

Mgr inż. Małgorzata CZERWONKA
Dr hab. inż. Bożena WASZKIEWICZ-ROBAK
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW w Warszawie

WPŁYW PROCESU TECHNOLOGICZNEGO NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW POLIFENOLOWYCH I AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCĄ JABŁEK I PRZETWORÓW JABŁKOWYCH®

W pracy zaprezentowanej w artykule porównano zawartość związków polifenolowych i aktywność przeciwutleniającą świeżych jabłek oraz produktów ich przetworzenia, otrzymanych w skali laboratoryjnej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że jabłka i przetwory jabłkowe są dobrym źródłem substancji bioaktywnych, o charakterze przeciwutleniaczy, jednak ich ilość zależy od odmiany. Straty związków polifenolowych ogółem spowodowane procesem technologicznym wynoszą w zależności od odmiany od ok. 30-35%. Proces pasteryzacji powoduje zbliżone straty związków polifenolowych do strat powstałych podczas gotowania owoców świeżych. Uzyskane wyniki mogą mieć znaczenie aplikacyjne w projektowaniu nowych asortymentów przetworów jabłkowych.

Słowa kluczowe: jabłka, przetwory jabłkowe, aktywność antyoksydacyjna, związki polifenolowe.

WPROWADZENIE

Jabłka są najczęściej spożywanymi i najchętniej wykorzystywanymi w przetwórstwie owocami. Swoją popularność zawdzięczają dostępności na rynku przez cały rok, związanej z łatwością przechowywania, niską ceną, wysokimi walorami sensorycznymi oraz innymi właściwościami funkcjonalnymi. Wykazują one udowodnione naukowo oddziaływanie prozdrowotne, związane z zawartością wielu cennych składników, m.in. witamin (w szczególności witaminy C), składników mineralnych (magnezu, potasu, wapnia, krzemu), błonnika pokarmowego, a także związków polifenolowych. Spośród szeregu korzyści zdrowotnych wynikających ze spożycia jabłek, należy wymienić prewencję wielu chorób (m.in. układu sercowo-naczyniowego, nowotworowych, neurodegeneracyjnych, zakażeń bakteryjnych i wirusowych), a także możliwość usprawniania pracy wielu funkcji organizmu człowieka [3, 7, 10], co wynika m.in. z ich właściwości przeciwutleniających.

Dane literaturowe wskazują, że na zawartość związków polifenolowych ogółem w jabłkach oraz ich aktywność przeciwutleniającą wywiera wpływ wiele czynników, m.in. odmiana [4, 9, 13] i warunki klimatyczne, w których owoce wzrastają [6]. Opisywane są także wyniki dotyczące wpływu różnych etapów obróbki technologicznej owoców, np. rozdrabniania, tłoczenia, depektynizacji czy filtracji soków na zachowanie niektórych substancji bioaktywnych [2, 19, 20].

Dane te często jednak odnoszą się do różnych odmian jabłek i opisywane są wybiórczo dla różnych etapów procesu przetwórczego prowadzanego w warunkach laboratoryjnych, nie bilansując kompleksowo zawartości tych składników w całym procesie technologicznym. Wyniki podawane są często przez autorów w różnych jednostkach, co znacznie utrudnia porównywanie i właściwą interpretację wyników [11, 14].

Brak jest także danych literaturowych o zawartości związków polifenolowych, czy właściwościach przeciwutleniających gotowych przetworów jabłkowych. Jest to ważne

z dietetycznego punktu widzenia, szczególnie teraz, gdy obserwowane są tendencje spadku spożycia owoców surowych na rzecz ich przetworów, głównie soków [8, 12].

Dlatego też celem podjętej pracy zaprezentowanej w artykule była ocena właściwości przeciwutleniających oraz zawartości wybranych związków bioaktywnych w jabłkach i wybranych przetworach jabłkowych otrzymanych w skali laboratoryjnej. Celem badań było ponadto zbilansowanie zawartości związków polifenolowych ogółem oraz określenie zmian właściwości przeciwutleniającej jabłek poddanych wybranemu procesowi technologicznemu.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał badawczy stanowiły świeże jabłka trzech odmian: Antonówka, Ligol i Złota Reneta, pochodzące ze zbioru w 2008 roku oraz otrzymane z nich w skali laboratoryjnej przetwory:

- sok surowy – otrzymany w wyniku tłoczenia świeżego surowca (sokowirówka),
- sok pasteryzowany – otrzymany w wyniku pasteryzacji soku surowego w temperaturze 75°C i czasie 15 minut,
- kompot – otrzymany w wyniku gotowania wcześniej rozdrobnionych świeżych owoców w wodzie w stosunku wagowym 1: 3, w czasie 15 minut od momentu wrzenia roztworu.

