Kroll 1970) metodą jodometryczną oznaczano poziom nadtlenków (PN-ISO 3960:1993) i liczbę anizydynową (PN-ISO 3690:1996). Aktywność przeciwutleniającą dodatków wyrażano współczynnikiem ochronnym (W_o), jako stosunek długości okresu indukcyjnego próby z dodatkiem przeciwutleniacza do okresu indukcyjnego próby kontrolnej (Korczyk, Flaczyk 2001).

Wyniki badań i omówienie

Rafinowany olej rzepakowy wykazał się małą stabilnością oksydacyjną. Już po 1 miesiącu przechowywania w temperaturze 18–21°C, przy dostępie powietrza i światła, w próbie kontrolnej i w próbie z dodatkiem BHT zawartość nadtlenków przekraczała 3 i 2-krotnie dopuszczalną normą ilość (tab. 1). Zawartość nadtlenków mierzona po tym czasie w próbach z dodatkami hydrolizatów wzrosła nieznacznie — LOO od 0,83 do 0,98 (w próbach z dodatkiem hydrolizatu kwasowego) i od 2,03 do 3,04 (w próbach z dodatkiem hydrolizatu enzymatycznego). Z obliczeń wynika, że w porównaniu z próbą kontrolną, zawartość nadtlenków w próbach z dodatkami hydrolizatów kwasowych była 16 do 19-krotnie niższa, a w próbach z dodatkiem hydrolizatu enzymatycznego 5 do 7-krotnie niższa. Natomiast we wszystkich próbach przechowywanych w powyższych warunkach przez okres 3 miesięcy zawartość nadtlenków znacznie przekraczała ilość dopuszczalną normą. Jednakże poziom nadtlenków w próbach z dodatkiem hydrolizatu kwasowego był 3,5 do 4,3-krotnie niższy niż w próbie kontrolnej.

Tabela 1

Zmiany zawartości nadtlenków w oleju przechowywanym w różnych warunkach [meq tlenu/kg próby] — *Changes of peroxide value in rapeseed oil stored in different conditions (meq oxygen/kg of sample)*

Przeciwutleniacz <i>Antioxidant</i>	Czas i warunki przechowywania — <i>Time and conditions of storage</i>				
	temp. 18–21°C z dostępem powietrza i światła <i>temp. 18–21°C in access of air and light</i>			temp. 25–30°C w atmosferze azotu z dostępem światła <i>temp. 25–30°C in nitrogen atmosphere and access of light</i>	
	1 dzień <i>1 day</i>	1 miesiąc <i>1 month</i>	3 miesiące <i>3 months</i>	1 dzień <i>1 day</i>	3 miesiące <i>3 months</i>
Próba kontrolna <i>Control</i>	1,05 ± 0,01	16,15 ± 0,03	73,19 ± 0,05	1,66 ± 0,09	30,67 ± 0,02
H. enzymat. 2% <i>H. enzymatic 2%</i>	1,03 ± 0,01	2,44 ± 0,03	33,72 ± 0,03	1,72 ± 0,05	27,63 ± 0,05
H. enzymat. 5% <i>H. enzymatic 5%</i>	1,02 ± 0,01	2,03 ± 0,01	32,06 ± 0,03	1,70 ± 0,01	26,07 ± 0,04
H. kwasowy 2% <i>H. acid 2%</i>	0,72 ± 0,01	0,98 ± 0,01	21,41 ± 0,01	1,71 ± 0,05	24,39 ± 0,02
H. kwasowy 5% <i>H. acid 5%</i>	0,63 ± 0,01	0,83 ± 0,01	17,07 ± 0,02	1,62 ± 0,03	22,65 ± 0,03
BHT 0,01%	1,09 ± 0,01	10,38 ± 0,01	54,97 ± 0,01	1,59 ± 0,05	27,49 ± 0,04
NIR	0,016	0,04	0,057	0,117	0,093

Dane stanowią wartości średnie z trzech powtórzeń oraz odchylenie standardowe
Data presents mean values from three replicates and standard deviations

Zmiana warunków przechowywania, tzn. z jednej strony podwyższenie temperatury przechowywania do 25–30°C, a z drugiej wyeliminowanie powietrza wpłynęło na obniżenie poziomu nadtlenków w próbie kontrolnej przechowywanej przez 3 miesiące około 2,4-krotnie. W tych warunkach działanie hydrolizatów było mniej widoczne. Ponadto na uwagę zasługuje słabe działanie przeciwutleniające BHT w stosunku do oleju rzepakowego w obu wariantach badań. Ten efektywny przeciwutleniacz syntetyczny nie wykazywał działania ochronnego wobec oleju rzepakowego.

