

MAŁGORZATA NOGAŁA-KAŁUCKA, ELEONORA LAMPART-SZCZAPA,
INGA KRZYŻOSTANIAK, ALEKSANDER SIGER

NATYWNE ANTYOKSYDACYJNE BIOKOMPONENTY PREPARATÓW ŁUBINOWYCH

Streszczenie

W pracy określono wpływ procesów fermentacji i ekstruzji na zawartość tokoferoli i aktywność antyoksydacyjną nasion łubinu. Do analizy jakościowej i ilościowej homologów tokoferoli wykorzystano technikę HPLC, natomiast aktywność antyoksydacyjną określono na podstawie ilości wygaszonych rodników DPPH[•]. W badanych preparatach łubinowych wykazano obecność alfa-, gamma-, delta-tokoferolu. Najwyższą zawartością tokoferoli oraz aktywnością antyoksydacyjną charakteryzowały się odmiany łubinu białego. Pod wpływem dokonanych modyfikacji zawartość tokoferoli a także aktywność antyoksydacyjna zmniejszyła się. Największą redukcję tokoferoli uzyskano pod wpływem ekstruzji preparatów fermentowanych.

Słowa kluczowe: preparaty łubinowe, fermentacja mlekowa, ekstruzja, tokoferole, aktywność przeciwutleniająca

Wprowadzenie

Spożywanie żywności jak najmniej przetworzonej z przewagą produktów roślinnych to najczęstsze zalecenia dietetyków w profilaktyce wielu chorób, w tym głównie cywilizacyjnych. Nasza dieta powinna być różnorodna i składać się z wielu cennych związków, ważnych z uwagi na ich aktywność biologiczną w odniesieniu do naszego organizmu. Do takich zaliczamy tokochromanole (α -, β -, γ -, δ -T), których obecność w pożywieniu jest bardzo istotna nie tylko ze względu na pełnienie funkcji witaminy E u ludzi i zwierząt, ale przede wszystkim są zaliczane do najefektywniejszych naturalnych przeciwutleniaczy [1]. Natywne antyoksydanty nabierają coraz większego znaczenia z uwagi na udowodnioną rolę jaką wykazują w ochronie przed atakami wolnych rodników w przemianach metabolicznych a szczególnie ich działanie jest związane

Prof. dr hab. M. Nogala-Kalucka, dr hab. E. Llampart-Szczapa, prof. nadzw., mgr inż. I. Krzyżostaniak, dr inż. A. Siger, Katedra Biochemii i Analizy Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 60-623, ul. Mazowiecka 48.

z inhibicją oksydacji lipidów ustrojowych i tłuszczów pożywienia [2]. Zasadniczą rolę alfa-T jako przeciwutleniacza jest wygaszanie lipidowych rodników nadtlennokowych w reakcji utleniania lipidów [3]. Według Wijtmans i in. [4] alfa-T jest najsilniejszym znanym przeciwutleniaczem rozpuszczalnym w tłuszczach. Alfa-T oddziałuje na płynność błony podobnie jak cholesterol i może wpływać na jej przepuszczalność w stosunku do małych jonów i cząsteczek [5] oraz wpływa hamująco na kinazę białkową oraz proliferację komórek [6]. Głównymi naturalnymi źródłami tokochromanoli są rośliny wyższe. Występują one w korzeniach, łodygach, liściach i kwiatach, a w efekcie ich dojrzewania w nasionach oraz owocach, które trafiają do naszej diety [2]. Głównie występuje homolog α -T, który chroni aparat fotosyntetyzujący przed reaktywnymi formami tlenu i wolnymi rodnikami. W nasionach (tkankach nefotosyntetyzujących) w przeważającej ilości obecny jest γ -T, który pełni rolę antyoksydanta w stosunku do polienowych kwasów tłuszczowych [6, 7]. Przeciwutleniająca aktywność homologicznych tokoferoli *in vivo* kształtuje się w następującej kolejności α -T > β -T > γ -T > δ -T, natomiast ich aktywność *in vitro* w odwrotnej δ -T < γ -T < β -T < α -T [8 - 10]. Urozmaicenie diety związane jest z odpowiednimi proporcjami białka, tłuszczów i cukrów, a także różnorodnością poszczególnych składników żywności będących ich biologicznymi nośnikami. W odpowiednio zestawionej diecie powinny znaleźć się produkty pochodzenia zwierzęcego i roślinnego. Od wielu dziesięcioleci trwają badania nad białkami roślin strączkowych, głównie soi. Oprócz tradycyjnego zastosowania soja i preparaty z nasion soi mają niezmiernie szeroki obszar zastosowania w przemyśle paszowym oraz spożywczym [11, 12]. Jednakże nasiona soi mają szczególne wymagania klimatyczne, co stanowi poważne ograniczenie w uprawiane tej rośliny. Łubin jako roślina strączkowa również jest dobrym źródłem białka roślinnego i z powodzeniem może być uprawiana w strefie klimatu umiarkowanego, oraz na słabych glebach, które dla soi są nieodpowiednie. Dodatkowym atutem za uprawą łubinu jest fakt, iż łubin wzbogaca ziemię w azot, przez co jest polecany w płodozmianie, powodując większe zbiory kolejnych roślin uprawnych [13]. Wiele badań żywieniowych dotyczących zastosowania łubinu w żywieniu zarówno zwierząt jak i ludzi, wykazało, że może on konkurować z nasionami soi [13 - 16]. Łubin zawiera ok. 44% białka oraz 13% tłuszczu i wiele składników zaliczanych do biologicznie aktywnych, w tym wspomniane wyżej antyoksydanty lipofilne (tokochromanole), a także hydrofilne (związki fenolowe). Żywieniowo łubin przewyższa nasiona soi niską zawartością inhibitorów trypsyny, tanin, fitynianów oraz saponin [17 - 19].