Oznaczano:

- aktywność antyoksydacyjną (TEAC) – metodą kolorymetryczną stosując syntetyczne kationorodniki ABTS⁺, podając wyniki w mmolach Troloxu (syntetycznej pochodnej witaminy E), na 100 g lub 100 ml produktu [6, 15],
- zawartość związków polifenolowych ogółem – metodą kolorymetryczną z odczynnikiem Folin-Ciocalteu'a, wyrażając wyniki w mg, jako ilość kwasu galusowego (GAE) na 100 g lub 100 ml produktu [17, 18].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programów Statistica 8 i Microsoft Excel 2007. Zastosowano test t-Studenta, przy poziomie istotności różnic $p < 0,05$.

OMÓWIENIE I Dyskusja Wyników

W tabeli 1 podano zawartość związków polifenolowych wyrażoną jako mg kwasu galusowego (GAE) na 100 g produktu oraz wartości aktywności przeciwutleniającej różnych odmian jabłek. Wyniki wskazują na znaczne różnice w zawartości związków polifenolowych w jabłkach w zależności od odmiany owoców.

Tabela 1. Zawartość związków polifenolowych i aktywność przeciwutleniająca jabłek w zależności od odmiany

Odmiana jabłek	Związki polifenolowe ogółem mg GAE/100 g	TEAC, mmol Troloxu/100 g
Ligol	81,2	0,34
Złota Reneta	96,5	0,42
Antonówka	312,5	1,56

Najwyższą zawartość związków polifenolowych stwierdzono w odmianie Antonówka – 312,5 mg GAE w 100g, wobec 81,2-96,5 mg GAE/100 g w odmianach Ligol i Złota Reneta. Także aktywność przeciwutleniająca jabłek była zależna od odmiany. Najwyższą charakteryzowała się również odmiana Antonówka, natomiast najniższą odmiana Ligol.

W tabeli 2 przedstawiono zawartość związków polifenolowych (wyrażonych jako kwas gallusowy – GAE) oraz aktywność przeciwutleniającą (TEAC) 100 ml soków surowych otrzymanych ze świeżych jabłek badanych odmian.

Wydajność podczas pozyskiwania soków surowych była zróżnicowana dla badanych odmian. Miało to wpływ na różny stopień ekstrakcji tych związków z owoców do soku, który wyniósł: 42,6% w przypadku odmiany Ligol, 82,9% w przypadku odmiany Złota Reneta i 55,2% w przypadku odmiany Antonówka.

Pomimo, że w 100 ml soków surowych stwierdzono znacznie niższy poziom związków polifenolowych niż w 100 g świeżych jabłek, to aktywność przeciwutleniająca soków surowych była w przypadku każdej odmiany wyższa w odniesieniu do 100 g jabłek świeżych (tab. 1 i 2). Świadczyć to może o korzystnych przemianach substancji zawartych w owocach (zachodzących podczas tłoczenia), które to przemiany prowadzą do wzrostu aktywności przeciwutleniającej świeżo wyciśniętych soków nie poddanych obróbce termicznej.

W tabeli 3 zestawiono zawartość związków polifenolowych i aktywność przeciwutleniającą 100 ml soku surowego poddanego procesowi pasteryzacji oraz 100 ml kompotu otrzymanego ze świeżych owoców wskutek ich gotowania.

Stwierdzono, że w przypadku badanych procesów oznaczane wyróżniki istotnie różniły się dla odmiany Antonówka (ANOVA, $p < 0,05$), a dla pozostałych odmian nie było istotnych różnic między wartościami.

Niezależnie od zastosowanego procesu, najwyższą zawartość związków polifenolowych i równocześnie najwyższą aktywność przeciwutleniającą przetworów uzyskiwano dla odmiany Antonówka, a najniższą z odmiany Ligol, co było od-

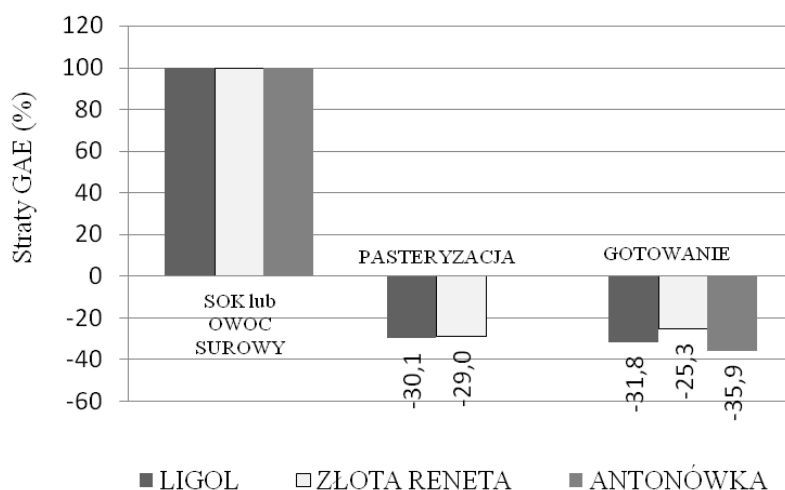
zwierciedleniem wartości charakteryzujących owoce surowe (tab. 3 i tab. 1).

