

WPLYW PROCESU EKSTRUZJI NA ZAWARTOŚĆ α -TOKOFEROLU W WYBRANYCH PRODUKTACH ZBOŻOWYCH

Zofia Zaborowska, Eugeniusz Korbas, Irena Józwiak

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego
Zakład Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych z siedzibą w Poznaniu
ul. Starołęcka 40, 61-361 Poznań
zaborow@man.poznan.pl

Streszczenie

Ekstruzja jest standardową metodą wytwarzania na szeroką skalę ekspandowanych wyrobów przekąskowych, znanych i lubianych przez konsumentów w wielu krajach świata. Jak każdy proces technologiczny, ekstruzja ma swoje zalety i wady. Jedną z wad tego procesu jest stosowanie wysokich temperatur, które mogą obniżać zawartość wielu żywieniowo cennych składników.

Celem pracy było zbadanie wpływu procesu ekstruzji na zawartość α -tokoferolu w produktach zbożowych typu kasza makaronowa instant.

W pracy przedstawiono wyniki pomiaru zawartości α -tokoferolu w ekstrudowanych pszennych pełnoziarnistych oraz pszenno-gryczanych kaszach, wytworzonych w ekstruderze dwuślimakowym w zakresie temperatur 66-175°C oraz w mieszankach surowcowych do ich produkcji. Wyniki pomiarów wykazały istotny spadek zawartości α -tokoferolu w ekstrudowanych kaszach makaronowych w porównaniu z ich mieszankami surowcowymi. Większe straty witaminy zaobserwowano w kaszy pszennej pełnoziarnistej. Jej zawartość w porównaniu z mieszankami surowcowymi uległa zmniejszeniu od 60,6% do 88,0%. W przypadku kaszy pszenno-gryczanej odnotowano straty α -tokoferolu od 57,7% do 70,3%.

Słowa kluczowe: ekstruzja, produkty zbożowe, HPLC, α -tokoferol

INFLUENCE OF EXTRUSION ON α -TOCOPHEROL CONTENT IN SELECTED CEREAL PRODUCTS

Summary

Extrusion is the standard method for production on the large-scale expanded snack products, well-known and liked by consumers in many countries around the world. As each technological process, extrusion has its advantages and disadvantages. One of this disadvantage is the use of high temperatures which can reduce the content of a number of

nutritionally valuable ingredients.

The aim of this study was to investigate the effect of extrusion on the α - tocopherol content in the extruded cereal products like instant groats.

The results of α -tocopherol measurement in extruded whole grain wheat groats and wheat-buckwheat groats produced in a twin screw extruder in a temperature range of 66-175°C and in raw materials for their production were presented. The measurements showed a significant decrease of α -tocopherol content in extruded groats in comparisons to raw materials. Larger losses were observed in whole grain wheat groats. Its content in relation to the raw mix has been reduced from 60.6% to 88.0%. In the case of wheat-buckwheat groats losses of α -tocopherol from 57.7% to 70.3% was observed.

Key words: extrusion, cereal products, HPLC, α -tocopherol

WSTĘP

Pełnowartościowe i racjonalne żywienie powinno pokrywać dzienne zapotrzebowanie człowieka zarówno na energię, jak i na niezbędne składniki odżywcze, do których zaliczyć możemy między innymi witaminy. Dlatego też, codzienna dieta powinna być urozmaicona i obejmować produkty z różnych grup żywności. Z dietetycznego punktu widzenia szczególnie ważną grupą produktów, które powinny być spożywane często i w dużych ilościach, są produkty zbożowe. Ze względu na swój skład, czyli wysoką zawartość węglowodanów złożonych, stanowią one podstawowe źródło energii w diecie człowieka. Produkty te dostarczają również błonnika pokarmowego wspomagającego pracę jelit, znaczące ilości białka roślinnego (5-15%) i na ogół niewielkie ilości tłuszczu (2-3%). Z witamin zawierają przede wszystkim witaminy z grupy B, zwłaszcza tiaminę, oraz witaminę E. Dostarczają również licznych składników mineralnych (2-4%) takich jak: żelazo, miedź, magnez, cynk oraz potas i fosfor [Poutanen 2012; Sicińska 2010; Jones 2004].