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu przeprowadzonych modyfikacji technologicznych w nasionach łubinu na poziom tokoferoli w uzyskanych preparatach. Dodatkowym aspektem była ocena preparatów łubinowych pod kątem ich efektywności antyoksydacyjnej, z uwagi na możliwość wzbogacania nimi produktów spożywczych np. makaronów i innych przetworów zbożowych.

Material i metody badań

Materiał do badań stanowiły rozdrobnione w warunkach laboratoryjnych nasiona łubinu następujących odmian: Juno, Parys (*Lupinus luteus*), Butan, Boros (*Lupinus albus*) oraz Baron i Cezar (*Lupinus angustiolius*) pochodzących z Zakładu Doświadczalnego Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Przebędowie k. Poznania. Surowiec ten poddano fermentacji, ekstruzji oraz obu procesom łącznie. Do przeprowadzenia ekstruzji wykorzystano ekstruder dwuślimakowy typ 211 P 82 M. Zastosowano parametry określone jako optymalne: wilgotność 35%, temperatury 95/120/140/130 °C. Rozdrobnione nasiona wraz z okrywą poddano fermentacji mlekowej z użyciem kombinacji szczepów bakterii *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus plantarum* i *Lactobacillus brevis*. Inokulum stanowiło 10% masy surowca. Proces prowadzono w temperaturze 30°C, wilgotności 60% przez 20-22 godz., do osiągnięcia pH 4,0 - 4,2.

Oznaczenia tokochochromanoli w badanych próbach łubinu

Do jakościowego i ilościowego oznaczenia homologicznych tokoferoli stosowano HPLC (Waters 600). Aparat był wyposażony w kolumnę Lichrosorb Si 60. Próby rozdzielano w układzie *n*-heksan/1,4 dioksan (97:3 v/v) o szybkości przepływu 1,5 ml/min. Stosowano detektor fluorometryczny przy wzbudzeniu $\lambda=290$ nm i emisji $\lambda=330$ nm oraz komputerowy system sterowania Waters Millennium. Identyfikację jakościową prowadzono w odniesieniu do standardów tokoferoli, a ilościowo oznaczano w stosunku do krzywych kalibracyjnych wykonanych dla standardów.

Oznaczenie aktywności przeciwutleniającej z DPPH

Aktywność przeciwutleniającą w preparatach oznaczono na podstawie zdolności wygaszania rodników DPPH^{*} (Sigma) wykorzystując metodę Espina i in. [20]. Pomiarzy spektrofotometryczne przeprowadzono po 10 i 30 min od dodania reagenta przy $\lambda=520$ nm. Wyniki oznaczenia zdolności wygaszania wolnych rodników DPPH^{*} podano w %.

