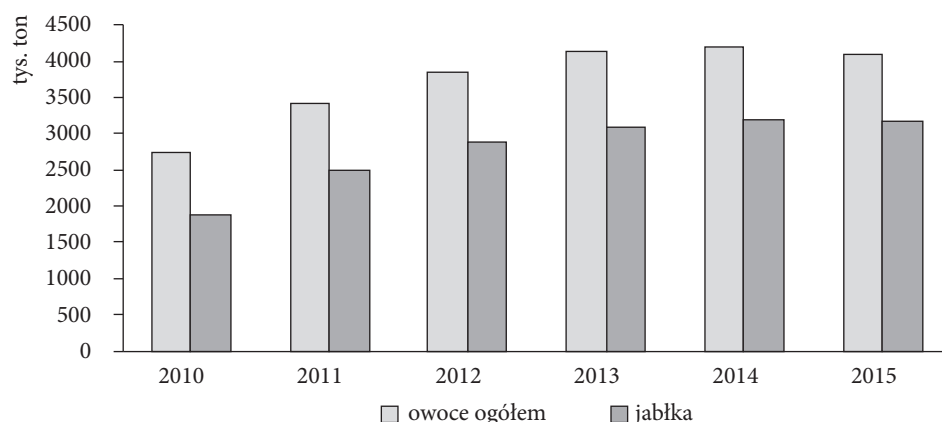


1. WYBRANE ELEMENTY RYNKU SOKÓW OWOCOWYCH W POLSCE

Polska jest czwartym na świecie i największym w Europie producentem jabłek. Największymi konkurentami są Chiny, Stany Zjednoczone, Turcja, Francja oraz Włochy [ARR¹ 2015]. W Polsce produkcja owoców charakteryzuje się sezonowością i dużymi wahaniami plonów w poszczególnych latach spowodowanymi panującymi warunkami klimatycznymi. W 2010 roku, w wyniku niekorzystnych dla upraw ogrodnich warunków pogodowych, zbiory owoców były o 25% niższe niż w roku poprzednim (w tym jabłek o 30%) [ARR 2014]. W latach 2011–2014 produkcja owoców, w tym jabłek, wykazywała tendencję wzrostową. Według danych GUS zbiory jabłek w 2015 roku wyniosły 3169 tys. ton i były nieznacznie mniejsze (o 0,8%) niż w 2014 roku. Produkcja jabłek stanowi około 70% ogólnej produkcji owoców krajowych (rysunek 1).



Rysunek 1. Zbiory owoców w Polsce w latach 2010–2015

Źródło: Na podstawie: [Rocznik Statystyczny Rolnictwa GUS 2014, 2016]

¹ Agencja Rynku Rolnego.

Produkcja soków owocowych

Szacuje się, że około 90% jabłek (w tym udział jabłek krajowych wynosi 55–60%) przerabia się na zagęszczony sok jabłkowy, którego Polska jest pierwszym w Unii Europejskiej i drugim (po Chinach) na świecie producentem [ARR 2015; Nosecka 2015]. Według danych IERiGŻ-PIB² produkcja zagęszczonego soku jabłkowego wytwarzanego z krajowego surowca w sezonie 2014/2015 wyniosła 285 tys. ton i była o 21% wyższa w stosunku do sezonu poprzedniego. Wzrost podaży jabłek do przetwórstwa był spowodowany przede wszystkim mniejszym eksportem owoców (o około 20%), na co wpływ miało wprowadzenie przez Rosję od sierpnia 2014 roku embarga na przywóz świeżych owoców (a także warzyw, mrożonek i suszy) z krajów Unii Europejskiej [IERiGŻ-PIB 2015]. Z 290 do 325 tys. ton wzrosła również łączna produkcja koncentratu jabłkowego powstałego w wyniku zmieszania soków z jabłek krajowych z zagęszczonymi sokami importowanymi, głównie z Ukrainy. W sezonie 2015/2016 produkcja zagęszczonego soku jabłkowego pozostała na tym samym poziomie co w sezonie poprzednim (325 tys. ton; tabela 1).