Wyniki obliczeń ogólnego stopnia utlenienia (wskaźnika TOTOX) oleju przechowywanego w powyższych warunkach zamieszczono w tabeli 2. Z tabeli tej wynika, że decydujący wpływ na ogólny stopień utleniania oleju miały pierwotne produkty utleniania wyrażone jako LOO (tab. 1). Już po 1 miesiącu przechowywania oleju próby kontrolna i z BHT charakteryzowały się zbyt wysokim stopniem utlenienia przekraczającym graniczną wartość 18.

Tabela 2
Zmiany wartości wskaźnika oksydacji TOTOX w oleju przechowywanym w różnych warunkach — *Changes of TOTOX value in rapeseed oil stored in different conditions*

Przeciwutleniacz <i>Antioxidant</i>	Czas i warunki przechowywania — <i>Time and conditions of storage</i>				
	temp. 18–21°C z dostępem powietrza i światła <i>temp. 18–21°C in access of air and light</i>			temp. 25–30°C w atmosferze azotu z dostępem światła <i>temp. 25–30°C in nitrogen atmosphere and exposition to light</i>	
	1 dzień <i>1 day</i>	1 miesiąc <i>1 month</i>	3 miesiące <i>3 months</i>	1 dzień <i>1 day</i>	3 miesiące <i>3 months</i>
Próba kontrolna <i>Control</i>	2,81	33,07	148,58	5,11	65,99
H. enzymat. 2% <i>H. enzymatic 2%</i>	2,73	5,49	68,46	5,14	58,89
H. enzymat. 5% <i>H. enzymatic 5%</i>	2,71	4,58	65,03	4,97	55,40
H. kwasowy 2% <i>H. acid 2%</i>	2,05	2,52	43,52	5,14	51,99
H. kwasowy 5% <i>H. acid 5%</i>	1,84	2,12	34,76	4,74	48,51
BHT 0,01%	3,01	21,60	111,70	4,81	58,50

Dane stanowią wartości średnie z trzech powtórzeń — *Data presents mean values from three replicates*

W próbach oleju z dodatkami przechowywanych w powyższych warunkach oznaczono także liczbę kwasową. Wartości tej liczby (tab. 3) oscylowały wokół granicznej wartości $LK = 0,3$. Jedynie w próbach kontrolnych przechowywanych 3 miesiące dla obu wariantów badań wartość ta została nieznacznie przekroczona. Przekroczenie wartości $LK = 0,3$ w przypadku próby oleju z dodatkiem hydrolizatu kwasowego wynika z obecności w hydrolizacie grup funkcyjnych o charakterze kwaśnym.

W kolejnym etapie badań wykorzystano przyspieszony test do oznaczania stabilności tłuszczów (test Schaala), w którym 1 cm warstwę tłuszczu poddawano działaniu powietrza i okresowo światła w temperaturze 60°C. Zmiany zawartości nadtlenków i liczby anizydynowej w próbach kontrolnej i z dodatkami przechowywanych w powyższych warunkach przedstawiono na rys. 1 i 2. W tabeli 4 natomiast przedstawiono wyniki współczynników ochronnych obliczone na podstawie czasu trwania okresu indukcyjnego mierzonego zmianami liczby nadtlenkowej. Uzyskane wyniki potwierdzają dobre właściwości przeciwutleniające hydrolizatu kwasowego, który przedłużał trwałość oleju 2,2 do 2,5-krotnie. Wyniki testu Schaala również potwierdziły słabsze właściwości ochronne przeciwutleniacza BHT w stosunku do oleju rzepakowego, dla którego współczynnik ochronny wynosił $W_0 = 1,3$.

Tabela 3

Zmiany wartości liczby kwasowej w oleju przechowywanym w różnych warunkach
Changes of acid value in rapeseed oil stored in different conditions