Analiza statystyczna

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując jednoczynnikową analizę wariancji oraz testy post-hoc Tukey'a dla $p<0,05$. Obliczeń dokonano w programie Statistica 7 (StatSoft).

Wyniki i dyskusja

Sumaryczna zawartość tokoferoli w nasionach łubinu kształtowała się na poziomie od 1,9 (Parys po ekstruzji) do 16,7 mg 100g⁻¹ s.m. (Boros bez modyfikacji) (tab.1). Najwyższą zawartością tokoferoli charakteryzowały się odmiany białego łubinu, następnie żółtego i wąskolistnego.

Tabela 1

Zawartość homologów tokoferolu w próbach łubinu ($\text{mg} \times 100 \text{ g}^{-1} \text{ s.m.}$)
 The contents of tocopherols in lupin samples ($\text{mg} \times 100 \text{ g}^{-1} \text{ dm}$)

Tokoferol Tocopherol	Modyfikacje/modifications			
	Bez modyfikacji Non-modified	Fermentacja Fermentation	Ekstruzja Extrusion	Fermentacja + ekstruzja Fermentation+extrusion
<i>Lupinus albus</i>				
Boros				
Alpha	0,17 ± 0,00 a c	1,18±0,13 b e	-	-
Gamma	15,45 ± 0,26 d f	3,87±0,22 b c	7,53±0,10 c e	2,75±0,10 a b
Delta	0,65 ± 0,054 c c	0,24±0,02 a b	0,40±0,02 b b	0,25±0,01 a c
Total	16,73 ± 0,24 d f	5,29±0,36 b d	7,93±0,06 c e	3,01±0,11 a a
ET*	1,73	1,57	0,77	0,28
Butan				
Alpha	0,15±0,00 a b	0,16±0,00 ab b	0,19±0,01 b b	-
Gamma	14,04±0,58 d e	8,85±0,10 b f	10,27±0,10 c f	2,60±0,01 a ab
Delta	0,32±0,010 b b	0,58±0,02 c c	0,71±0,02 d c	0,16±0,00 ab b
Total	14,52±0,59 d e	9,60±0,08 b f	11,18±0,14 c f	2,76±0,01 a ac
ET*	1,56	1,06	1,24	0,26
<i>Lupinus angustifolius</i>				
Baron				
Alpha	0,25±0,01 a e	0,34±0,03 b d	0,51±0,05 d c	0,48±0,11 d c
Gamma	7,28±0,30 d b	3,12±5,153 b b	5,15±0,05 c c	2,52±0,19 a a
Delta	-	-	-	-
Total	7,53±0,31 d b	3,46±0,21 b b	5,66±0,00 c d	3,01±0,30 a a
ET*	0,97	0,65	1,03	0,73
Cezar				
Alpha	0,27±0,02 b f	0,29±0,02 c c	0,19±0,03 a b	-
Gamma	6,39±0,15 d a	1,68±0,03 a a	3,08±0,06 c b	1,99±0,20 b c
Delta	0,21±0,02 b ab	-	0,32±0,00 c b	0,03±0,00 a a
Total	6,88±0,13 c a	1,98±0,01 a a	3,60±0,04 b b	2,01±0,20 a d
ET*	0,92	0,46	0,51	0,20
<i>Lupinus luteus</i>				
Juno				
Alpha	0,22±0,02 b d	0,003±0,00 a a	-	-
Gamma	10,86±0,29 d d	7,88±0,17 c e	5,33±0,02 b d	2,59±0,05 a ab
Delta	0,13±0,01 b a	-	0,07±0,00 a a	-
Total	11,22±0,29 d d	7,88±0,17 c e	5,40±0,02 b c	2,59±0,05 a bc
ET*	1,31	0,79	0,53	0,25
Parys				
Alpha	0,13±0,01 b a	-	0,02±0,00 a a	0,31±0,01 c a
Gamma	8,85±0,47 c c	4,33±0,06 b d	1,81±0,05 a a	1,80±0,01 a c
Delta	0,30±0,02 c b	0,05±0,01 a a	0,05±0,00 a a	0,26±0,01 b c
Total	9,28±0,49 d c	4,43±0,07 c c	1,89±0,05 a a	2,37±0,03 b b
ET*	1,03	0,43	0,22	0,49

*ET= $1\text{mg } \alpha\text{-T} + 0,5\beta\text{-T} + 0,1\gamma\text{-T} + 0,03\delta\text{-T} + 0,5\alpha\text{-T3} + 0,05\beta\text{-T3}$ [9]

Średnie oznaczone różnymi transkrypcjami literowymi w pierwszej kolumnie różnią się w sposób statystycznie istotnie na poziomie $\alpha=0,05$ pomiędzy modyfikacjami technologicznymi.