Tabela 1. Produkcja wybranych przetworów owocowych w Polsce w latach gospodarczych [tys. ton]

Produkt	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016 ^a
Soki zagęszczone	190	261	363	333	365	372
– sok jabłkowy	155	225	325	290	325	325
Soki pitne, nektary i napoje ^b	1580	1485	1430	1525	1600	1650

^a Szacunek IERiGŻ-PIB.

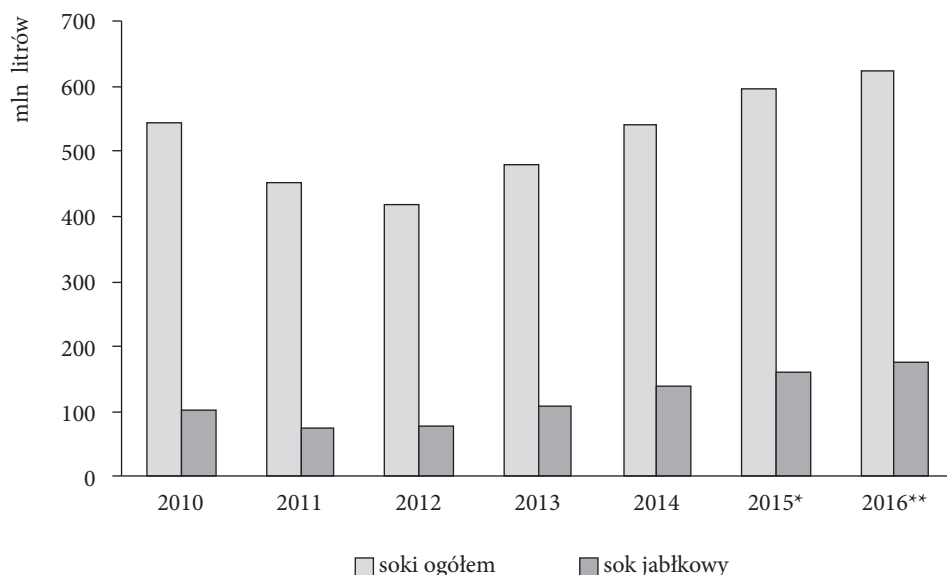
^b Łącznie z warzywnymi.

Źródło: Na podstawie: [IERiGŻ-PIB 2015, 2016].

Pomimo mniejszych w 2015 roku zbiorów owoców, w tym jabłek, produkcja przetworów owocowych w sezonie 2015/2016 wzrosła o 25 tys. ton w odniesieniu do sezonu poprzedniego i wynosiła 1,1 mln ton [IERiGŻ-PIB 2016]. Wzrost podaży jabłek do przetwórstwa wynikał z wciąż relatywnie dużych zapasów tego surowca na krajowym rynku, a także był odzwierciedleniem wzrostu popytu polskich konsumentów na przetwory z jabłek [Nosecka i Szczepaniak 2016]. W sezonie tym zwiększyła się łączna produkcja soków, nektarów oraz napojów owocowych i warzywnych z 1,60 do 1,65 mln ton (tabela 1), o której w dużej mierze zdecydował wzrost produkcji o około 40 mln litrów soków odtworzonych z koncentratu (FC; ang. *from concentrate*) oraz soków bezpośrednich (NFC; ang. *not from concentrate*). Warto podkreślić, że w grupie tej największy wzrost produkcji odnotowano w przypadku soków jabłkowych, które w latach 2015–2016 stanowiły około 30% ogólnej produkcji soków (rysunek 2). Soki jabłkowe dominują w produkcji soków NFC,

² Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy.

których produkcja w ostatnich latach dynamicznie wzrasta. W sezonie 2015/2016 łączna produkcja soków NFC zwiększyła się o około 11% w odniesieniu do sezonu poprzedniego i wynosiła 150 ml litrów. Prognozuje się, że w Polsce w najbliższych latach zostanie zachowana tendencja wzrostowa produkcji soków owocowych, w tym przede wszystkim soków NFC [Trojanowicz 2015; Nosecka i Szczepaniak 2016].



