

<sup>1)</sup> Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>2)</sup> Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>3)</sup> Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Wpływ pasteryzacji i mrożenia na właściwości antyoksydacyjne soku jabłkowego

### Streszczenie

Przedmiotem badań było określenie wpływu pasteryzacji i mrożenia otrzymanego soku jabłkowego odmiany Jonagold na zmiany cech jakościowych. W tym celu przygotowano trzy próbki soków: sok świeży, sok spasteryzowany oraz sok mrożony. W sokach oznaczono zawartość: polifenoli ogółem, flawonoidów, antocyjanów, witaminy C oraz całkowitą zdolność antyoksydacyjną. Największą zawartością polifenoli i flawonoidów charakteryzował się sok pasteryzowany, odpowiednio (48,65 mg/100 ml i 29,47 mg/100 ml). Największą zawartość antocyjanów odnotowano w soku świeżym (0,115 mg/100 ml). W przypadku oznaczenia zawartości witaminy C analiza nie wykazała obecności kwasu L-askorbinowego (<LOD), natomiast stwierdzono obecność kwasu L-dehydroaskorbinowego w ilości 0,51 mg/100 ml w soku pasteryzowanym, 2,78 mg/100 ml w soku świeżym oraz 1,77 mg/100 ml w soku mrożonym. W badaniach redukcji rodnika DPPH wykazano, że najsilniejszymi zdolnościami antyoksydacyjnymi charakteryzował się sok pasteryzowany (47,99%). W przypadku soku świeżego (32,19%) oraz mrożonego (27,07%) analiza statystyczna nie wykazała istotnych statystycznie różnic.

**Słowa kluczowe:** sok jabłkowy, polifenole, właściwości antyoksydacyjne, obróbka termiczna, DPPH

## The effect of pasteurisation and freezing on the antioxidant properties of apple juice

### Summary

The aim of the study was to determine the effect of the pasteurization and freezing of apple juice from the Jonagold variety on qualitative characteristics changes. Three samples of juices were prepared for the study: fresh juice, pasteurized juice and frozen juice. The following analyses were conducted: the content of total polyphenols, flavonoids, anthocyanins, vitamin C and the total of antioxidant capacity. The highest content of polyphenols and flavonoids was found in the case of pasteurized juice (48.65 mg/100 ml, 29.74 mg/100 ml) respectively. The highest content of anthocyanins was recorded in fresh juice (0.115 mg / 100 ml). In the case of vitamin C content, the analysis did not show L-ascorbic acid (<LOD), whereas the presence of L-dehydroascorbic acid in 0.51 mg/100 ml in pasteurized juice, 2.78 mg/100 ml in fresh juice and 1.77 mg/100 ml in frozen juice was found. In the DPPH radical reduction studies, the strongest antioxidant capacity was found in the case of pasteurized juice (47.99%). In the case of fresh (32.19%) and frozen juices (27.07%) the statistical analysis showed no significant differences.

**Key words:** apple juice, polyphenols, antioxidant activity, thermal treatment, DPPH

### Wykaz oznaczeń

$A_0$ - absorbanca roztworu rodnika DPPH [-], $A_{sr}$ - średnia wartość absorbancji badanego roztworu zawierającego antyoksydant [-], $AA_p$ - całkowita zawartość kwasu L-askorbinowego [ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ], $CAA$ - stężenie kwasu L-askorbinowego w ekstrakcie [ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ], $F$ - współczynnik rozcieńczenia [-], $T_C$ - całkowita zawartość witaminy C [ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ],	$C_{TA}$ - stężenie kwasu L-askorbinowego po etapie redukcji [ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ], $A$ - wyliczona absorbanca [-], $C$ - całkowita zawartość antocyjanów [mg cyjanidyny/100 g próbki], $\xi$ - absorbanca molarna dla cyjanidyny 29600 [-], $L$ - grubość kuwety 0,01 [m], $MW$ - masa molekularna dla cyjanidyny 445,2 [-], $N$ - współczynnik rozcieńczenia [-],
---	--

### Wprowadzenie

Jabłka stanowią jedno z najbardziej popularnych i powszechnie uprawianych owoców na całym świecie. Wzrost świadomości społeczeństwa na temat zdrowego odżywiania przyczynił się do wzrostu zainteresowania wprowadzaniem do swoich diet produktów bogatych w związki odżywcze.

Promowanie zdrowego stylu życia zwróciło szczególną uwagę konsumentów na to co wprowadzają do swoich dań i w jakiej postaci dostarczają wartości odżywczych do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Badania wskazują, iż dieta bogata w świeże warzywa i owoce

może chronić przed przewlekłą chorobą zwyrodnieniową, nowotworami czy też nadciśnieniem (Prior i Cao, 2000). Nie bez powodu Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) rekomenduje ich codzienne spożycie w ilości 400g na dobę (World Health Organization, 2003).