Skład chemiczny i wartość żywieniowa produktów zbożowych jest uzależniona od gatunku zboża oraz stopnia i metody przemiału ziarna, w trakcie którego usuwane są zewnętrzne części bogate w składniki odżywcze. Mniejszą zawartością witamin i składników mineralnych charakteryzują się produkty otrzymane z wyższego stopnia przemiału, bardziej oczyszczone, natomiast mąki razowe oraz grube kasze odznaczają się znacznie wyższą zawartością witamin i składników mineralnych oraz błonnika pokarmowego. Na zawartość poszczególnych składników odżywczych w produktach zbożowych istotny wpływ mają także metody oraz warunki procesów technologicznych, jakim poddaje się surowce i mieszanki

[Weiwei, Trust 2013; Tiwari, Cummins 2009; Rzedzicki 2005; Zieliński, Kozłowska, Lewczuk 2001].

W ostatnich latach obserwuje się wzrost popytu na żywność wygodną, funkcjonalną, niewymagającą długiego czasu przygotowania, która ma jednocześnie za zadanie poprawiać kondycję zdrowotną, przeciwdziałać chorobom cywilizacyjnym i opóźnić procesy starzenia. Świadomy, dbający o siebie konsument poszukuje produktów, które spełniałyby jego oczekiwania, a więc przede wszystkim były odżywcze, a także wygodne i szybkie w przygotowaniu do spożycia i równocześnie łatwe w przechowywaniu. Do takiej żywności zaliczyć można między innymi zbożowe produkty ekstrudowane w postaci wyrobów przekąskowych, płatków śniadaniowych, kaszek, kleików zbożowych i kasz makaronowych. Wyroby otrzymane przy użyciu technologii ekstruzji są znane i lubiane przez konsumentów niemal na całym świecie. Ekstruzja jest procesem mechaniczno-termicznym, w którym w stosunkowo krótkim czasie surowiec zostaje poddany równocześnie działaniu wysokiej temperatury, sił mechanicznych oraz zmieniającego się ciśnienia, wywołujących w przetwarzanych produktach zmiany fizykochemiczne i sensoryczne, kształtujące produkt o charakterystycznej teksturze i kształcie [Sobota, Rzedzicki 2004; Lusas, Rooney 2001; Mościcki 2000]. Wielu autorów zwraca jednak uwagę na fakt, iż w czasie ekstruzji dochodzi nie tylko do całkowitej zmiany fizycznej przetwarzanego surowca, lecz także do istotnych przemian chemicznych w składnikach ekstrudowanej masy. Podczas procesu produkcji wyrobów ekstrudowanych stosowane są wysokie temperatury, co może przyczynić się do obniżenia zawartości witamin, zwłaszcza litofilnych, które są związkami najbardziej labilnymi [Lazou, Krokida i in. 2010; Tiwari, Cummins 2009].

Celem pracy było zbadanie wpływu procesu ekstruzji na zawartość α -tokoferolu w produktach zbożowych typu kasza makaronowa instant.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań stanowiły mieszanki surowcowe do produkcji ekstrudowanych kasz makaronowych (mieszanka do kaszy pszennej pełnoziarnistej i kaszy pszenno-gryczanej) oraz wyprodukowane z nich ekstrudowane kasze makaronowe instant. Przebadano po cztery serie produkcyjne kasz pszennych pełnoziarnistych i kasz pszenno-gryczanych. Surowcem do produkcji ekstrudowanych kasz pszennych pełnoziarnistych były: mąka pszenna typ 400 oraz mąka pszenna pełnoziarnista typ 1500, a do kasz pszenno-gryczanych: mąka gryczana i kasza pszenna makaronowa typ 400 o wielkości ziarna 0,06-0,4 mm. Z wymienionych wyżej surowców przygotowywano mieszanki o określonych proporcjach poszczególnych

