

Dr inż. Małgorzata NOWACKA

Prof. dr hab. Dorota WITROWA-RAJCHERT

Mgr inż. Joanna RUŁA

Wydział Nauk o Żywności, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW w Warszawie

WPLYW PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH NA AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCĄ I ZAWARTOŚĆ POLIFENOLI W TKANCE JABŁKA®

W pracy przedstawiono wyniki badań własnych dotyczące wpływu różnych procesów technologicznych, tj. zamrażania, rozmrażania, blanszowania, suszenia i rehydracji na aktywność przeciwutleniającą i zawartość polifenoli w tkance jabłka. Wykazano, że największą stabilność badanych wyróżników jakości zaobserwowano wśród produktów zamrażanych i suszonych sublimacyjnie. Aktywność przeciwutleniająca oraz zawartość polifenoli w materiale po rozmrożeniu obniżyły się w znacznym stopniu. Proces suszenia, przebiegający w warunkach tlenowych, spowodował znaczny rozpad związków polifenolowych, co miało wpływ na zmniejszenie zdolności zmiatania wolnych rodników. Stwierdzono istnienie dodatniej korelacji pomiędzy zawartością polifenoli i aktywnością przeciwrodnikową w jabłkach poddanych różnym procesom technologicznym.

Słowa kluczowe: zamrażanie, rozmrażanie, blanszowanie, suszenie, polifenole, aktywność przeciwutleniająca.

WSTĘP

Najważniejszym źródłem substancji aktywnych o działaniu przeciwutleniającym są warzywa i owoce. Przeciwiutleniacze odgrywają istotną rolę w zrównoważonej diecie ludzkiej, poprzez ograniczenie skutków działania wolnych rodników, powodujących zaburzenia w funkcjonowaniu organizmu [16]. Zastosowanie procesów technologicznych do obróbki tkanki roślinnej może w różnym stopniu wpływać na jej wartość odżywczą i trwałość mikrobiologiczną, na szybkość przebiegu reakcji oraz walory smakowe i zapachowe produktów. Niestety, przetwarzanie żywności najczęściej ma negatywny wpływ na właściwości przeciwutleniające produktów pochodzenia roślinnego [12, 14].

Obróbka technologiczna polega zazwyczaj na stosowaniu różnych zabiegów. Są to procesy w dużej mierze termiczne i hydrotermiczne, np. takie jak: pasteryzacja, sterylizacja, blanszowanie, zagęszczanie przez odparowanie, suszenie, ekstruzja, ogrzewanie mikrofalowe, obróbka kulinarna oraz nowe metody obróbki, np. stosowanie wysokiego ciśnienia i obróbka polem elektromagnetycznym. Zmiany w składnikach bioaktywnych mogą być także wywołane przez procesy mikrobiologiczne i enzymatyczne, zachodzące w czasie fermentacji. Obok wysokiej temperatury i ciśnienia, o stabilności chemicznej składników decyduje też kontakt cząsteczek z tlenem i światłem. Duży wpływ ma na to także pakowanie żywności i sposób jej przechowywania. Utrzymanie wysokiej aktywności przeciwutleniającej składników żywności jest problemem złożonym i trudnym do analizy [5]. Przemiany związane z łagodną i szybką obróbką hydrotermiczną w temperaturze poniżej 100°C są na ogół mniejsze niż podczas działania wysokich temperatur. W wyniku ogrzania roztworu poniżej 100°C, usuwany jest z niego tlen i denaturowane są enzymy z grupy oksydo-reduktaz. Stosowanie długotrwałego gotowania powoduje zwiększenie strat, gdyż duża część rozpuszczalnych w wodzie przeciwutleniaczy podlega ekstrakcji [4].