Obecnie odnotowuje się wzrost produkcji jabłek na całym świecie. Według Departamentu Rolnictwa Stanów Zjednoczonych (USDA) ich globalna produkcja w sezonie 2016/2017 wzrosła o 1,2 mln ton do całkowitej wielkości 77,6 mln ton. Największym producentem jabłek na świecie są Chiny, natomiast w całej Unii Europejskiej to właśnie Polska jest jednym z czołowych ich producentów i zajmuje I miejsce (Bugala, 2014).

Jabłka przetwarzane są w znacznej ilości głównie na soki lub stanowią dodatki do innych napojów. Owoce te bogate są w związki odżywcze, które pozytywnie oddziałują na organizm człowieka. Dla wszystkich producentów bardzo istotnym zagadnieniem jest przedłużanie trwałości swoich wyrobów w taki sposób, aby możliwe było zachowanie ich wysokiej wartości odżywczej. Stawiane wyzwania zapewnienia bezpieczeństwa i jakości żywności wymagają od producentów i przetwórców poszukiwania nowych, kreatywnych metod utrwalania oraz innowacyjnego podejścia do rozwoju już stosowanych. Zmienna natura świeżych produktów wymaga opracowania takich metod, które będą dostosowane i zoptymalizowane dla każdego rodzaju owoców i warzyw (Kuśmierczyk i Szepieniec-Puchalska, 2008). Żywność pochodzenia roślinnego, w tym owoce i warzywa stanowią nieodzowny składnik diety każdego człowieka. Jest ona źródłem witamin, składników mineralnych, substancji biologicznie czynnych oraz błonnika pokarmowego, które korzystnie wpływają na organizm i zapobiegają powstawaniu wielu chorób.

Zawartość związków aktywnych w roślinach ulega zmianie pod wpływem wielu różnych czynników. Uwarunkowane jest to przez czynniki zarówno wewnętrzne, zależne od rośliny oraz zewnętrzne. Do czynników wewnętrznych, które mają istotny wpływ na zawartość substancji czynnych należy m.in. kod genetyczny. Determinuje on cechy charakterystyczne dla danej populacji czy też gatunku, a nawet konkretnego osobnika. Istotnym czynnikiem jest także zmienność osobnicza, która wiąże się z rozwojem rośliny. Wzrost oraz magazynowanie związków czynnych nie jest jednakowe dla każdej rośliny. Jest to cecha indywidualna. W zależności od gatunku, odmiany, fazy wzrostu oraz organu rośliny zawartość związków aktywnych będzie różna (Berbec i in., 2010). Ważną rolę odgrywają także czynniki zewnętrzne, do których zalicza się między innymi warunki środowiskowe oraz czynniki technologiczne. Jako warunki środowiskowe rozumie się warunki klimatyczne oraz glebowe, które istotnie wpływają na zawartość substancji czynnych (dostęp światła oraz temperatura).

Przebieg prowadzonego procesu otrzymywania soków oraz wartości zastosowanych parametrów znacząco wpływają na wydajność i ich jakość. Spośród nich możemy wyróżnić wpływ czynników technologicznych oraz metody otrzymywania soków. Na szczególną uwagę zasługują:

- warunki w jakich prowadzi się dany proces (atmosferyczne bądź z wykorzystaniem gazu obojętnego np. azotu),
- rozwiązania konstrukcyjne prasy oraz budowy wykorzystywanego urządzenia (Heinmaa, 2017),
- zastosowane ciśnienia i czas trwania procesu (Türkyilmaz i in., 2013),
- zastosowanie obróbki wstępnej (w tym rozdrabnianie, obróbka termiczna lub enzymatyczna) (Mäkilä, 2017).

### Charakterystyka związków biologicznie aktywnych

Polifenole są związkami popularnymi i szeroko występującymi w roślinach. Zaliczane są do grupy metabolitów wtórnych, wykazujących duże zróżnicowanie pod względem budowy oraz właściwości fizykochemicznych i biologicznych. Polifenole mają różnorodną strukturę oraz masę cząsteczkową. Nie są wytwarzane przez zwierzęta. W roślinach powstają z węglowodanów, które są metabolitami pierwotnymi, w wyniku biosyntezy kwasów szikimowego i octanowo-matanolowego. Związki te znajdują się w soku komórkowym roślin, zarówno w kwiatach, liściach, owocach jak i korzeniach oraz nasionach (Kozłowska i Ścibisz, 2012; Rosicka-Kaczmarek, 2004).