Tabela 2. Związki polifenolowe ogółem (GAE) i aktywność przeciwutleniająca (TEAC) soku surowego otrzymanego z różnych odmian jabłek

Odmiana jabłek poddanych tłoczeniu	Związki polifenolowe ogółem mg GAE/100 ml	TEAC, mmol Troloxu/100 ml
Ligol	34,6a	0,29a
Złota Reneta	67,3b	0,65b
Antonówka	172,5c	1,72c

Porównując wielkość strat związków polifenolowych (GAE) i stopień obniżenia aktywności przeciwutleniającej badanych przetworów (TEAC) wskutek prowadzonego procesu technologicznego, stwierdzono, że niezależnie od odmiany, zawartość związków polifenolowych ulegała obniżeniu od 29 do 31,8%. Pasteryzacja soku surowego powodowała straty związków polifenolowych ogółem w ilości od 29 do 30,1% (odmiany Ligol i Złota Reneta) oraz od 25,3% (Złota Reneta) do 35,9% (Antonówka). Straty powstałe po pasteryzacji soku surowego były więc porównywalne ze stratami, jakie wystąpiły po gotowaniu jabłek świeżych (rys. 1).

Na rys. 2 przedstawiono zmiany aktywności przeciwutleniającej owoców poddanych różnym procesom technologicznym. Porównywano je (podobnie jak w przypadku zawartości związków polifenolowych) z wartościami charakteryzującymi soki surowe dla procesu pasteryzacji i wartościami charakteryzującymi świeże owoce – w przypadku gotowania.



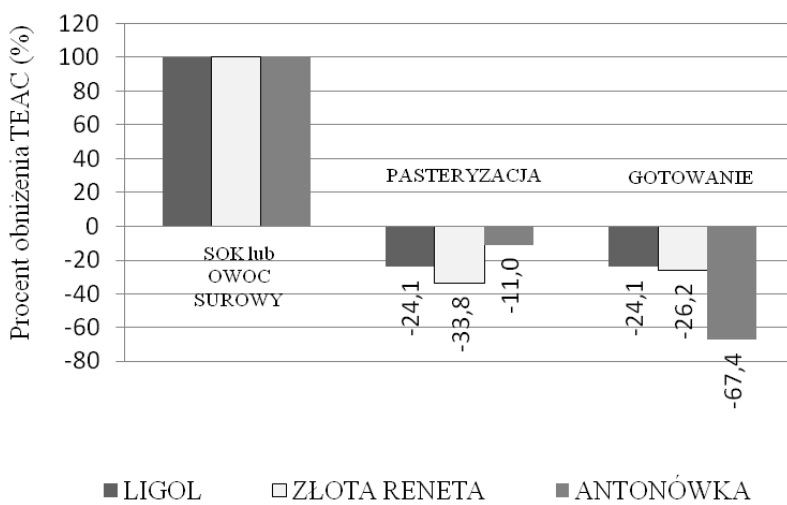
Rys. 1.

Straty związków polifenolowych ogółem z owoców poddanych różnym procesom technologicznym.

Zaobserwowano, że dla wszystkich badanych odmian jabłek, aktywność przeciwutleniająca soków zmalała po pasteryzacji o 11% (odmiana Antonówka) i ok. 33,8% (odmiana Złota Reneta). Kompot charakteryzował się niższą o 24-26,1% aktywnością od aktywności 100 g jabłek w przypadku odmian Ligol i Złota Reneta i aż o 67,4% w przypadku odmiany Antonówka.

Tabela 3. Związki polifenolowe ogółem (GAE) i aktywność przeciwutleniająca (TEAC) 100 ml pasteryzowanego soku surowego i 100 ml kompotu

Odmiana jabłek i stosowany proces technologiczny		GAE mg/100 ml	TEAC mmol Troloxu/100 ml
Pasteryzacja surowych soków	Ligol	24,2a	0,22a
	Złota Reneta	47,8b	0,43b
	Antonówka	172,5c	1,53c
Gotowanie świeżych owoców	Ligol	23,6a	0,22a
	Złota Reneta	50,3b	0,48b
	Antonówka	61,1d	0,56d



Rys. 2. Zmiany aktywności przeciwutleniającej owoców poddanych różnym procesom technologicznym.