Niejednoznaczność wpływu różnych zabiegów jest przyczyną konieczności prowadzenia badań nad wpływem różnych procesów obróbki żywności pochodzenia roślinnego na zawartość polifenoli i zdolność przeciwrodnikową. Obecnie w literaturze znajdują się liczne doniesienia na temat właściwości antyoksydacyjnych surowych produktów roślinnych. Natomiast stosunkowo nieliczne dotyczą żywności przetworzonej, co także uzasadnia przeprowadzenie tego typu badań. W opisywanych eksperymentach zastosowano różnego rodzaju procesy, jako metody obróbki tkanki jabłka. Zakres pracy obejmował pomiar zawartości polifenoli i aktywności przeciwrodnikowej tkanki jabłka po procesie blanszowania, suszenia konwekcyjnego, suszenia konwekcyjnego wspomaganego promieniowaniem podczerwonym, suszenia sublimacyjnego, suszenia mikrofalowego, rehydracji, zamrażania w temperaturze -18 i -74°C oraz rozmrażania.

Celem artykułu jest przedstawienie uzyskanych wyników badań dotyczących wpływu różnych procesów technologicznych na aktywność przeciwutleniającą i zawartość polifenoli w tkance jabłka.

MATERIAŁY I METODY

Jabłka odmiany Idared krojono w plastry o średnicy 30 mm i grubości 2,5±0,1mm i poddawano obróbce technologicznej.

Suszenie prowadzono czterema metodami:

- konwekcyjne - w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 70°C, stosując przepływ powietrza równoległy do warstwy materiału o prędkości 2 m/s;
- promiennikowo-konwekcyjnie - w suszarce laboratoryjnej, stosując równoległy do warstwy materiału przepływ powietrza o prędkości 1,2 m/s oraz odległość źródła promieniowania od powierzchni suszonego materiału wynoszącą 20 cm;
- mikrofalowo-konwekcyjnie - w suszarce laboratoryjnej w temperaturze powietrza przepływającego prostopadle do materiału wynoszącą 40°C i przy mocy mikrofal 300 W;

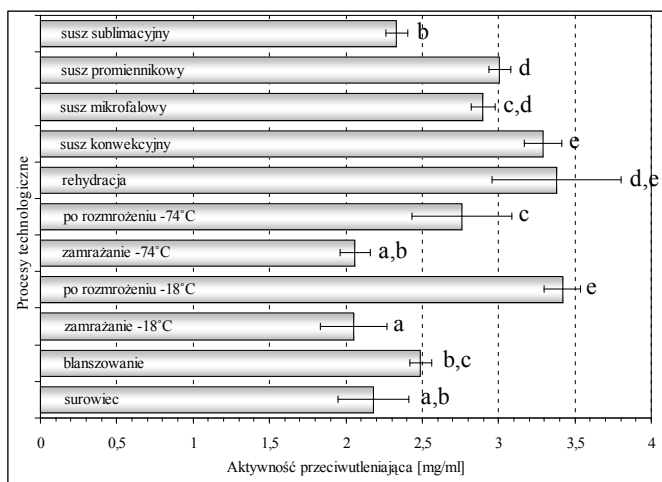
- sublimacyjnie - w suszarce Christ Loc -1m model ALPHA 1-4, w temperaturze półki 25°C i ciśnieniu 63 Pa przez 17 h. Przed suszeniem materiał zamrażano w temperaturze -74°C przez 2 h.

Rehydracji poddano próbkę suszu uzyskaną metodą konwekcyjną. Proces prowadzono w wodzie o temperaturze pokojowej przez 3 h.