Średnie oznaczone różnymi transkrypcjami literowymi w drugiej kolumnie różnią się w sposób statystycznie istotnie na poziomie $\alpha=0,05$ pomiędzy odmianami łubinu.

The average value marked with different superscript letters in first column are significantly different at $\alpha=0,05$ between technological modifications.

The average value marked with different superscript letters in second column are significantly different at $\alpha=0,05$ between lupin varieties.

W badanych próbach zidentyfikowano trzy homologii α -T, γ -T, δ -T, przy czym dominującą formą był γ -T, zarówno przed, jak i po modyfikacjach. Nie wykazano obecności β -T, który rzadko występuje w naturze [21]. Największe ilości δ -T stwierdzono w łubinach białych; nie stwierdzono natomiast jego obecności w łubinie wąskolistnym Baron.

Uzyskane wyniki są zgodne z badaniami innych autorów, które wskazują na występowanie głównie γ -T oraz mniejszych ilości α -T, δ -T w łubinie [22-24]. Yoshida i in. [25] stwierdził, że w nasionach soi dominującymi homologami są γ -T i δ -T, jednakże poza tymi formami występowały również małe ilości α -T i β -T.

Prezentowane badania wykazały, że α -T, homolog o najwyższej aktywności biologicznej [2] w największej ilości wystąpił w łubinach wąskolistnych. Spośród badanych odmian najwyższymi wartościami ekwiwalentu α -T (ET) wyróżniły się próby łubinu białego bez modyfikacji, natomiast najniższymi łubiny wąskolistne.

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że modyfikacje technologiczne przyczyniły się do zmniejszenia zawartości tokoferoli, zwłaszcza w próbach ekstrudowanych po przeprowadzeniu fermentacji mlekowej. Badania wykazały, że najbardziej obniżyła się suma tokoferoli w łubinach białych ekstrudowanych po fermentacji (81-81,5%), następnie w łubinach żółtych. Najmniejsze straty wykazały łubiny wąskolistne; zmiany w sumarycznej zawartości tokoferoli wynosiły od 60-70%. Te zmiany najprawdopodobniej są efektem działania kilku czynników takich jak wilgotność, ciśnienie, temperatura, które wpłynęły destrukcyjnie na tokoferole podczas procesów technologicznych. Doniesienia literaturowe wskazują na straty tokoferoli podczas ekstruzji w wielkości od 7 do 86% [26], a w badaniach Zielińskiego i in. [27] najmniej odporny na procesy hydrotermiczne okazał się α -T, inne homologii były bardziej stabilne, lecz ich stopień degradacji przekraczał 50%.

Mniejszy wpływ na ubytek tokoferoli wykazała fermentacja mlekowa. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że w próbach fermentowanych łubinów białych i wąskolistnych nastąpił wzrost formy α -T, przy czym w przypadku odmiany Boros był najwyższy, przy jednoczesnym obniżeniu pozostałych homologów. Według danych literaturowych zmiany zawartości poszczególnych homologów zależą m.in. od rodzaju fermentacji. Naturalna fermentacja nasion łubinu prowadzi do zwiększenia zawartości α -T i obniżenia form γ -T i δ -T, jednak w wyniku fermentacji prowadzonej z *Lactobacillus plantarum* zawartość wszystkich homologów tokoferoli w łubinie malała [22, 28].

Wyniki przeprowadzonych badań nad potencjałem antyoksydacyjnym zestawiono w tabeli 2. Wszystkie badane próby wykazały aktywność antyoksydacyjną. Naj-

wyższą efektywnością przeciwutleniającą wyróżniła się odmiana Boros łubinu białego, która przed modyfikacją zmiatała ponad 60% rodników DPPH'.