* Szacunek IERiGŻ-PIB

** Prognoza IERiGŻ-PIB

Rysunek 2. Produkcja soków owocowych w Polsce w latach 2010–2016

Źródło: Na podstawie: [IERiGŻ-PIB 2015, 2016]

Handel zagraniczny

Po przystąpieniu Polski do UE nastąpił wzrost popytu na polskie produkty, w tym przetwory owocowo-warzywne. Po 2004 roku eksport krajowych przetworów owocowych wzrósł o 44%, osiągając wielkość 864 tys. ton w 2013 roku, podwajając swoją wartość do 1,1 mld euro [IERiGŻ-PIB]. W strukturze towarowej eksportu artykułami rolno-spożywczymi w 2015 roku owoce, warzywa, przetwory i soki stanowiły 13% [Bórawski i Bełdycka-Bórawska 2016]. Dominujące znaczenie w strukturze towarowej eksportu owoców i ich przetworów (pod względem wolumenu) miały mrożone owoce (30% eksportu) oraz soki zagęszczane i pitne (32%) [MRiRW³ 2016].

³ Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Polska od 2013 roku, zaraz po Chinach, jest czołowym eksporterem zagęszczonego soku jabłkowego, a głównymi rynkami zbytu dla tego produktu są Niemcy (59% łącznego wolumenu eksportu), Wielka Brytania (15%) oraz Holandia (7%) [ARR 2014]. Według danych Eurostatu od lipca do października 2014 roku wolumen eksportu krajowego zagęszczonego soku jabłkowego zwiększył się ponad 6-krotnie, podczas gdy w tym samym czasie w UE-28 odnotował 9-procentowy spadek. Rekordowy eksport tego produktu odnotowano w sezonie 2014/2015 (312,4 tys. ton wobec 234 tys. ton w sezonie poprzednim), co było spowodowane wzrostem produkcji krajowej oraz sprzedażą dużych zapasów z sezonu poprzedniego. Wzrostowi eksportu sprzyjało zwiększenie zapotrzebowania na polski koncentrat w USA i Rosji. W sezonie 2015/2016, w wyniku wyższych cen eksportowych polskiego soku zagęszczonego w porównaniu z ofertą z Chin, odnotowano spadek sprzedaży tego produktu o około 13% [tabela 2; IERiGŻ-PIB 2016].

Istotne znaczenie w handlu zagranicznym mają także soki pitne, nektary i napoje, których sprzedaż zagraniczna w ostatnich latach wahała się w przedziale od 87 do 135 tys. ton (tabela 2). Rosnąca konsumpcja na rynku krajowym wpłynęła na spadek eksportu soków, nektarów i napojów owocowych w sezonie 2014/2015 o 19,5 tys. ton w porównaniu z sezonem poprzednim. W sezonie 2015/2016 eksport tej grupy produktów zwiększył się o około 20% i wyniósł 135 tys. ton. Wpływy z eksportu zwiększyły się z 50 do 59 mln euro. Głównie wzrosła sprzedaż soku jabłkowego NFC (z 60 do 76 tys. ton) [Nosecka 2016]. W strukturze eksportu sok jabłkowy zajmuje dominującą pozycję, stanowiąc 25% łącznej wartości eksportu przetworów owocowych [ARR 2014].

Rosyjskie embargo spowodowało nasilenie działań w kierunku poszukiwania nowych rynku zbytu dla owoców oraz przetworów owocowych (kraje Afryki Północnej, Bliskiego Wschodu, Indie, Wietnam) [Bugala 2015]. W 2015 roku wartość eksportu tych produktów do Rosji obniżyła się w stosunku do roku poprzedniego o ponad 80% do 43 mln euro. Wartość eksportu do krajów UE zwiększyła się o 15% i wyniosła 1,32 mld euro, natomiast do krajów Wspólnoty Niepodległych Państw (WNP) obniżyła się o około 50% do 232 mln euro [MRiRW 2016].