Flawonoidy jest to jedna z największych i najbardziej znana podgrupa polifenoli. Są to związki niskocząsteczkowe o szkieletie zawierającym 15 atomów węgla i wiele różnych podstawników. Ze względu na budowę struktury flawonoidów można je podzielić na:

- antocyjany – np. cyjanidyna, pelargonidyna, delfinidyna, peonidyna i malwidyna; związki te są obecne w jagodach, śliwkach, truskawkach, winogronach, czerwonej kapuście;
- flawanony – np. naryngenina, hespertyna; występują one w cytrynach, grejpfrutach oraz pomarańczach;
- flawanole – np. epikatechina; składnik ten zawiera czekolada;
- flawony – np. luteolina, apigenina; związki te w swoim składzie posiadają jabłka, wiśnie, seler, natka pietruszki;
- flawonole – np. kwercetyna, kempferol, mirecetyna; obecne są one w jabłkach i cebuli;
- izoflawony – np. genisteina, występująca w soi (Majewska i Rubinowska, 2012).

Flawonoidy odznaczają się wielokierunkowymi właściwościami w stosunku do rośliny, w której się znajdują, jak i dla organizmu człowieka. W tym pierwszym przypadku głównym ich zadaniem jest nadanie charakterystycznej i wyjątkowej barwy każdej roślinie. Dodatkowo są czynnikiem chroniącym ją przed niekorzystnym wpływem promieniowania ultrafioletowego. Pełnią również rolę hormonów, regulatorów wzrostu oraz inhibitorów reakcji enzymatycznych zachodzących w roślinie. Ponadto flawonoidy wykazują właściwości antybakteryjne, naturalnych insektycydów, fungicydów oraz antyoksydacyjne (Wójcicka, 2015). Mają one szerokie działanie biologiczne na organizm człowieka. Są wykorzystywane w leczeniu chorób serca, w łagodzeniu objawów menopauzy oraz w przypadku nieprawidłowego funkcjonowania wątroby i leczeniu chorób naczyń krwionośnych. W tym ostatnim przypadku zwiększają elastyczność żył, chroniąc przed zylakami, krwawieniami i wybroczynami. Ponadto wykazują działanie przeciwmiażdżycowe i antyno-

wotworowe. Wpływają na organizm przeciwbólowo, przeciwarytmicznie, moczopędnie oraz rozkurczowo, przeciwbakteryjnie, przeciwwirusowo, przeciwgrzybiczo i odruwiająco. Jednak najbardziej pożądaną zaletą tych związków są ich właściwości przeciwutleniające. Siła tego działania jest proporcjonalna do liczby grup hydroksylowych w ich cząsteczce. Chronią one przed utlenieniem lipoprotein o małej gęstości, czyli „złego cholesterolu” (LDL). Niektóre z nich, na przykład kwercetyna, naryngenina, apigenina oraz baikaleina w wyniku hamowania aktywności 5-lipoksygenazy i cyklooksygenazy działają przeciwzapalnie.

Oprócz pozytywnych właściwości flawonoidów istnieją te mniej pożądane. Do tej grupy należą gorzki smak i niemiły zapach. Dodatkowo dawki w przypadku niektórych flawonoidów mogą być toksyczne dla organizmu (Majewska i Rubinowska, 2012; Wójcicka, 2015). Zawartość flawonoidów dostarczanych z żywnością jest wystarczająca dla organizmu, aby wykazać ich pozytywny wpływ. Jednak podczas obróbki surowców ilości te mogą ulec zmniejszeniu. Dieta bogata w flawonoidy może mieć korzystny wpływ w profilaktyce większości chorób cywilizacyjnych (Sadowska i in., 2011; Wójcicka, 2015).

Antocyjany natomiast stanowią grupę barwników roślinnych, charakteryzującą się czerwono-fioletową barwą. Nadają barwę owocom oraz kwiatom. Antocyjany występują głównie w formie glikozydów. W postaci aglikonów są bardzo nietrwałe. Wśród antocyjanów wyróżnia się między innymi cyjanidynę, matwidynę, peonidynę. Związki te obecne są w dużych ilościach w burakach czerwonych, czerwonej kapuście, rzodkiewce. Głównie antocyjany znaleźć można w skórcie owoców i warzyw. Wyjątkiem są wiśnie i truskawki, w których związki te znajdują się również w miąższu (Wilska-Jaszka, 2007).

## Cel badań

Celem pracy było określenie wpływu pasteryzacji i mrożenia soków na zmiany jakościowe i ich aktywność antyoksydacyjną.