Tabela 4. Wartości współczynników korelacji charakteryzujących związek między aktywnością przeciwutleniającą a zawartością związków polifenolowych ogółem w jabłkach świeżych i przetworach jabłkowych

Rodzaj produktu	Współczynnik korelacji (r)
Jabłko – świeży owoc	1
Soki surowe	0,999
Soki surowe po pasteryzacji	1
Gotowanie (kompot)	0,996

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki wskazujące, że zawartość związków polifenolowych i właściwości przeciwutleniające owoców, determinowane są odmianą owocu, są zbliżone z wynikami innych autorów [4, 9, 13]. W literaturze opisywany jest również fakt, że nawet w obrębie tej samej odmiany mogą występować różnice w zawartości substancji bioaktywnych o właściwościach prozdrowotnych. Wynika to z różnego sposobu

uprawy, warunków klimatycznych, długości i warunków przechowywania owoców [1, 5, 6, 11].

W niniejszej pracy stwierdzono ponadto wyraźną, wprost proporcjonalną zależność między zawartością związków polifenolowych ogółem a aktywnością przeciwutleniającą produktów, co przedstawiono w tab. 4.

Współczynnik korelacji (r) dla wszystkich badanych produktów między aktywnością przeciwutleniającą a zawartością związków polifenolowych ogółem wynosił powyżej 0,99, co oznacza bardzo silną zależność liniową między zmiennymi. Im wyższa zawartość związków polifenolowych ogółem w danym produkcie jabłkowym, tym wyższe są jego właściwości przeciwutleniające. Podobne zależności opisywali inni autorzy, m.in. Grajek [6] oraz Roura i wsp. [16].

Aktywność przeciwutleniająca wyrażona jako TEAC była zróżnicowana dla różnych produktów przetworzenia owoców. W przypadku odmian Złota Reneta i Antonówka, aktywność ta była wyższa dla soku surowego w porównaniu do świeżych jabłek, natomiast w przypadku odmiany Ligol, wyższą aktywność przeciwutleniającą wykazywały jabłka świeże niż otrzymane z nich sok.

W pracy stwierdzono, że proces pasteryzacji soku surowego i gotowanie owoców świeżych nie były obojętne dla aktywności przeciwutleniającej produktów końcowych. Sok pasteryzowany charakteryzował się znacznie niższą aktywnością przeciwutleniającą w stosunku do soku surowego, ale również do jabłka świeżego. Uzyskane wyniki są zbliżone z opublikowanymi wynikami innych autorów, m.in. [2, 6, 19].

Reasumując, należy stwierdzić, że na zawartość związków polifenolowych ogółem oraz aktywność przeciwutleniającą produktów pozyskanych wskutek przetworzenia świeżych jabłek, ma istotny wpływ zarówno odmiana jabłek, jak i rodzaj zastosowanych procesów technologicznych.

WNIOSKI

1. Jabłka i przetwory jabłkowe są źródłem związków polifenolowych ogółem o właściwościach przeciwutleniających.
2. Na zawartość związków polifenolowych ogółem i aktywność przeciwutleniającą jabłek i ich przetworów decydujący wpływ wywiera odmiana owoców oraz rodzaj zastosowanego procesu technologicznego.
3. Straty związków polifenolowych ogółem spowodowane procesem technologicznym wynoszą w zależności od odmiany od ok. 30–35%. Proces pasteryzacji powoduje zbliżone straty związków polifenolowych do strat powstałych podczas gotowania owoców świeżych.
4. Aktywność przeciwutleniająca jabłek świeżych i przetworów z nich otrzymanych jest dodatnio skorelowana z zawartością związków polifenolowych ogółem.
5. Uzyskane wyniki mogą mieć znaczenie aplikacyjne w projektowaniu procesu technologicznego niezbędnego w produkcji nowych asortymentów przetworów jabłkowych.