Przeciwutleniacz <i>Antioxidant</i>	Czas i warunki przechowywania — <i>Time and conditions of storage</i>				
	temp. 18–21°C z dostępem powietrza i światła <i>temp. 18–21°C in access of air and light</i>			temp. 25–30°C z dostępem powietrza i na świetle <i>temp. 25–30°C in access of air and exposition to light</i>	
	1 dzień <i>1 day</i>	1 miesiąc <i>1 month</i>	3 miesiące <i>3 months</i>	1 dzień <i>1 day</i>	3 miesiące <i>3 months</i>
Próba kontrolna <i>Control</i>	0,28 ± 0,001	0,22 ± 0,000	0,34 ± 0,001	0,28 ± 0,001	0,34 ± 0,002
H. enzymat. 2% <i>H. enzymatic 2%</i>	0,28 ± 0,001	0,22 ± 0,000	0,28 ± 0,001	0,25 ± 0,005	0,28 ± 0,001
H. enzymat. 5% <i>H. enzymatic 5%</i>	0,28 ± 0,000	0,28 ± 0,002	0,22 ± 0,000	0,25 ± 0,005	0,34 ± 0,000
H. kwasowy 2% <i>H. acid 2%</i>	0,28 ± 0,001	0,22 ± 0,001	0,22 ± 0,001	0,28 ± 0,001	0,31 ± 0,016
H. kwasowy 5% <i>H. acid 5%</i>	0,34 ± 0,002	0,28 ± 0,002	0,22 ± 0,000	0,34 ± 0,001	0,34 ± 0,001
BHT 0,01%	0,281 ± 0,001	0,22 ± 0,000	0,22 ± 0,002	0,27 ± 0,001	0,31 ± 0,004
NIR	0,002	0,001	0,002	0,006	0,003

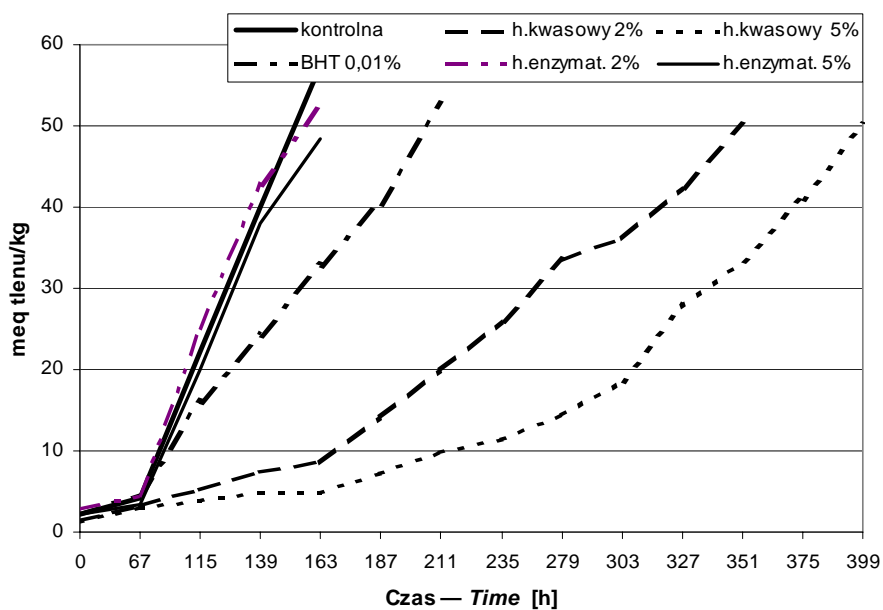
Dane stanowią wartości średnie z trzech powtórzeń oraz odchylenie standardowe
Data presents mean values from three replicates and standard deviations

Tabela 4

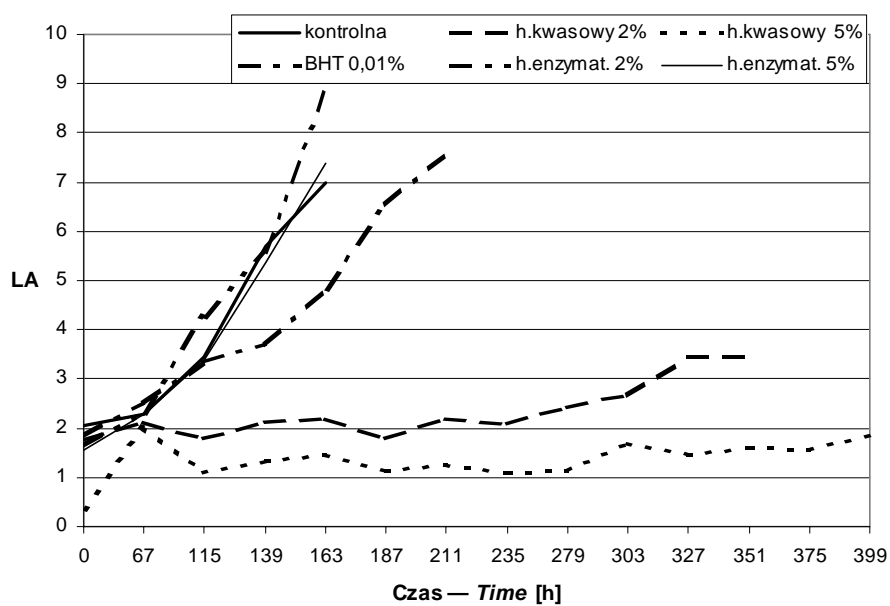
Aktywność przeciwutleniająca hydrolizatów białkowych w teście Schaal
Antioxidant activity of protein hydrolysates during Schaal oven test