W strukturze towarowej importu artykułami rolno-spożywczymi w 2015 roku, owoce, warzywa, przetwory i soki stanowiły 16%. W latach 2007–2015 odnotowano spadek importu tej grupy produktów o 3,8 punktu procentowego [Bórawski i Beldycka-Bórawska 2016]. W tabeli 2 przedstawiono dane dotyczące importu wybranych przetworów owocowych. Lata 2011–2016 były zróżnicowane pod kątem importu soków zagęszczonych i pitnych. W sezonie 2015/2016 import zagęszczonego soku jabłkowego zmniejszył się o 9,6% (z 78,6 do 57 tys. ton), w odniesieniu do sezonu poprzedniego. Spowodowane to było przede wszystkim mniejszym przywozem koncentratu z Ukrainy, na co wpływ miała wyższa niż w sezonie 2014/2015 jego cena. Zwiększył się natomiast import soku jabłkowego NFC z 11,6 do 13 tys. ton [Nosecka 2016].

Tabela 2. Eksport i import wybranych przetworów owocowych w Polsce w latach gospodarczych [tys. ton]

Produkt	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Eksport [tys. t]					
Soki zagęszczone	238,3	319,5	286,0	376,6	335,0
– sok jabłkowy	196,1	280,1	234,0	312,4	273,0
Soki pitne, napoje i nektary	87,0	102,5	133,9	114,3	135,0
Import [tys. t]					
Soki zagęszczone i pitne	117,6	167,3	184,0	179,3	162,0
– sok jabłkowy	48,8	92,8	103,4	90,2	70,0

Źródło: Na podstawie: [IERiGŻ-PIB 2015, 2016].

W 2015 roku wartość importu owoców i ich przetworów z krajów UE i WNP wzrosła w stosunku do roku poprzedniego odpowiednio o 5 i 4%. Głównymi dostawcami tych produktów były Hiszpania, Niemcy i Włochy [MRiRW 2016].

Handel w Polsce

Od kilku lat poziom sprzedaży napojów bezalkoholowych utrzymuje się na relatywnie stabilnym poziomie, przy równoczesnych niewielkich wzrostach jej wartości, co ściśle wynika ze zmian w spożyciu zachodzących w obrębie tej grupy, tj. wzrost spożycia jednego rodzaju produktu następuje kosztem drugiego. Największą grupą asortymentową wyróżnianą w tym segmencie są napoje oraz pitne soki owocowe i warzywne (ponad 45% udziału), a następnie wody mineralne (17%) i napoje orzeźwiające (38%) [Grzybowski 2013]. Krajowe ceny soków owocowych, według danych GUS, zmniejszyły się średnio o 0,3–0,4% w 2015 roku w stosunku do 2014 roku.