składników, które po nawilżeniu 6% roztworem wodnym soli kuchennej do ok. 28% wilgotności i krótkim kondycjonowaniu poddawano procesowi ekstruzji w krajowej, prototypowej wyciwarzarce dwuślimakowej (typ 2T9/4,5M) o układzie plastyfikującym L: D = 12, wyposażonej w matrycę z 32 otworami o średnicy 1 mm, w zakresie temperatur od 66 do 175°C w poszczególnych sekcjach ekstrudera, przy prędkości obrotowej ślimaków ok. 20 obr·min⁻¹. W wyniku opisanego procesu otrzymano kasze makaronowe o średnicy ziarna ok. 2,0-3,5 mm, które następnie poddano badaniom.

W mieszankach surowcowych i wyprodukowanych ekstrudatach oznaczano zawartość α - tokoferolu, zgodnie z normą PN-EN 12822:2014, za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczerwowej z detekcją fluorescencyjną (Dionex RF 2000, Ex: 295 nm, Em: 330 nm). Do badań stosowano kolumnę Kinetex C18 firmy Phenomenex o wymiarach 100 x 4,6 mm i średnicy złoża 2,6 μ m oraz fazę ruchomą dwuskładnikową (metanol: woda v/v 95:5) o przepływie 0,7 ml/min. Objętość wstrzykiwanej próbki wynosiła 10 μ l, a rozdział prowadzono w temperaturze 30°C. Identyfikację jakościową potwierdzano, porównując czasy retencji badanej próbki i wzorca. Współczynnik regresji liniowej dla krzywej wzorcowej wynosił 0,9999. Metoda charakteryzowała się granicą wykrywalności 0,012 μ g/g dla stosunku sygnału do szumu S/N = 3. Do oceny statystycznej zastosowano test t-Studenta na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Analizę wykonano za pomocą programu Statistica 5.0.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zboża i produkty zbożowe, w tym zbożowe produkty ekstrudowane, stanowią bogate źródło witamin [Tiwari, Cumminis 2009]. Ogólnie znany jest fakt, iż podczas procesu ekstruzji w surowcach roślinnych zachodzi zjawisko zmniejszania się zawartości niektórych składników bioaktywnych, w tym również witamin. Wpływ procesu ekstruzji na stabilność witamin szczegółowo zbadali w swoich pracach Camire i in. (1990), Killeit (1994), Riaz i in. (2009). Dominującymi czynnikami destrukcyjnymi dla witamin w czasie ekstruzji są: wysokie ciśnienie, temperatura i wilgotność względna procesu oraz wysoki potencjał oksydacyjno-redukcyjny [Athar i in. 2006]. Witaminami szczególnie podatnymi na zmiany w trakcie ekstruzji produktów zbożowych, jak podają Brennan i in. (2011), są: witaminy z grupy B (szczególnie B₁, B₂ i PP) oraz lipofilna witamina E [Zieliński, Kozłowska i Lewczuk 2001; Tiwari i Cummins 2010].

W niniejszej pracy do badań nad zmianami zawartości α -tokoferolu wybrano ekstrudaty kasz makaronowych pszennych pełnoziarnistych i pszenno-gryczanych oraz mieszanki surowcowe do ich produkcji (rysunek 1).