Przeciwutleniacze — <i>Antioxidants</i>	Współczynnik ochronny <i>Protection factor</i>
Hydrolizat enzymatyczny 2% — <i>Enzymatic hydrolyzate 2%</i>	1,00 ± 0,03
Hydrolizat enzymatyczny 5% — <i>Enzymatic hydrolyzate 5%</i>	1,01 ± 0,01
Hydrolizat kwasowy 2% — <i>Acid hydrolyzate 2%</i>	2,18 ± 0,03
Hydrolizat kwasowy 5% — <i>Acid hydrolyzate 5%</i>	2,48 ± 0,01
BHT 0,01%	1,30 ± 0,04

Dane stanowią wartości średnie z trzech powtórzeń oraz odchylenie standardowe
Data presents mean values from three replicates and standard deviations



Rys. 1. Zmiany zawartości nadtlenków w oleju rzepakowym w teście Schaal — *The peroxide value in rapeseed oil during Schaal oven test*



Rys. 2. Wartości liczby anizydynowej w oleju rzepakowym w teście Schaal — *The p-anisidine value in rapeseed oil during Schaal oven test*

Otrzymane wyniki badań wskazują na możliwość wykorzystania wybranych hydrolizatów białkowych do stabilizacji olejów. Przydatny dla tych celów wydaje się kwasowy hydrolizat kolagenowy, oprócz wcześniej wskazanego kwasowego hydrolizatu ze śruty rzepakowej (Korczak i Flaczyk 2001). Hydrolizat ten charakteryzuje się znacznie wyższym stopniem hydrolizy, co może być jedną z zasadniczych przyczyn jego lepszej aktywności przeciwutleniającej, w porównaniu z hydrolizatem otrzymanym z tego samego surowca na drodze enzymatycznej. Hydrolizat ten może w swoim składzie zawierać oprócz aminokwasów i peptydów, produkty interakcji zhydrolizowanych aminocukrów i związków azotowych (Manlley i Fagerson 1970, Zadernowski i in. 1996, Weir 1986). Efekt przeciwutleniającego działania hydrolizatu wynika prawdopodobnie nie tylko z bezpośredniego oddziaływania poszczególnych składników, ale także z wzajemnych synergistycznych lub antagonistycznych relacji wszystkich składników o działaniu przeciwutleniającym (Okada i in. 1982, Korczak i in. 1998, Pokorny i Korczak 2001).

Dalsze badania nad wykorzystaniem hydrolizatów białkowych do stabilizacji olejów powinny być ukierunkowane na pozyskiwanie bardziej oczyszczonych frakcji hydrolizatów białkowych, których obecność nie zmieniałaby klarowności oleju, jego smaku i zapachu.

W przeprowadzonych badaniach potwierdzono słabsze działanie przeciwutleniające w stosunku do oleju rzepakowego syntetycznego przeciwutleniacza BHT.

Wnioski

1. Kolagenowe hydrolizaty białkowe wykazywały zróżnicowane właściwości przeciwutleniające w stosunku do oleju rzepakowego. Właściwości te zależały od sposobu pozyskiwania hydrolizatu (hydroliza kwasowa lub enzymatyczna) i jego stopnia hydrolizy. Zależały też od warunków przechowywania oleju, m.in. od temperatury przechowywania i dostępności tlenu.
2. Najlepszymi właściwościami ochronnymi w stosunku do oleju rzepakowego charakteryzował się kwasowy hydrolizat kolagenowy, który w zależności od czasu i warunków przechowywania obniżał poziom nadtlenków 4–19 krotnie i wydłużał okres indukcyjny w teście Schaala 2,2–2,4 krotnie.

Conclusions

1. Collagenic hydrolysates showed different antioxidant activity in rapeseed oil. Antioxidant activity of this hydrolysates depended on the way of obtaining of hydrolysates (acid or enzymatic hydrolysis) and the degree of hydrolysis.

Antioxidant activity of this hydrolysates was depended on storage conditions, that as temperature and availability of oxygen.

2. The best antioxidant activity in rapeseed oil possessed acid collagenic hydrolysate which reduced peroxides value by 4–19 times and extended the induction period 2,2–2,4 fold when different time and conditions of storage were considered .