## Materiał i metoda

Badania przeprowadzono na jabłkach odmiany Jonagold zakupionych w lokalnym supermarkecie Auchan (Polska) w Lublinie. Surowiec po umyciu i wysuszeniu na bibule laboratoryjnej został poddany procesowi rozdrabniania maszyną rozdrabniającej MKJ250 Spomasz z wykorzystaniem standardowej tarczy rozdrabniającej z otworkami o średnicy 8 mm. Prędkość obrotowa tarczy wynosiła 170 obr·min<sup>-1</sup>. Następnie surowiec został poddany procesowi tłoczenia na laboratoryjnej prasie hydraulicznej z wykorzystaniem przystawki z perforowaną powierzchnią boczną. Zastosowano siłę obciążającą wynoszącą 40±1 kN. Przygotowano trzy rodzaje soków do badań. Część świeżego soku tuż po wytłoczeniu została bezpośrednio poddana analizie zaś kolejnym wariantem był sok pasteryzowany w szczelnie zamkniętych słoikach (metoda zanurzeniowa) w temperaturze 80° C. Czas obróbki wynosił 10 min od momentu osiągnięcia zadanej temperatury. Trzecią próbę

zamrożono w standardowej zamrażarce w temperaturze -18°C, a następnie po 3 dniach poddano rozmrożeniu.

## Polifenole

Zawartość polifenoli oznaczano wg procedury (Singleton i Rossi, 1965) przy użyciu odczynnika Folina-Ciocalteu w stosunku 1:5. Wyniki podano w mg/100 ml soku w przeliczeniu na kwas galusowy. Wyniki wykonano w trzech powtórzeniach.

Do kolby miarowej o pojemności 25 ml pobierano 0,05 ml soków, dodawano kolejno 2 ml metanolu, 10 ml wody destylowanej oraz 2 ml odczynnika Folina - Ciocalteu'a (stosunek 1:5). Odstawiono na 3 min. Po tym czasie dodano 1 ml 10% roztworu Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dokładnie wymieszano i pozostawiono na 30 min. Po upływie tego czasu kolby z próbkami uzupełniono wodą destylowaną do kreski. Absorbancje mierzono przy długości fali 750 nm, wobec próby zerowej.

## Flawonoidy

Zawartość flawonoidów w przeliczeniu na epikatechinę oznaczano spektrofotometrycznie według procedury opisanej przez Karadeniza i in. (2005). Do próbek pobrano po 0,5 cm<sup>3</sup> soku, dodano 2,5 cm<sup>3</sup> wody destylowanej, 0,15 cm<sup>3</sup> 5% (w/w) wodnego roztworu azotanu (III) sodu, wymieszano. Po upływie 5 minut wprowadzono również 0,3 cm<sup>3</sup> 10% (w/w) wodnego roztworu sześciowodnego chlorku glinu, po raz kolejny wymieszano i pozostawiono na 5 minut. Następnie dodawano 2 cm<sup>3</sup> 1 M wodnego roztworu NaOH i 0,55 cm<sup>3</sup> wody destylowanej. Pomiar absorbancji wykonano przy długości fali 510 nm.

## DPPH

Aktywność antyoksydacyjną oznaczano według zmodyfikowanej metody Branda-Wiliamsa i in. (1995), (Zych i Krzepiło, 2010) z użyciem syntetycznego rodnika DPPH (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl, Sigma). Absorbancję roztworów mierzono przy długości fali λ = 517 nm. Przygotowano 0,5 mM alkoholowy roztwór DPPH, rozpuszczając 19,71 mg DPPH (M = 394,32 g/mol) w 100 cm<sup>3</sup> metanolu. Otrzymany roztwór rozcieńczono tak, aby jego absorbancja przy długości fali λ = 517 nm wynosiła ok. 0,9. Roztwór przechowywano w ciemności. W pierwszym etapie doświadczenia zmierzono absorbancję roztworu rodnika DPPH (A<sub>0</sub>). Następnie zdolność badanego antyoksydantu do przeciwdziałania reakcji utleniania obliczano ze wzoru (1):

$$\% \text{inhibicji} = 100 \cdot \frac{A_0 - A_{sr}}{A_0} \quad (1)$$

## Witamina C

Oznaczenie zawartości kwasu askorbinowego dehydroaskorbinowego przeprowadzono według procedury opisanej przez (Mazurek i Jamroz, 2015). Do analizy całkowitej zawartości witaminy C, kwasu L-askorbinowego i kwasu dehydroaskorbinowego wykorzystano technikę wysokosprawnej chromatografii cieczowej w układzie faz odwróconych. Stężenie kwasu L-askorbinowego wyznaczono z równania z krzywej kalibracyjnej sporządzonej na podstawie wyników analizy roztworów wzorcowych. Identyfikację kwasu L-askorbinowego przeprowadzono na podstawie czasu retencji oraz widma UV substancji wzorcowej.

wych. W pierwszym etapie oznaczano zawartość kwasu L-askorbinowego w próbce, następnie wykonano ilościową redukcję kwasu dehydro-L-askorbinowego za pomocą tris(2-karboksyetylo)fosfiny i oznaczano całkowitą zawartość witaminy C (wzór 2). Zawartość kwasu dehydro-L-askorbinowego obliczano odejmując początkową zawartość kwasu L-askorbinowego od całkowitej zawartości witaminy C (wzór 3).