Rysunek 1. Ekstrudaty kasz makaronowych pszennych pełnoziarnistych (A) i pszenno-gryczanych (B) oraz mieszanki surowcowe do ich produkcji

Uzyskane wyniki zawartości α -tokoferolu w mieszankach surowcowych do produkcji ekstrudowanych kasz makaronowych instant oraz w wyprodukowanych z nich kaszach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zawartość α -tokoferolu w ekstrudowanych kaszach makaronowych instant i mieszankach do ich produkcji [$\mu\text{g/g}$]

| Numer serii | Kasza pszenna pełnoziarnista | | Kasza pszenno-gryczana | |
|-------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Mieszanka surowcowa | Kasza ekstrudowana | Mieszanka surowcowa | Kasza ekstrudowana |
| 1 | 1,38 ^a ± 0,05 | 0,54 ^b ± 0,02 | 0,94 ^a ± 0,06 | 0,38 ^b ± 0,05 |
| 2 | 1,42 ^a ± 0,20 | 0,46 ^b ± 0,01 | 1,11 ^a ± 0,05 | 0,33 ^b ± 0,03 |
| 3 | 2,33 ^a ± 0,14 | 0,28 ^b ± 0,01 | 1,04 ^a ± 0,10 | 0,44 ^b ± 0,04 |
| 4 | 2,03 ^a ± 0,08 | 0,80 ^b ± 0,03 | 1,08 ^a ± 0,10 | 0,39 ^b ± 0,03 |

^{a, b} – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$)

$\bar{x} \pm \text{SD}$ – średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe

Zawartość α -tokoferolu w mieszance surowcowej do produkcji kaszy pszennej pełnoziarnistej wahała się w zależności od serii od 1,38 $\mu\text{g/g}$ dla serii 1 do 2,33 $\mu\text{g/g}$ dla serii 3, natomiast w mieszance surowcowej do produkcji kaszy pszenno-gryczanej od 0,94 $\mu\text{g/g}$ dla serii 1 do 1,11 $\mu\text{g/g}$ dla serii 2. W wyprodukowanych ekstrudatach kaszowych

zaobserwowano duży spadek zawartości α -tokoferolu. W kaszy pszennej pełnoziarnistej jego zawartość wahała się w zakresie od 0,28 $\mu\text{g/g}$ dla serii 1 do 0,80 $\mu\text{g/g}$ dla serii 4. W przypadku kaszy pszenno-gryczanej ilość α -tokoferolu mieściła się w zakresie od 0,33 $\mu\text{g/g}$ dla serii 2 do 0,44 $\mu\text{g/g}$ dla serii 3.

Zjawisko degradacji witamin w trakcie procesu ekstruzji, opisywane w licznych badaniach [Zieliński, Kozłowska i Lewczuk 2001; Cheftel 1986; Athar i in. 2006], wystąpiło szczególnie wyraźnie w ekstrudatach kaszy pszennej pełnoziarnistej. Ekstruzja spowodowała straty α -tokoferolu wynoszące od 88,0% w stosunku do zawartości w surowcu dla serii 3 do 60,6% dla serii 4. Wyniki te są zbliżone do wyników prezentowanych przez Zielińskiego, Kozłowską i Lewczuka (2001). Obserwowali oni istotny spadek zawartości α -tokoferolu, który w zależności od użytego surowca wahał się w granicach od 63% do 94%. Przy czym największe straty witaminy zanotowali oni w ryżu, następnie w pszenicy (92,4%), a najmniejsze w owsie. W przypadku kasz pszenno-gryczanych straty zależnie od serii produkcyjnej wynosiły od 57,7% do 70,3%. Podobne wyniki badań przedstawili w swojej pracy Zieliński, Kozłowska i Lewczuk (2001). Autorzy zanotowali istotny spadek zawartości α -tokoferolu (63%) w gryce poddanej ekstruzji. Grela, Jensen i Jakobsen (1999) badali natomiast wpływ temperatury ekstruzji na stabilność poszczególnych form witaminy E. Stwierdzili, iż α -tokoferol jest najbardziej wrażliwą na działanie wysokich temperatur formą witaminy E, co może tłumaczyć tak znaczny spadek zawartości tego witaminy w wyprodukowanych ekstrudatach.