Tabela 2

Aktywność przeciwutleniająca preparatów łubinowych (% wygaszonych rodników DPPH')
The antioxidative lupin properties of lupin preparations (% DPPH')

Parameter	Modyfikacje/Modifications				
		Bez modyfikacji Non-modified	Fermentacja Fermentation	Ekstruzja Extrusion	Fermentacja + ekstruzja Fermentation+extrusion
<i>Lupinus albus</i>					
Boros					
DPPH' (%)	10 min	44,51±4,34 c d	18,96±1,45 a a	28,03±0,43 b a	18,25±0,82 a de
Trolox (µg)	30 min	61,79±3,14 c d	27,99±0,64 a a	37,5±0,49 b b	26,54±0,59 a de
	30 min	20,34	9,18	12,34	8,74
Butan					
DPPH' (%)	10 min	33,60±2,15 a c	32,56±1,09 a b	25,93±1,14 c a	19,62±0,57 b e
Trolox (µg)	30 min	50,40±3,13 d c	44,15±0,97 c b	36,13±2,04 b b	28,48±0,63 a e
	30 min	16,59	16,53	11,89	9,37
<i>Lupinus luteus</i>					
Juno					
DPPH' (%)	10 min	25,18±1,91 b b	33,58±2,83 c b	16,73±1,08 a c	16,49±1,63 a cd
Trolox (µg)	30 min	40,68±2,97 b b	39,32±1,21 b b	40,67±2,97 b b	23,22±1,93 a cd
	30 min	13,39	12,94	7,62	7,64
Parys					
DPPH' (%)	10 min	22,43±1,7 d ab	18,09±1,49 c a	7,76±0,71 a b	13,04±1,35 a cd
Trolox (µg)	30 min	33,69±2,11 d ab	24,91±2,11 c a	11,79±0,24 a a	20,09±1,47 a cd
	30 min	11,09	8,20	3,38	6,61
<i>Lupinus angustifolius</i>					
Baron					
DPPH' (%)	10 min	22,09±1,72 a ab	16,76±1,33 c a	25,98±1,79 a a	10,95±1,25 b a
Trolox (µg)	30 min	35,54±3,28 c ab	26,40±1,26 b a	51,06±2,77 d d	15,01±1,47 a a
	30 min	11,70	8,69	16,8	4,94
Cezar					
DPPH' (%)	10 min	18,57±1,19 c a	8,92±1,21 a c	9,14±1,13 a b	14,44±0,57 b bc
Trolox (µg)	30 min	31,58±1,29 c a	17,57±3,61 ab c	12,67±0,79 a a	18,40±0,20 b ab
	30 min	10,36	5,78	4,17	6,06

Średnie oznaczone różnymi transkrypcjami literowymi w pierwszej kolumnie różnią się w sposób statystycznie istotnie na poziomie $\alpha=0,05$ pomiędzy modyfikacjami technologicznymi.

Średnie oznaczone różnymi transkrypcjami literowymi w drugiej kolumnie różnią się w sposób statystycznie istotnie na poziomie $\alpha=0,05$ pomiędzy odmianami łubinu.

The average value marked with different superscript letters in first column are significantly different at $\alpha=0,05$ between technological modifications. The average value marked with different superscript letters in second column are significantly different at $\alpha=0,05$ between lupin varieties.

Natomiast najmniejszy potencjał antyoksydacyjny cechował układ przeciwutleniający występujący w odmianie Parys, który po ekstruzji wygaszał tylko około 12%

rodników. Stwierdzono, że w odniesieniu do próby przed modyfikacją nastąpiło obniżenie aktywności o ponad 50%. Takie różnice w próbach można uzasadnić dużymi stratami ogólnej zawartości tokoferoli wskutek poddania nasion procesowi ekstruzji.

Na podstawie uzyskanych rezultatów można stwierdzić, że najwyższą aktywnością przeciwutleniającą charakteryzowały się wszystkie próby niemodyfikowane. Ocena efektywności antyoksydacyjnej badanych prób wykazała, że zastosowana fermentacja mlekowa, ekstruzja i oba zabiegi łącznie powodowały obniżenie potencjału antyoksydacyjnego otrzymanych preparatów. Wśród prób modyfikowanych wyjątkowo prezentował się układ przeciwutleniaczy w próbce łubinu żółtego Juno, którego zdolność do wygaszania rodników DPPH[•] wzrosła po procesie fermentacji. Największą zdolnością wymiatania rodników DPPH[•] wyróżniały się przeciwutleniacze w odmianach łubinu białego - Boros i Butan, następnie wąskolistnego i żółtego.