$$AA_p = \frac{C_{AA} \cdot F}{10} \quad (2)$$

$$T_C = \frac{C_{TA} \cdot 1,1 \cdot F}{10} \quad (3)$$

### Antocyjany

Oznaczanie zawartości antocyjanów przeprowadzono według metody Ronalda E. Wrolstade'a (AOAC, 1974). Przygotowano roztwory buforowe o pH 1 i 4,5. Następnie pobierano po 1 ml soków do probówek, po czym do jednej dodawano 4 ml buforu o pH=1, a do drugiej 4 ml buforu o pH=4,5 i odczytano absorbancję przy długości fali  $\lambda=526$  nm, używając jako próby zerowej odpowiednich buforów. W celu wyeliminowania błędów wywołanych zakłóceniami dokonano odczytu również przy długości fali  $\lambda=700$  nm. Zawartość antocyjanów w mg cyjanidyny/100 g próbki wyrażono według wzoru (4):

$$A = (A_{502 \text{ nm (pH 1,0)}} - A_{700 \text{ nm (pH 1,0)}}) - (A_{502 \text{ nm (pH 4,5)}} - A_{700 \text{ nm (pH 4,5)}}) \quad (4)$$

Zawartość antocyjanów przeliczono wg wzoru (5):

$$C = \frac{A}{\zeta \cdot L} \cdot MW \cdot N \quad (5)$$

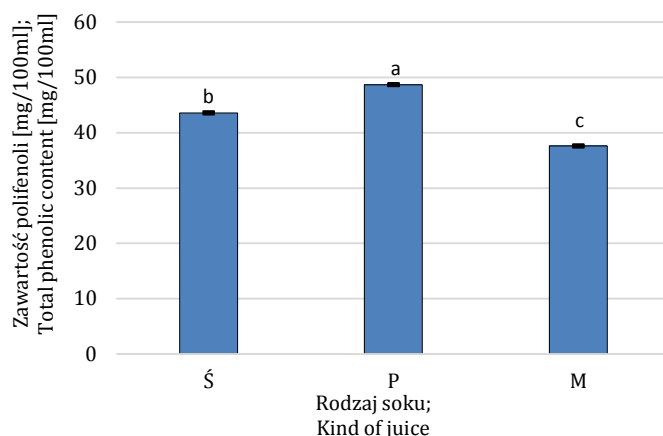
Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica 6.0 PL. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA w celu określenia istotności wpływu obróbki termicznej soków na ich właściwości antyoksydacyjne (zawartość polifenoli w tym flawonoidów antocyjanów, zdolność antyoksydacyjną, zawartość kwasu askorbinowego). Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Tukey'a na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ . Wartości oznaczone na wykresach tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie ( $p<0,05$ ).

### Wyniki i ich omówienie

Na rysunkach 1-5 przedstawiono dane obrazujące zawartość związków biologicznie czynnych tj. polifenoli, flawonoidów, antocyjanów oraz kwasu L-dehydroaskorbinowego w sokach jabłkowych z zastosowaniem różnych metod obróbki tj. sok świeży [Ś], sok pasteryzowany [P] oraz sok mrożony [M]. Wśród substancji wchodzących w skład soków na uwagę zasługują polifenole. Związki te występują w łądygach, liściach i owocach praktycznie wszystkich roślin w różnych ilościach i stężeniu (Sikorski, 2002). Rysunek 1 przedstawia zawartość polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy w 100ml soku. Największą zawartością tych związków charakteryzował się sok pasteryzowany (48,65 mg/100ml). W przypadku soku świeżego wartość

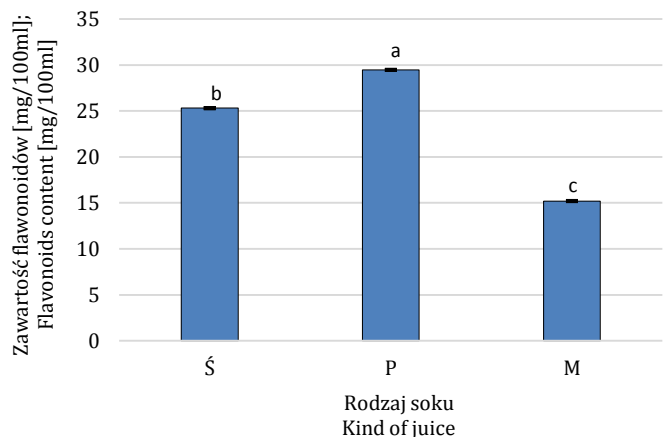
ta wynosiła (43,55 mg/100ml) oraz mrożonego (37,58 mg/100ml), zaś analiza statystyczna wykazała znaczące różnice na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ .