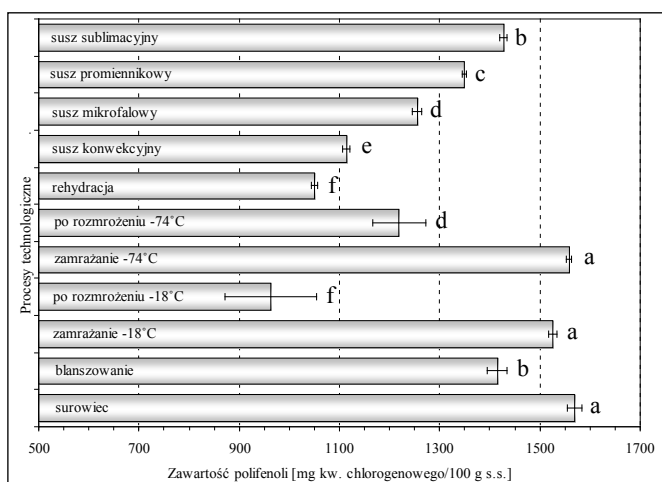
Proces blanszowania prowadzono we wrzącej wodzie przez 1 min, po czym materiał hartowano w zimnej wodzie i osuszano bibułą.

Zamrażanie prowadzono w dwóch różnych temperaturach -18 i -74°C, przy zastosowaniu konwekcji naturalnej. Natomiast rozmrażanie następowało w temperaturze pokojowej.

Właściwości przeciwrodnikowe oznaczano metodą polegającą na określeniu stopnia wygaszania wolnych rodników DPPH[•] przez przeciwutleniające zawarte w surowych jabłkach i suszach w czasie 30 minut, zgodnie z metodyką podaną przez Brand-Williams i in. (1995) [2]. Zawartość związków polifenolowych oznaczano metodą Folina-Ciocalteu'a [17], stosując jako wzorzec kwas chlorogenowy. Oznaczenie zdolności przeciwrodnikowej i zawartości polifenoli powtarzano trzykrotnie, a otrzymany wynik przeliczano na zawartość suchej substancji.



Rys. 1. Wpływ procesów technologicznych na aktywność przeciwutleniającą a-e - wartości oznaczone innymi indeksami różnią się między sobą statystycznie.



Rys. 2. Wpływ procesów technologicznych na zawartość polifenoli a-f - wartości oznaczone innymi indeksami różnią się między sobą statystycznie.

Analizę statystyczną wyników przeprowadzono przy zastosowaniu testu jednoczynnikowej analizy wariancji, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Z punktu widzenia aktywności biologicznej przeciwutleniaczy najważniejsze są zmiany chemiczne zachodzące w czasie obróbki technologicznej. Występujące w jabłkach związki fenolowe są głównymi substancjami odpowiedzialnymi za aktywność przeciwutleniającą. Właściwości bioaktywne składników żywności mogą ulegać znacznym zmianom w czasie procesu technologicznego [11, 12, 14].

Aktywność przeciwutleniająca i zawartość polifenoli w tkance jabłka po zastosowaniu różnych procesów technologicznych przedstawiono odpowiednio na rysunku 1 i 2, a ich procentową zmianę w stosunku do jabłka surowego w tabeli 1. Procesy technologiczne związane z mrożeniem owoców zasadniczo nie miały wpływu na zdolność zmiatania wolnych rodników i zawartość polifenoli, niezależnie od zastosowanej temperatury.

Tabela 1. Procentowa zmiana aktywności przeciwutleniającej i zawartości polifenoli po przeprowadzeniu procesów technologicznych

Proces technologiczny	Procentowa zmiana aktywności przeciwrodnikowej +/- [%]	Procentowa zmiana zawartości polifenoli +/- [%]
Surowe	0	0
Blanszowanie	- 14	- 10
Zamrażanie -18°C	+ 6	- 3
Po rozmrożeniu -18°C	- 57	- 39
Zamrażanie -74°C	+ 6	- 1
Po rozmrożeniu -74°C	- 27	- 22
Rehydracja	- 55	- 33
Suszenie konwekcyjne	- 51	- 29
Suszenie mikrofalowe	- 33	- 20
Suszenie promiennikowe	- 38	- 14
Suszenie sublimacyjne	- 7	- 9