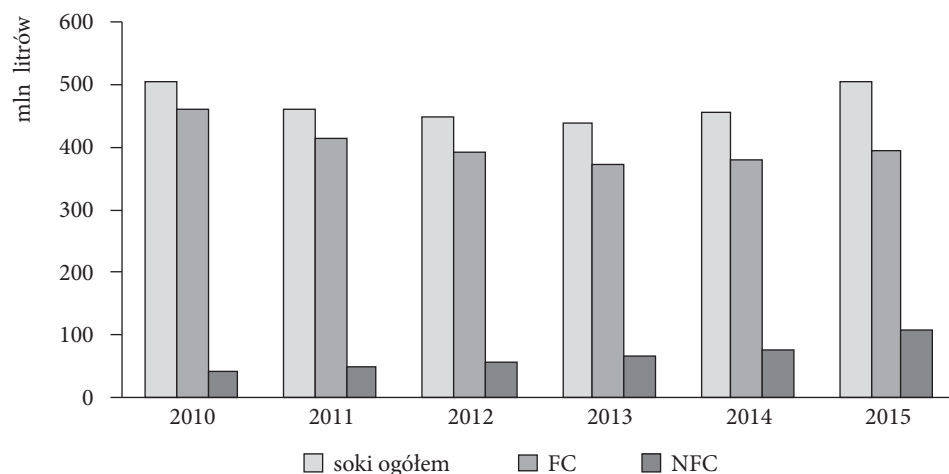
Cechą charakterystyczną dla tego sektora produktów spożywczych jest sezonowość. Sprzedaż napojów orzeźwiających zwiększa się w okresie letnim, a soków owocowo-warzywnych w okresie wiosny i jesieni. Niemniej, dobra koniunktura, wzrost PKB, obniżający się poziom bezrobocia oraz wzrost płac realnych w istotny sposób przyczyniają się do systematycznego rozwoju rynku napojów bezalkoholowych [Chrościcki 2016]. Nie bez znaczenia dla rozwoju jest również wzrost oczekiwań konsumentów w stosunku do jakości oferowanych produktów. Według Grzybowskiego [2013] rozwój branży soków i napojów jest ściśle uzależniony od stopnia modernizacji, automatyzacji oraz komputeryzacji zakładów i prowadzonych przez nie procesów produkcyjnych, a także dostosowania do wymogów higieniczno-sanitarnych. Istotne jest także podążanie za ewoluującymi trendami światowymi.

Szanse w utrzymaniu się w branży, ze względu na rosnącą przewagę podaży nad popytem oraz niewielki dynamizm we wzroście cen, mają przedsiębiorstwa o silnej pozycji rynkowej, oferujące coraz to nowe produkty o wysokiej jakości. W Polsce rynek soków owocowych i warzywnych jest wart ponad 2 mld zł. Wśród producentów soków FC dominującą pozycję zajmują duże przedsiębiorstwa, w większości

kontrolowane przez kapitał krajowy. Ponad 60% udziałów rynku soków i napojów owocowych jest skupionych w rękach trzech wiodących producentów: Grupa Maspex Wadowice (35,2%), Hortex Holding (13,3%) i Agros Nova (11,6%) [Trojanowicz 2015]. Biorąc pod uwagę udziały w wolumenie sprzedaży marek soków w okresie od marca 2015 roku do lutego 2016 roku, na pierwszym i drugim miejscu plasowały się produkty z portfolio Maspexu: Tymbark (31%) i Kubuś (22%). Na dalszej pozycji była marka Hortex (13%, firma Hortex Holding), Fortuna (6%, firma Agros Nova) i Cappy (4,5%, firma Coca Cola). Pozostałe marki stanowiły łącznie około 23% wolumenu sprzedaży [Szarejko 2016].

Spożycie soków owocowych

Spożycie pitnych soków owocowych w Polsce w 2012 roku wynosiło 8,52 l/osobę i było najniższe w latach 2010–2014. W 2013 roku konsumpcja wzrosła o 0,12 l, a w 2014 roku o 0,34 l, osiągając poziom 8,88 l/osobę [Rocznik Statystyczny Rolnictwa GUS 2014]. W 2015 roku, według raportu Europejskiego Stowarzyszenia Producentów Soków (AIJN), średnie spożycie soków owocowych w przeliczeniu na 1 mieszkańca wynosiło 13 l. Konsumpcja soków owocowych wynosiła 504 mln l, co stanowiło 10,6-procentowy wzrost w stosunku do 2014 roku (rysunek 3). Coraz większą popularnością cieszą się soki owocowe bezpośrednie (NFC). W latach 2010–2015 konsumpcja tych soków dynamicznie rosła i w 2015 roku wynosiła 108 mln litrów (2,6-krotny wzrost). Spożycie soków NFC stanowiło 21% ogólnej konsumpcji soków owocowych. W krajach Europy około 32% konsumpcji soków stanowią soki NFC, a najbardziej rozwinięty rynek tej kategorii produktów jest we Francji (63%) i Wielkiej Brytanii (42%) [AIJN 2016].