Wyższa wartość polifenoli w soku pasteryzowanym może być wynikiem zmiany barwy soku na skutek ogrzewania w temperaturze 80°C. Nieco inne wyniki otrzymali (Michalak-Majewska i in., 2009), gdzie w soku jabłkowym wykazano 15,85 mg/100 ml. Zmienne wartości mogą być związane z odmianą jabłek, z których uzyskano sok oraz warunków uprawy i przechowywania.



Rys. 1. Zawartość polifenoli w przeliczeniu na kwas galusowy [mg/100ml] w zależności od rodzaju soku

Fig. 1. The content of polyphenols calculated as gallic acid [mg/100ml] depending on type of juice



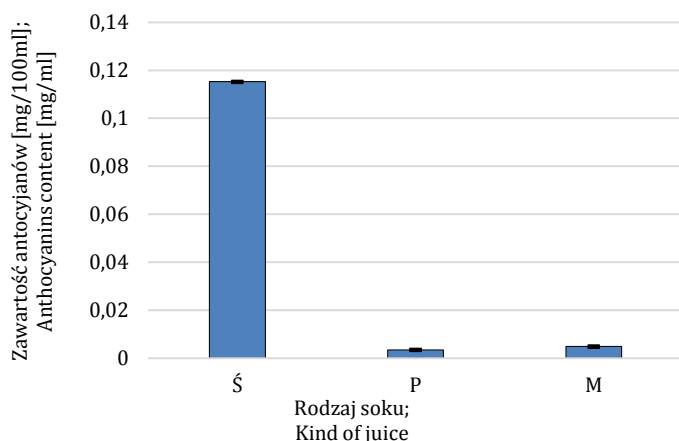
Rys. 2. Zawartość flawonoidów w przeliczeniu na epikatechinę [mg/100ml] w zależności od rodzaju soku

Fig. 2. The content of flavonoids calculated as epikatechin [mg/100ml] depending on type of juice

Flawonoidy jest to grupa związków wchodzących w skład polifenoli. Ich obecność stwierdza się m.in. w owocach, warzywach, roślinach strączkowych. Wykazują one silne właściwości antyoksydacyjne. Na rysunku 2 przedstawiono zawartość flawonoidów w przeliczeniu na epikatechinę. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że najwyższą ich zawartością charakteryzował się sok pasteryzowany (29,47mg/100ml). W świeżym soku zaobserwowano nieznaczny spadek do ilości (25,30mg/100ml), natomiast zastosowanie mrożenia w tym wypadku spowo-

dowało, iż ilość flawonoidów spadła do (15,20 mg/100ml). Zjawisko wzrostu zawartości flawonoidów po pasteryzacji można wyjaśnić podobnie jak w przypadku polifenoli. Na skutek ogrzewania prawdopodobnie tworzą się kompleksy barwne związków, które absorbują więcej światła na badanej długości fali (510 nm), co może dawać mylne wrażenie o wzroście ich zawartości w soku.

Antocyjany są szeroko rozpowszechnione w świecie roślinnym. Mają one bardzo szeroki zakres aktywności biologicznej, w tym wykazują właściwości antyoksydacyjne, regulują apoptozę, uczestniczą w aktywacji enzymów, w oddziaływaniach komórkowych, w indukcji sygnału i aktywacji receptorów (Wilska-Jeszka, 2007). Zawartość antocyjanów w przeliczeniu na cyjanidynę przedstawiona została na rys. 3. Największą ich zawartością charakteryzował się sok świeży (0,115 mg/100ml), natomiast w przypadku soku pasteryzowanego (0,0035 mg/100ml) oraz mrożonego (0,0048mg/100ml) nie stwierdzono istotnie statystycznych różnic. Zbliżone wartości w przypadku świeżego soku uzyskano w badaniach [Michalak-Majewska i in., 2009], gdzie zawartość antocyjanów oscylowała na poziomie 0,98±0,27.



Rys. 3. Zawartość antocyjanów w przeliczeniu na cyjanidynę [mg/100ml] w zależności od rodzaju soku

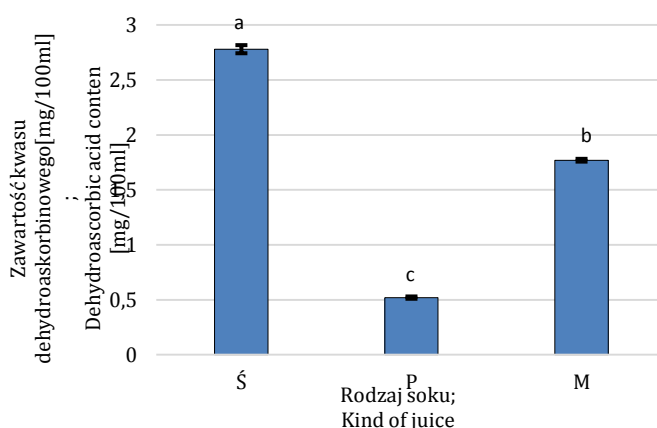
Fig.3. Content of cyanidin anthocyanins [mg/100ml] depending on type of juice

Zawartość witaminy C w sokach owocowych zależy od wielu czynników m.in. gatunku, odmiany, sposobu obróbki czy także warunków klimatycznych. Witamina C jest bardzo wrażliwa na temperaturę czy też dostęp tlenu (Załęcka i in., 2013).