Najwyższą aktywnością w wygaszaniu wolnych rodników wykazano w odmianach Boros i Butan, natomiast najniższą średnią aktywność w odmianie Cezar. Wbrew oczekiwaniom nie wszystkie próby posiadające zbliżoną zawartość tokoferoli wykazywały podobną efektywność w wymiataniu rodników DPPH[•]. Zróżnicowana efektywność antyoksydacyjna wskazuje na pewne synergistyczne oddziaływania pomiędzy badanymi tokoferolami, a innymi substancjami o właściwościach przeciwutleniających występującymi w nasionach łubinu.

Wnioski

1. Najwyższą zawartością tokoferoli charakteryzowały się odmiany łubinu białego, następnie żółtego i wąskolistnego, wykazano w tych odmianach obecność α -, γ -, δ - tokoferoli. W próbach nie występował β -tokoferol.
2. Zastosowane modyfikacje wpłynęły na obniżenie zawartości homologicznych tokoferoli w preparatach, przy czym największe straty tokoferoli odnotowano w próbach nasion łubinu poddanych fermentacji mlekowej, a następnie ekstruzji.
3. Przeprowadzone operacje technologiczne spowodowały obniżenie potencjału antyoksydacyjnego badanych prób.
4. Stwierdzono, że najwyższym potencjałem antyoksydacyjnym wyróżniały się preparaty nasion odmian łubinu białego Boros i Butan, a następnie wąskolistnego i żółtego. Wykazano ścisłą zależność pomiędzy sumą tokoferoli a aktywnością w wygaszaniu DPPH[•], również zawartość γ -tokoferolu w próbach była wysoko skorelowana ze zdolnością wygaszania wolnych rodników DPPH[•].

Literatura

- [1] Szymańska R., Kruk J.: Występowanie oraz funkcja tokochromanoli u roślin, zwierząt i u człowieka. *Post. Biochem.*, 2007, 53(2), 174-181.