Statystycznie istotne różnice w stosunku do surowej tkanki wystąpiły w przypadku procesów rozmrażania, które spowodowały zmniejszenie aktywności przeciwutleniającej tkanki zamrażanej o około 27 i 57%, odpowiednio gdy proces przeprowadzono w temperaturze -74 i -18°C. Podobnie, produkt zamrażany w -74 i -18°C po rozmrożeniu miał obniżoną odpowiednio o 22 i 39% zawartość związków polifenolowych w stosunku do jabłka surowego. Tak duże straty aktywności przeciwrodnikowej były związane głównie z wyciekami rozmrażalniczym. Ilość wycieku zależy od stopnia resorpcji wody, jaka uwalnia się podczas rozmrażania w wyniku topnienia kryształów lodu. Proces ten przebiega w korzystniejszych warunkach niż zwykła rehydracja, jednak zawsze część wody nie zostaje wchłonięta i stanowi wyciek, powodujący straty ważnych w żywieniu substancji rozpuszczalnych i pogorszenie właściwości sensorycznych

produktu [6]. W wycieku rozmrażalniczym mogły znaleźć się rozpuszczalne w wodzie związki, tj. polifenole charakteryzujące się właściwościami przeciwutleniającymi. Dodatkowo, przebiegające w warunkach tlenowych rozmrażanie mogło doprowadzić do utleniania związków o zdolnościach wygaszania wolnych rodników. Zamrażanie w niższej temperaturze prowadzi do powstania mniejszych kryształów lodu, a więc mniejszego uszkodzenia ścian komórkowych, co w efekcie wpłynęło na mniejszą ilość traconych polifenoli i większą aktywność przeciwutleniającą.

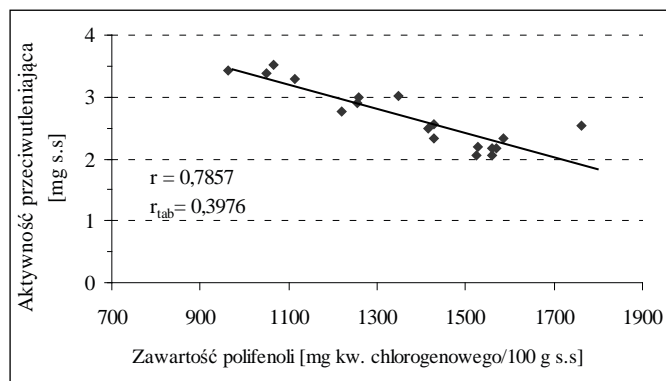
Proces suszenia w warunkach tlenowych spowodował znaczne zmniejszenie aktywności przeciwutleniającej. Suszenie konwekcyjne, promiennikowe i mikrofalowe spowodowało zmniejszenie zdolności wygaszania wolnych rodników odpowiednio o 51, 38 i 33% aktywności surowego jabłka (Tab. 1). W przypadku suszenia sublimacyjnego nastąpiły najmniejsze straty zawartości polifenoli i aktywności przeciwrodnikowej, wynoszące odpowiednio 9 i 7% w stosunku do surowego jabłka. W przypadku zawartości polifenoli w jabłku suszonym konwekcyjnie, promiennikowo i mikrofalowo nastąpił ich spadek odpowiednio o 29, 20 i 14%. Podobne wyniki otrzymały Ścibisz i Mitek [15], susząc konwekcyjnie w temperaturze 70°C świeże owoce borówki wysokiej, w której po procesie stwierdzono 39%-ową stratę zawartości polifenoli ogółem i zmniejszenie pojemności przeciwutleniającej o 41%. Proces suszenia związany jest zazwyczaj z intensywnym napowietrzaniem produktu suszonego, co najczęściej prowadzi do znacznych strat polifenoli, niekiedy sięgających nawet do 50% [7]. Porównując trzy metody suszenia można zauważyć, że suszenie konwekcyjne spowodowało największą degradację polifenoli i aktywności przeciwutleniającej. Prawdopodobnie przyczyną był najdłuższy czas procesu, a więc działanie tlenu, powodujące utlenianie związków aktywnych.