Rysunek 3. Spożycie soków owocowych w Polsce w latach 2010–2015

Źródło: [AIJN 2015, 2016]

W 2015 roku łączne spożycie soków i nektarów w Unii Europejskiej spadło o 0,73% w stosunku do roku 2014 i wyniosło 9631 mln l, z czego około 6142 mln l stanowiły soki owocowe. Najwyższe spożycie soków i nektarów owocowych w Europie występuje w Niemczech (2391 mln l), Francji (1505 mln l), Wielkiej Brytanii (1140 mln l), Hiszpanii (941 mln l) oraz Polsce (757 mln l) [AIJN 2016].

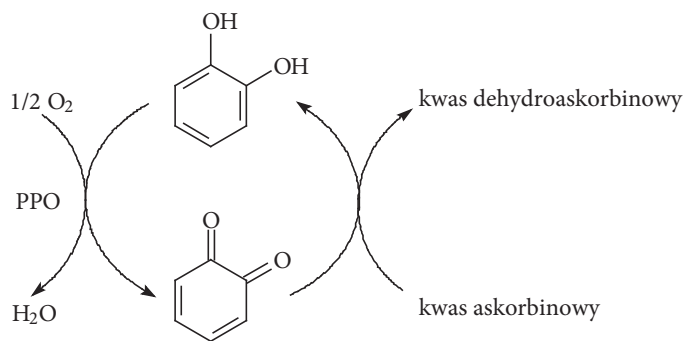
Polscy konsumenci najchętniej spożywają soki i nektary o smaku pomarańczowym (24,5%). Na drugim miejscu znajdują się soki i nektary jabłkowe (23,1%), a zaraz za nimi warzywne, w tym marchwiowe (17,1%), wieloowocowe (12,6%) oraz grejpfrutowe (8%) [AIJN 2016].

Trendy na rynku soków owocowych

Dynamiczny rozwój spożycia soków owocowych jest uwarunkowany przede wszystkim zmianą zachowań żywieniowych ludności, ukierunkowanych na zwiększenie spożycia żywności o charakterze prozdrowotnym [Babicz-Zielińska i Zabrocki 2007; Sojkin i in. 2009]. Według badań przeprowadzonych przez KPMG [2016] 65% konsumentów, wybierając soki, nektary i napoje owocowe, kieruje się względami zdrowotnymi. Włodarska i in. [2015] w badaniach nad motywami wyboru żywności przez konsumentów soków, wskazali czynniki w największym stopniu decydujące o wyborze produktów – są to: smak, relacja ceny do jakości oraz wygląd. Badania przeprowadzone przez Balona i in. [2017] także wykazały, że walory sensoryczne, w tym głównie smak, są głównymi determinantami zakupu soków.

Istotny wpływ na konsumpcję owoców, warzyw oraz ich przetworów mają finansowane z Funduszy Unijnych kampanie promujące polską żywność. Po akcesji Polski do Unii Europejskiej Komisja Europejska przyznała łącznie 16,7 mln euro na przeprowadzenie kampanii informacyjnych, takich jak m.in.: „5 porcji warzyw i owoców lub soku” (prowadzona przez Stowarzyszenie Krajowa Unia Producentów Soków KUPS), „Jabłka każdego dnia”, „Europejskie jabłka dwukolorowe”. Ponadto szans w rozwoju polskiego rynku owocowo-warzywnego należy upatrywać w akcjach promocyjno-informacyjnych realizowanych w ramach Programu rozwoju obszarów wiejskich finansowanego przez Agencję Rynku Rolnego oraz w propagacji produktów regionalnych, tradycyjnych, a także ekologicznych [ARR 2014; Zambrzycki 2015].