- [2] Munne -Bosch S., Alegre L.: The function of tocopherols and tocotrienols in plants. *Crit. Rev. Plant. Sci.*, 2002, 21, 31-57.
- [3] Wang X. and Quinn P.J.: Vitamin E and its function in membranes. *Prog. Lipid Res.*, 1999, 38, 309-336.
- [4] Wijtmans M., Pratt D.A., Valgimigli L., Dilabio G.A.: 6-Amino-3-pyridinols: towards diffusion-controlled chain-breaking antioxidants. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 2003, 42, 4370-4373.
- [5] Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K.V.: Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress. *Ann. Bot.* 2003, 91, 179-194.
- [6] Azzi A., Stocker A.: Vitamin E: non-antioxidant roles. *Prog. Lipid Res.*, 2000, 39, 231-255.
- [7] Hofius D., Sonnewald U.: Vitamin E biosynthesis: biochemistry meets cell biology. *Trends Plant Sci.*, 2003, 8, 6-8.
- [8] Yanishlieva-Maslarova N.V.: Inhibiting oxidation. In: *Antioxidants in food. Practical applications.* J. Pokorny, N. Yanishlieva, M. Gordon Eds. CRC Press, Cambridge, England, 2001, pp. 22-70.
- [9] Eitenmiller R., Lee J.: *Vitamin E - food chemistry, composition and analysis.* Marcel Dekker, New York, USA, 2004.
- [10] Munteanu A., Zingg J.M., Azzi A.: Anti-atherosclerotic effects of vitamin E – myth or reality? *J. Cell. Mol. Med.*, 2004, 8, 59-76.
- [11] Golbitz P., Jordan J.: Soyfoods: Market and Products. In: *Soy Applications in Food.* M.N. Riaz Eds. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, 2006, pp. 1-22.
- [12] Boyacioglu M.H.: Soy Ingredients in Baking. In: *Soy Applications in Food.* M.N. Riaz Eds. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, 2006, pp. 63-82.
- [13] Feldheim W.: The use of lupins in human nutrition, in *Lupin: An Ancient Crop for the New Millennium, Proceedings of the 9th International Lupin Conference, Klink/Müriz, Germany, 20–24, June 1999.*
- [14] Yañez E., Gattas V., Ballester D.: Valor nutritivo del lupinus y su potencial como alimento humano. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 1979, 29, 510–520.
- [15] Schoenenberger H., Gross R., Cremer H.D., Elmadfa I.: Composition and protein quality of *Lupinus mutabilis*. *J. Nutr.*, 1982, 112 (1), 70–76.
- [16] Groos U., Godomar G.R., Schoenenberger H.: The development and acceptability of lupine (*L. mutabilis*) products. *Qual. Plant Food Hum. Nutr.*, 1983, 32 (2), 155–164.
- [17] Kyle W.S.A.: *The Current and Potential Uses of Lupins for Human Food*, Department of Food Technology, Victoria University 1995.
- [18] García L.P.M., Muzquiz M., Zamora N.J.F., Burbano C., Pedrosa M.M., Cuadrado C.: Chemical composition, phytate and galactoside content of wild Mexican lupines, in *Lupine: An Ancient Crop for the New Millennium, Proceedings of the 9th International Lupin Conference, Klink/Müriz, Germany, 20–24, June 1999.*
- [19] Jiménez-Martínez C., Hernández-Sánchez H, Dávila-Ortiz G.: Lupines: An Alternative for Debiting and Utilization in Foods. In: *Food Science and Food Biotechnology.* G.F. Gutiérrez-López, G.V. Barbosa-Cánovas Eds. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2003, pp. 233-252.
- [20] Espin J.C., Soler-Rivas C, Wichers H.J.: Characterization of the total free radical scavenger capacity of vegetables oils fraction using 2,2-diphenyl-picrylhydrazyl radical. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, 48, 648-656.
- [21] Grela E., Baranowska M., Krusiński R., Skórnicki H.: Zawartość tokoferoli w zbożach i nasionach roślin strączkowych, *Przem. Spoż.*, 1993, 11, 311-312.
- [22] Fernandez-Orozco R., Frias J., Munoz R., Zieliński H., Paskuła M.K., Kozłowska H., Vidalvalverde C.: Effect of fermentation conditions on the antioxidant compounds and antioxidant capacity of *Lupinus angustifolius* cv. *Zapaton*. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, 227, 979-988.
- [23] Lampart-Szczapa E., Korczak J., Nogala-Kałużka M., Zawirska-Wojtasiak R.: Antioxidant properties of lupin seed products. *Food Chem.*, 2003, 83, 279-285.
- [24] Lampart-Szczapa E., Nogala-Kałużka M., Gogolewski M., Zawirska-Wojtasiak R.: Charakterystyka frakcji lipidowej wybranych odmian łubinu, *Rocz. AR w Poznaniu*, 1995, 270, 9-15.

- [25] Yoshida H., Hirakava Y., Murakami C., Mizushina Y., Yamade T.: Variation in the content of tocopherols and distribution of fatty acid within soya bean seeds. *J Food Comp. Anal.*, 2003, 16, 429-440.
- [26] Schudle M., O'Connor C. Extrusion technology for the food industry. Elsevier Applied Science, London, Conference at the Institute for Industrial Research and Standards, Dublin, Irish Republic, 9-10 December 1968, 2.
- [27] Zieliński H., Kozłowska H., Lewczuk B. Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Inn. Food Sci. Emer. Technol.*, 2001, 2, 159-169.
- [28] Frias J., Miranda L.M., Doblado R., Vidal-Valverde C.: Effect of germination and fermentation on the antioxidant vitamin content and antioxidant capacity of *Lupinus albus L.* Var. Mutolupa. *Food Chem.*, 2005, 92, 211-220.

NATIVE ANTIOXIDANT BIOCOMPONENTS OF LUPIN PREPARATIONS

S u m m a r y

Influence of fermentation and extrusion on the tocopherol content and antioxidant activity of lupin seeds was determined. The HPLC method was applied for qualitative and quantitative analyses of tocopherol homologous, while antioxidant activity was determined according to the quantity of quenched DPPH' radicals. Alpha-, gamma- and delta-tocopherols were found to be present in the investigated lupin preparations. The highest tocopherol content and antioxidant activity were found in the white lupin variety. After modifications the tocopherol content and antioxidant activity decreased. The greatest tocopherol decreased was observed after extrusion of fermented preparations.

Key words: lupin preparation, lactic fermentation, extrusion, tocopherols, antioxidant activity ☒