WNIOSKI

1. Zastosowany proces ekstruzji powodował spadek zawartości α -tokoferolu w obu badanych kaszach w porównaniu z ich mieszankami surowcowymi.
2. Zjawisko degradacji α -tokoferolu w trakcie procesu ekstruzji wystąpiło szczególnie wyraźnie w ekstrudatach kaszy pszennej pełnoziarnistej, gdzie odnotowano straty wynoszące od 60,6% do 88,0%. W przypadku kasz pszenno-gryczanych straty α -tokoferolu mieściły się w zakresie od 57,7% do 70,3%.

PIŚMIENNICTWO

1. Athar N., Hardacre A., Taylor G., Clark S., Harding R., McLaughlin J. (2006). Vitamin retention in extruded food products. *J. Food Compos. Anal.*, 19 (4), 379–383
2. Akinyele I. O., Shokunbi O. S. (2015). Concentrations of Mn, Fe, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, Ni in selected Nigerian tubers, legumes and cereals and estimates of the adult daily intakes. *Food Chem.*, 173 (15), 702-708
3. Brennan C., Brennan M., Derbyshire E., Tiwari B. K. (2011). Effects of Extrusion on the Polyphenols, Vitamins and Antioxidant Activity of Foods. *Trends Food Sci. Tech.*, 22, 570-575
4. Camire M. E., Camire A., Krumhar K. (1990). Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 29 (1), 35-57
5. Cheftel J. C. (1986). Nutritional effects of extrusion-cooking *Food Chem.*, 20 (4), 263-283
6. Grela E. R., Jensen S. K., Jakobsen K. (1999). Fatty acid composition and content of tocopherols and carotenoids in raw and extruded grass pea (*Lathyrus sativus* L). *J. Sci. Food Agric.*, 79 (15), 2075-2078
7. Jones J. M. (2004). Dietary fibre intake, disease prevention, and health promotion. In: *Dietary Fibre bioactive carbohydrates for food and feed*. Wageningen Academic Publishers, 143-164
8. Killeit U. (1994). Vitamin retention in extrusion cooking. *Food Chem.*, 49 (2), 149-155
9. Lazou A. E., Krokida M. K., Karathanos V. T., Marinos-Kouris D. (2010). Mechanical properties of corn-legume based extrudates. *Int. J. Food Prop.*, 13 (4), 847-863
10. Lusas E. W., Rooney L. W. (2001). *Snack Foods Processing*. CRC Press LLC, USA
11. Mościcki L. (2000). Technika ekstruzji w przetwórstwie rolno-spożywczym. *Prz. Zboż. Młyn.*, 5, 2-8
12. PN-EN 12822:2014-08 Artykuły żywnościowe -- Oznaczanie witaminy E metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej -- Pomiar α -, β -, γ - i δ -tokoferolu
13. Poutanen K. (2012). Past and future of cereal grains as food for health. *Trends Food Sci. Technol.*, 25, 58-62
14. Riaz M. N., Asif M., Ali R. (2009) Stability of vitamins during extrusion. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 49, 361-368
15. Rzedzicki Z. (2005). Badania składu chemicznego wybranych błyskawicznych zbóż śniadaniowych. *Brom. Chemia Toksykol.*, XXXVII S, 141-146

16. Sicińska E. (2010). Produkty zbożowe u podstaw piramidy zdrowego żywienia. *Przem. Spoż.*, 64 (11), 18-20
17. Sobota A., Rzedzicki Z. (2004). Badania nad technologią ekstruzji dwuślimakowej ekstrudatów z udziałem otrąb pszennych. *Annales UMCS Sec. E*, 59, 303-313
18. Tiwari U., Cummins E. (2009). Nutritional importance and effect of processing on tocopherols in cereals, *Trends Food Sci. Tech.*, 20 (11-12), 511-520
19. Weiwei G., Trust B. (2013). Phenolic acid composition and antioxidant potential of insoluble and soluble dietary fibre extracts derived from select whole-grain cereals. *Food Res. Int.*, 51 (2), 518-525
20. Zieliński H., Kozłowska H., Lewczuk B. (2001). Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2 (3), 159-169