Trendem obserwowanym od kilku lat na rynku napojów bezalkoholowych jest wzmożona popularność produktów *premium*, do których są zaliczane soki NFC, napoje funkcjonalne oraz soki z dużymi kawałkami owoców, tzw. *smoothies*. Soki NFC to soki bezpośrednie, wyprodukowane w wyniku tłoczenia lub wyciskania surowych owoców lub warzyw [Frącek 2007; Oszmiański 2009; Jaworska i Olczak 2010]. Trend produkcji soków tłoczonych został zainicjowany w Ameryce Północnej, która jest liderem w spożyciu tego typu produktów. W 2014 roku aż 61,1% nowo wprowadzonych soków na świecie trafiło na rynek amerykański, 25,5% na rynki Europy Zachodniej oraz około 6,5% do Azji [Oleksy 2015]. Istotne



Rysunek 9. Mechanizm zapobiegania brązowieniu enzymatycznemu przez kwas askorbinowy

Źródło: Na podstawie: [Marshall, Kim i Wei 2000]

kwasm cynamonowym, 4-heksylorezorcynolem czy z EDTA wykazuje działanie synergistyczne w hamowaniu aktywności PPO [Özoğlu i Bayindirli 2002; Li i in. 2007; Denoya i in. 2012].

Należy także wspomnieć o innych korzyściach wynikających z wysokiej zawartości kwasu askorbinowego w sokach. Dodatek tego kwasu podczas procesu produkcji mętnego soku jabłkowego wpływa korzystnie na zawartość związków fenolowych, zwiększając ich stabilność w soku [Oszmiański, Sokół-Łętowska i Kuczyński 1994; Kolniak-Ostek, Oszmiański i Wojdyło 2012, 2013]. Obecność kwasu askorbinowego w sokach pozwala także na zachowanie innych obecnych w soku przeciwutleniaczy, przy czym obserwuje się także działanie odwrotne, polegające na ochronnym wpływie obecnych w sokach związków fenolowych wobec witaminy C [Mitek i Kalisz 2003; Klimczak i in. 2007].

Coraz częściej w produkcji żywności rezygnuje się ze syntetycznych dodatków. W związku z regulacjami prawnymi wprowadzonymi w 2008 roku stosowanie syntetycznych związków przeciwutleniających (z wyjątkiem kwasu askorbinowego) w produkcji soków jabłkowych jest zakazane [Rozporządzenie PE i Rady (WE) nr 1333/2008 z 16 grudnia 2008]. Dlatego też zasadne jest szukanie i stosowanie naturalnych substancji do produkcji soków mętnych, zapobiegających niekorzystnym zmianom barwy soków.

W literaturze niewiele jest badań na temat możliwości wykorzystania np. ekstraktów z roślin czy innych soków do przedłużania trwałości mętnych soków jabłkowych w aspekcie ich barwy. Jako potencjalne inhibitory brązowienia soku jabłkowego testowano ekstrakt z miodu, cynamonu, morwy białej, szczawiu kiedzierzawego, wybranych warzyw, grzyba ('Bocznik ostrygowaty', 'Enokitake') oraz sok z rabarbaru czy granatu [Oszmiański, Sokół-Łętowska i Kuczyński 1994; Li i in. 2007; Suh, Park i Park 2011; Klimczak i Ćwiklińska 2013; Thada i in. 2013; Eissa i in. 2014]. Wyniki z tych badań zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Inhibitory brązowienia mętnego soku jabłkowego