LITERATURA

- [1] Beekwilder J., Hall R.D., de Vos C.H.R.: Identification and dietary relevance of antioxidants from raspberry, *Bio Factors*, 2005, 23, 197-205.
- [2] Dekker M., Sluis A.A., van der Verkerk R., Jongen W.M.F.: Effects of processing on the level and bioactivity of antioxidants in Food products, [w:] Hagg M., Avehainen R., Evers A.M., Tiilikkala K. (red.): *Agri-food Quality II, Quality Management of Fruits and Vegetables*, Wyd. Cambridge: Royal Society of Chemistry, Great Britain, 1999, 17 – 21.
- [3] Di Matteo V., Esposito E.: Biochemical and therapeutic effects of antioxidants in the treatment of Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and amyotrophic lateral sclerosis, *Current Drug Targets CNS Neurological Disorders*, 2003, 2, 95-107.
- [4] Duda-Chodak A., Tarko T.: Antioxidant properties of different fruit seeds and pesel, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2007, 3 (6), 29-36.
- [5] Goulding J., McGlasson B., Wyllie S., Leach D.: Fate of apple phenolics during cold storage, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 49, 2283-2288.
- [6] Grajek W. (red.): *Przeciwutleniacze w żywności*, WNT, Warszawa, 2007.
- [7] Harrison D., Griendling K.K., Landmesser U.: Role of oxidativestress in atherosclerosis, *American Journal of Cardiology*, 2003, 91, 7-11.
- [8] IERiGŻ: *Rynek owoców i warzyw, Stan i perspektywy, listopad 2008*, Warszawa, IERiGŻ PIB, 2008.
- [9] Kosmala M., Kołodziejczyk K.: Procyjanidyny najpopularniejszych w Polsce deserowych odmian jabłek, *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 2006, 47 Supl. (2), s. 124-126.
- [10] Lotito S. B., Frei B.: Relevance of apple polyphenols as antioxidant in human plasma: contrasting in vitro and in vivo effects, *Free Radical Biology & Medicine*, 2004, 2 (36), 201-211.
- [11] Miller H.E., Rigelhof F., Marquart L., Prakash A., Katter M.: Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables, *Journal of the American College of Nutrition*, 2000, 19 (Supl.), 312-319.
- [12] Mitek M., Kalisz S.: Współczesne poglądy na właściwości przeciwutleniające soków owocowych i warzywnych, *Przemysł Spożywczy*, 2003, 5, 37-39.
- [13] Pellegrini N., Serafini M., Colombi B., Del Rio D., Salvatore S., Bianchi M., Brighenti F. (2003): Total Antioxidant Capacity of Plant Foods, Beverages and Oils Consumed in Italy Assessed by Three Different In Vitro Assays, *Journal Nutrition*, 133, s. 2812-2819.
- [14] Proteggente A.R., Pannala A.S., Paganga G., Van Buren L., Wagner E., Wiseman S., Van De Put F., Dacombe C., RiceEvans C.A.: The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition, *Free Radical Research*, 2002, 36, 217-233.
- [15] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free Radical Biology & Medicine*, 1999, 9-10 (26), 1231-1237.
- [16] Rembiałkowska E., Hallmann E., Kaproń L., Rusaczonek A.: Ocena wartości przeciwutleniającej oraz zawartości związków bioaktywnych w kremogenach wykonanych z owoców starych i nowych odmian jabłoni, *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 2007, 50 (1), 105-112.
- [17] Roura E., Andres-Lacueva C., Estruch R., Lamuela-Raventos R. M.: Total polyphenol intake estimated by a modified Folin-Ciocalteu assay of urine, *Clinical Chemistry*, 2006, 4 (52), 749-752.
- [18] Singleton V.L., Rossi Jr. J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *American Journal Enology and Viticulture*, 1965, 3 (16), 144-158.
- [19] Skąpska S., Sieliwanowicz B., Jasińska U., Owczarek L., Lipowski J., Trzczińska M., Hałasińska A.: Zmiany zawartości naturalnych przeciwutleniaczy oraz pojemności przeciwutleniającej zachodzące w surowcu w trakcie procesu otrzymywania soku zagęszczonego z jabłek, *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 2006, 46 Supl. (1), 152-159.
- [20] Soong Y-Y., Barlow P.J.: Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds, *Food Chemistry*, 2004, 299, 152-178.

**THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL
PROCESS ON POLYPHENOLIC
COMPOUNDS CONTENT
AND ANTIOXIDANT PROPERTIES
IN APPLES AND APPLE PRESERVES**

SUMMARY

In this work the content of polyphenolic compounds and antioxidant properties of fresh apples and apples preserves were compared. On the basis of the data received found that apples and apple preserves are a good source of bioactive components, with antioxidants character, but their content are determined on fruit variety. The wastes of polyphenolic compounds are caused by technological process and amounted about 30-35% in dependence on variety. The pasteurization process caused polyphenolic compounds wastes similar to wastes caused cooking fresh fruit. Obtained results could have significance application in new assortment of apples preserves design.

Key words: *apples, apple preserves, antioxidant activity, polyphenolic compounds.*