Rehydracja spowodowała spadek aktywności przeciwutleniającej o 55%, natomiast zawartość polifenoli zmniejszyła się o 33% w porównaniu z surowym jabłkiem. Dalsze zmniejszenie zawartości polifenoli w stosunku do suszu mogło być wynikiem dyfuzji rozpuszczalnych polifenoli z tkanki do otaczającej wody, na skutek uszkodzenia tkanki podczas procesu suszenia.

Proces blanszowania, prowadzony w wysokiej temperaturze spowodował zmniejszenie aktywności przeciwrodnikowej i zawartości polifenoli odpowiednio o 14 i 10%. Jednak jedynie w przypadku zawartości polifenoli różnica była istotna statystycznie. Brak dostępu tlenu i krótki czas działania wysokiej temperatury powoduje, że degradacja polifenoli i pojemności przeciwutleniającej jest mniejsza niż podczas suszenia. Podobnie, badania owoców borówki wysokiej [16] i gruszek [8] wykazały, iż blanszowanie obniża zawartość polifenoli i pojemność przeciwutleniającą także tych owoców. Zastosowanie szokowego chłodzenia po procesie blanszowania brokułów, marchwi i zielonego groszku wpływa na zachowanie zdolności zmiatania wolnych rodników [13].

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istnienie dodatniej korelacji liniowej pomiędzy zawartością polifenoli a aktywnością przeciwutleniającą jabłek ($r > r_{tab} = 0,3976$ dla $\alpha = 0,05$). Zmniejszenie zawartości polifenoli było więc przyczyną zmniejszania zdolności wygaszania wolnych rodników badanych owoców (rys.3). W wielu publikacjach wykazano wysoką korelację liniową między zawartością

polifenoli ogółem a zdolnością przeciwutleniającą [1, 3, 9]. W niektórych przypadkach oznaczanie polifenoli ogółem może służyć do określania właściwości przeciwutleniającej [10].



Rys. 3. Zależność aktywności przeciwutleniającej od zawartości polifenoli w jabłkach.

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić, iż obróbka technologiczna jabłek w większości przypadków ma negatywny wpływ na właściwości przeciwutleniające i zawartość polifenoli. Największą stabilność pod względem aktywności przeciwutleniającej i zawartości polifenoli zaobserwowano wśród produktów zamrażanych, zarówno w temperaturze -18 jak i -74°C. Rozmrażanie plastrów jabłek spowodowało znaczne obniżanie aktywności przeciwutleniającej, jak i zawartości polifenoli.

Procesami najbardziej degradującymi związki polifenolowe, a szczególnie zdolność zmiatania wolnych rodników okazał się proces suszenia i rehydracji. Najmniejsze ubytki polifenoli oraz aktywności przeciwrodnikowej stwierdzono w suszu sublimacyjnym, a największe w konwekcyjnym.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe procesy technologiczne stwierdzono istnienie dodatniej korelacji pomiędzy aktywnością przeciwrodnikową i zawartością polifenoli w jabłkach.

LITERATURA

- [1] BIEŻANOWSKA-KOPEĆ R., PISULEWSKI P.M., 2006. Wpływ procesów termicznych i biologicznych na pojemność przeciwutleniającą nasion fasoli (*Phaseolus Vulgaris L.*). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 3(48), 51-64.
- [2] BRAND-WILLIAMS W., CUVELIER M.E., BERSET C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm.-Wiss. U. – Techn., 28, 25-30.
- [3] GASIK A., MITEK M., KALISZ S. 2008. Wpływ procesu maceracji oraz warunków przechowywania na aktywność przeciwutleniającą i zawartość wybranych składników w soku z owoców derenia (*Cornus Mas*). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 5(60) supl., 161-167.
- [4] GIL M.I., FERRERES F., THOMAS-BARBERAN F.A. 1999. Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach. J. Agric. Food Chem., 47, 2213-2217.