Literatura

- Addis P.B., Warner G.J. 1991. The potential health aspects of lipid oxidation products in food. In „Free radicals and food additives” (eds Auroma O.I., Halliwell B.), Taylor and Francis, London, 77-119.
- Eriksson C.E. 1987. Oxidation of lipids in food systems. In „Autoxidation of unsaturated lipids” (ed. Chan H.W.S.). Academic Press, London, 207-231.
- Flaczyk E. 1997. Zalety technologiczne i żywieniowe hydrolizatów białkowych. *Przemysł Spożywczy*, 51 (3): 6-8.
- Flaczyk E. 1997. Zalety technologiczne i żywieniowe hydrolizatów białkowych. Cz. II. *Przemysł Spożywczy*, 51 (4): 43-45.
- Frankel E.N. 1996. Oxidation of polyunsaturated lipids and its nutritional consequences. *Oils-Fats-Lipids 1995, Proceedings of the 21st World Congress of the ISF*, vol. 2, PJ Barnes and Associates, Bridgwater, 265-269.
- Janitz W., Grześkowiak B., Korczak J., Berghofer E. 1990a. Einfluss technologischer Massnahmen auf die Reaktionen oxidierter Fette mit Fleischproteinen. II. Naehwertveraenderungen. *Fleischwirtschaft*, 70: 600-604.
- Janitz W., Pyrcz J., Flaczyk E., Berghofer E. 1990b. Einfluss technologischer Massnahmen auf die Reaktionen oxidierter Fette mit Fleischproteinen. Aenderung der "in vitro" Proteinverdaulichkeit und der Empfindlichkeit des Bindegewebes gegenuer Thermohydrolyse. *Fleischwirtschaft*, 70: 345-347.
- Korczak J., Janitz W., Flaczyk E. 1995. Antioxidant activity of protein hydrolyzates. 21st World Congress of ISF, Haga, 6P-Q.
- Korczak J., Janitz W., Heś M. 1998. Hydrolizat śruty rzepakowej jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy. *Rośliny Oleiste*, XIX: 269-278.
- Korczak J., Flaczyk E. 2001. Wpływ dodatku hydrolizatów białkowych na stabilność oleju rzepakowego. *Proceedings of IX Scientific Conference „Progress in Technology of Vegetable Fats”*, Instytut Przemysłu Mięsnego i Tłuszczowego w Warszawie, Litewska Akademia Rolnicza w Kownie, Kowno: 144-150.
- Kubow S. 1990. Toxicity of dietary lipid peroxidation products. *Trends in Food Sci. and Technol.*, 1: 67-71.
- Manley C.H., Fagerson I.S. 1970. Major volatile neutral and acid components of hydrolyzed soy protein. *J. Food Sci.*, 35: 286-291.
- Okada T., Nakagawa K., Yamaguchi N. 1982. Studies on antioxidative activity of amino compounds on fats and oils. VII. Studies on antioxidative activity of ferulate and synergistic effect on amino compounds. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 29: 305-309.

- Pokorny J., Korczak J. 2001. Preparation of natural antioxidants. In "Antioxidants in food" (eds. Pokorny J., Yanishlieva N., Gordon M.), Woodhead Publishing, Cambridge, England: 311-330.
- Pardun H., Kroll E. 1970. Der Schaal-Test, eine einfache Mittel zur Bestimmung der Oxydationstabilitaet von Oelen und Fetten. Dtsch. Lebensm. Rdsch., 66: 413-417.
- PN-93/A-86926 Tłuszcze roślinne jadalne. Oznaczanie liczby anizydynowej oraz obliczanie wskaźnika oksydacji tłuszczu Totox.
- PN-ISO 3960:1993 Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej.
- PN-EN ISO 6885:2001 Tłuszcze roślinne jadalne. Oznaczanie liczby anizydynowej.
- Sanders T.A.B. 1989. Nutritional aspects of rancidity. In „Rancidity in foods” (eds Allen J.C., Hamilton R.J.), Elsevier, London: 125-139.
- Weir G.S.O. 1986. Protein hydrolysates as flavourings. In „Developments in food proteins. Part 4”, Elsevier, London: 175-217.
- Zadernowski R., Nowak-Polakowska H., Konopka I. 1996. Effect of heating on antioxidative activity of rapeseed and evening primrose extracts. Pol. J. Food and Nutr. Sci., 5/46: 13-21.
- Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska J. 1991. Ocena żywieniowa tłuszczów utlenionych. Przemysł Spożywczy, 45: 98-100.