W przypadku oznaczenia całkowitej zawartości witaminy C w badanych próbkach niezidentyfikowano kwasu L-askorbinowego, natomiast został wykryty kwas L-dehydroaskorbinowy (Rys. 4.). W tym wypadku znacznie niższą zawartością w porównaniu do soku świeżego (2,78 mg/100ml) odznaczał się sok pasteryzowany (0,51mg/100ml). Mniej w porównaniu do soku świeżego kwasu L-dehydroaskorbinowego wykazano w przypadku soku mrożonego (1,77 mg/100ml), co może oznaczać, że zastosowanie mrożenia wpływa na straty kwasu L-dehydroaskorbinowego. W pracy (Michalak-Majewska i in., 2009) wykazano, że zawartość witaminy C w soku

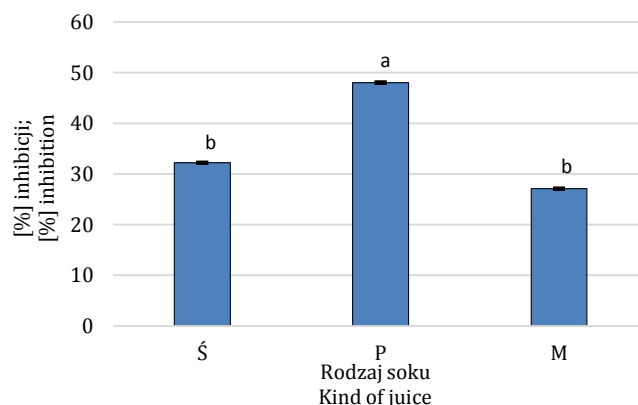
jabłkowym wynosi 7,61±5,95, jednakże w pracy tej korzystano z innej metody jej oznaczania.

Całkowitą zdolność antyoksydacyjną wykonano metodą redukcji rodnika DPPH. W badaniach (Rys.5.) wykazano, że najsilniejsze zdolności antyoksydacyjne wykazuje sok pasteryzowany (47,99%). W przypadku soku świeżego (32,19%) oraz mrożonego (27,07%) analiza statystyczna nie wykazała znaczących istotnie różnic. Wyższa wartość zdolności antyoksydacyjnej dla soku pasteryzowanego może być wynikiem zmiany barwy próbki oraz wydobycia składników, co istotnie zwiększyło aktywność wygaszania rodników DPPH. W pracy (Kalisz, 2008) po obróbce enzymatycznej soku truskawkowego również odnotowana prawie 3-krotnie większy potencjał przeciwutleniający niż w próbie kontrolnej.



Rys. 4. Zawartość kwasu L-dehydroaskorbinowego [mg/100ml] w zależności od rodzaju soku

Fig. 4. Content of L-dehydroascorbic acid [mg/100ml] depending on type of juice



Rys. 5. Całkowita zdolność antyoksydacyjna wyznaczona metodą redukcji rodnika DPPH w zależności od rodzaju soku

Fig. 5. Total antioxidant capacity determined by the DPPH radical reduction method depending on type of juice

## Wnioski

Analizując dane literaturowe dotyczące zachodzących zmian właściwości przeciwutleniających oraz zawartości związków fenolowych na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowanie pasteryzacji i mrożenia istotnie wpływa na charakter biologiczny soku.

· Pasteryzacja spowodowała wzrost wartości parametrów przeciwutleniających badanego soku, jednakże jest to bardzo dyskusyjne. Zmiany zawartości związków fenolowych w badanych sokach wynikają z wpływu obróbki termicznej. Proces ten nie tylko może przyczynić się do zwiększenia zawartości antyoksydantów wskutek rozkładu ścian komórkowych surowca, gdzie następuje uwalnianie np. karotenoidów, ale także w reakcjach Maillarda. Wzrost ten może wynikać ze specyfiki zastosowanych metod oznaczania właściwości antyoksydacyjnych, które są bardzo czułe na zmiany barwy.

· Mrożenie soku powoduje spadek właściwości antyoksydacyjnych, objawia się to zmniejszeniem zawartości polifenoli, flawonoidów, antocyjanów i witaminy C.