- [5] **GRAJEK W. 2003.** *Zmiany potencjału przeciwutleniającego surowców roślinnych w procesach przetwórczych i w czasie trawienia.* Żywność, Nauka, Technologia, Jakość, 35 (4), 26-35.
- [6] **GRUDA Z., POSTOLSKI J. 1999.** *Zamrażalnictwo żywności,* WNT, Warszawa.
- [7] **HORUBAŁA A. 1999.** *Pojemność przeciwutleniająca i jej zmiany w procesach przetwarzania owoców i warzyw.* Przem. Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny, 43 (3), 30-32.
- [8] **KOPERA M., MITEK M. 2007.** *Wpływ procesu odwadniania osmotycznego na zawartość polifenoli w suszach gruszkowych (*Pyrus Communis* i *Pyrus Pyrifolia*).* Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 5(54), 213-221.
- [9] **KULJARACHANAN T., DEVAHASTIN S., CHIEWCHAN N. 2009.** *Evolution of antioxidant compounds in lime residues during drying.* Food Chem., 113(4), 944-949.
- [10] **OSZMIAŃSKI J. 2007.** *Metody oznaczania właściwości przeciwutleniających.* Przeciwutleniacze w Żywności. Aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne (red. W. Grajek), WNT, Warszawa, 519-532.
- [11] **OSZMIAŃSKI J. 2007.** *Wpływ obróbki termicznej na zawartość przeciwutleniaczy w produktach spożywczych. Zachowanie przeciwutleniaczy w produkcji soków i przecierów z jabłek i z owoców kolorowych.* Przeciwutleniacze w Żywności. Aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne (red. W. Grajek), WNT, Warszawa, 441-452.
- [12] **OSZMIAŃSKI J., WOLNIAK M., WOJDŁO A., WAWER I. 2007.** *Comparative study of polyphenolic content and antiradical activity of cloud and clear apple juices.* J. Sci. Food Agric., 87, 4, 573-579.
- [13] **PATRAS A., TIWARI B.K., BRUNTON N.P. 2011.** *Influence of blanching and low temperature preservation strategies on antioxidant activity and phytochemical content of carrots, green beans and broccoli.* LWT - Food Sci. Technol., 44, 299-306.
- [14] **POKORNY J., SCHMIDT S., YANISHLIEVA N., GORDON M. 2001.** *Antioxidants in foods, practical applications.* CRC Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.
- [15] **ŚCIBISZ I., MITEK M. 2006.** *Aktywność przeciwutleniająca i zawartość związków fenolowych w suszach z owoców borówki wysokiej (*Vaccinium Corymbosum* L.).* Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 4(49), 68-76.
- [16] **SILVINA B.L., BALZ F. 2004.** *The increase in human plasma antioxidant capacity after apple consumption is due to the metabolic effect of fructose on rate, not apple-derived antioxidant flavonoids.* Free Radical Biology and Medicine, 37(2), 201-203.
- [17] **SLUIS A., DEKKER M., SKREDE G., JONGEN W. 2002.** *Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple juice. Effect of existing production methods.* J. Agric. Food. Chem., 50(25), 7211-7214.

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PROCESSES ON ANTIOXIDANT ACTIVITY AND POLYPHENOLS CONTENT OF APPLE TISSUE

SUMMARY

The aim of this study was the investigation of antioxidant activity and polyphenols content of apple tissue after different technological processes as freezing, unfreezing, blanching, drying and rehydration. The results showed that the biggest stability of all parameters was observed for frozen and freeze-dried products. Antioxidant activity and polyphenols content decreased in significant degree for unfreezing products. The drying process, which runs under oxygen conditions, caused significant degradation of polyphenols and especially the ability of free radicals scavenging. The research proved the positive correlation existence between polyphenols content and radical scavenging activity subjected to different technological processes of apples.

Key words: *freezing, unfreezing, blanching, drying, polyphenols, antioxidant activity.*