## Bibliografia

- AOAC (Association of the Official Analytical Chemists). (1974). *Official Methods of Analysis*, Washington DC, 9. 110.
- Berbec, B., Gruszczak, M., Kołodziej, B., Król, B., Sugier, D., Wiśniewski, J. (2010). *Uprawa ziół. Poradnik dla plantatorów*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 422-425.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995). Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie, *Food Science and Technology*, 28, 25-30.
- Bugała, A. (2014). Światowy rynek jabłek i zagęszczonego soku jabłkowego. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego*, 14(29), 21-30.
- Heinmaa, L., Moor, U., PriitPöldma, P., Raudsepp, P., Kidmose, U., Lo Scalzo, R. (2017). Content of health-beneficial compounds and sensory properties of organic apple juice as affected by processing technology. *LWT - Food Science and Technology* 85(B), 372-379.
- Kalisz, S. (2008). Wpływ sposobu otrzymywania soków truskawkowych na zawartość antocyjanów i barwę. *ŻYWNOSĆ, Nauka, Technologia, Jakość*, 5(60), 149-160.
- Karadeniz, F., Burdurlu, H.S., Koca, N., Soyer, Y. (2005). Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(4), 297-303.
- Kozłowska, M., Ścibisz, I. (2012). Badanie zawartości polifenoli i aktywności przeciwutleniającej ekstraktów z roślin przyprawowych podczas ich przechowywania. *Bromatologia. Chemia. Toksykologia*, 3, 358-363.
- Kuśmierczyk, K., Szczepienie-Puchalska, D. (2008). Zmiany w konsumpcji żywności w Polsce. Globalizacja rynku i nowe wzorce spożycia. *Przemysł Spożywczy*, 12, 6-13.
- Majewska, P., Rubinowska, K. (2012). Prozdrowotne działanie flawonoidów roślinnych. *Ekonatura*, 11, 6-7.
- Mäkilä, L., Laaksonen, O., Kallio, H., Yanga, B. (2017). Effect of processing technologies and storage conditions on stability of black currant juices with special focus on phenolic compounds and sensory properties. *Food Chemistry*, 221, 422-430.
- Mazurek, A., Jamroz, J. (2015). Precision of dehydroascorbic acid quantitation with the use of the subtraction method- Validation of HPLC-DAD method for determination of total vitamin C in food. *Food Chemistry*, 173, 543-550.
- Michalak-Majewska, M., Żukiewicz-Sobczak, W., Kalbarczyk, J. (2009). Ocena składu i właściwości soków owocowych preferowanych przez konsumentów. *Bromatologia. Chemia. Toksykologia*, XLII 3, 836-841.
- Prior, R.L., Cao, G. (2000). Antioxidant Phytochemicals in Fruits and Vegetables: Diet and Health Implications. *Hort Science*, 35(4), 588-592.
- Rosicka-Kaczmarek, J. (2004). Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności, *Przegląd Piekarniczo Cukierniczy*, 6, 12-16.
- Sadowska, A., Świdorski, F., Kromołowska, R. (2011). Polifenole – źródło naturalnych przeciwutleniaczy. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 21(1), 108-111.
- Sikorski, Z. (2002). *Chemia żywności*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, ISBN 978-83-63623-35-7.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Türkyılmaz, M., Tağı, S., Dereli, U., Özkan, M. (2013). Effects of various pressing programs and yields on the antioxidant activity, antimicrobial activity, phenolic content and colour of pomegranate juices. *Food Chemistry*, 138(2-3), 1810-1818. DOI:10.1016/j.foodchem.2012.11.100.
- WHO -World Health Organization (2003). *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases*. Report of Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series, 916. Geneva. ISBN 92 4 120916 X.
- Wilska-Jeszka, J. (2007). *Polifenole, glukozyłany i inne związki prozdrowotne i antyżywnościowe*. Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa, ISBN 978-83-63623-35.
- Wójcicka, A. (2015). Flawonoidy i ich funkcje biologiczne, *Ekonatura*, 1, 8-9.
- Załęcka, A., Hallmann, E., Rembiałkowska, E. (2013). Zawartość związków bioaktywnych w nowych sokach owocowych z produkcji ekologicznej. *Journal of Research and Applications in Agricultural*, 58(4), 242-245.
- Zych, I., Krzepiło, A. (2010). Pomiar całkowitej zdolności antyoksydacyjnej wybranych antyoksydantów i naparów metodą redukcji rodnika DPPH. *Chemia Dydaktyka Ekologia Metrologia*, 15(1), 51-54.

**Klaudia Kałwa**

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności  
ul. Skromna 8, 20-704 Lublin  
e-mail: [klaudia.kalwa91@gmail.com](mailto:klaudia.kalwa91@gmail.com)