Inhibitor	Wynik/rezultat	Literatura
1. 4-Heksyloresorcinol: 0,0005–0,01% 2. Oksyresweratrol: 0,0005–0,01% 3. Kwas L-askorbinowy: 0,02% 4. Ekstrakt z gałązek i owoców <i>Morus alba</i> L. (morwa biała): 0,001–0,02%	– 0,01-procentowy oksyresweratrol i 0,01-procentowy ekstrakt <i>Morus alba</i> L. w znaczący sposób wpłynął na hamowanie brązowienia soku jabłkowego z odmiany 'Fuji' w czasie 5 dni przechowywania (4°C). Efekt był porównywalny do działania 0,01-procentowego 4-heksyloresorcinolu w badanym soku – w sokach z dodatkiem kwasu askorbinowego (0,02%) efektywność działania oksyresweratrolu, ekstraktu <i>Morus alba</i> L. oraz 4-heksyloresorcinolu zależała od stężenia tych związków w soku – wnioskowanie przeprowadzono na podstawie zmian parametrów barwy (L^* , a^* , b^* , ΔE^*_{ab})	Li i in. 2007
1. Bromelaina: 0,175; 0,350 i 0,700 g/l 2. L-cysteina: 0,3; 0,7 i 1,0 mM 3. Kwas askorbinowy: 0,3; 0,7 i 1,0 mM	– bromelaina w porównaniu z L-cysteiną i kwasem askorbinowym okazała się znacznie mniej efektywna w hamowaniu brązowienia soku jabłkowego z odmiany 'Golden Delicious' (10 h, 25°C) – cysteina w stężeniu 0,7 i 1 mM była najskuteczniejsza (odpowiednio 91 i 100% inhibicji) – kwas askorbinowy wykazywał działanie inhibujące przez pierwsze 5 h przechowywania, a potem jego aktywność spadała	Tochi i in. 2009
1. L-cysteina 2. 4-heksyloresorcinol 3. Kwas kojowy 4. Stężenie w soku: 1, 2 i 4 mM	– L-cysteina, 4-heksyloresorcinol i kwas kojowy skutecznie hamowały brązowienie soku jabłkowego z odmiany 'Amasya'. Mieszanka tych inhibitorów w kombinacji: 3,96 mM L-cysteiny, 2,78 mM kwasu kojowego i 2,34 mM 4-heksyloresorcinolu działała najefektywniej (89,2% inhibicji, sok przechowywany 24 h, 25°C)	İyidoğan i Bayındırli 2004
1. Kwas L-askorbinowy i izoaskorbinowy 2. L-cysteina 3. Kwas cynamonowy 4. Kwas sorbowy 5. Kwas benzoowy 6. β -cyklodekstryna 7. Stężenie w soku: 0,3; 1 i 1,8 mM	– mieszanina inhibitorów: 0,49 mM kwas askorbinowy, 0,42 mM L-cysteina i 0,05 mM kwas cynamonowy, była najbardziej efektywna w zapobieganiu brązowieniu soku jabłkowego z odmiany 'Golden Delicious' (2 h, 25°C) – kwas askorbinowy (1,8 mM) w porównaniu z kwasem izoaskorbinowym (1,8 mM) był bardziej skuteczny w hamowaniu brunatnienia – nieefektywnym inhibitorem w zakresie zastosowanych stężeń okazała się β -cyklodekstryna	Özoğlu i Bayındırli 2004
1. Kwas fitowy 2. Kwas askorbinowy 3. Kwas cytrynowy 4. Siarczyn sodu Stężenie w soku: 0,01–50 mM	– spośród badanych związków, kwas fitowy (0,1 mM) hamował aktywność PPO z soku jabłkowego w największym stopniu (99,2%) – dodatek kwasu fitowego okazał się także skuteczny w hamowaniu brązowienia soku jabłkowego (6 h, 25°C)	Du, Dou i Wu 2012

1. β -cyklodekstryna 2. L-askorbinian 2, 3 -fosforu (L-AAATP) Stężenie w soku: 1–5 mM	<ul style="list-style-type: none"> – β-cyklodekstryna w porównaniu z L-AAATP w większym stopniu hamowała aktywność PPO w soku jabłkowym – zastosowanie mieszaniny obu związków w proporcji 1:1 wpłynęło na zwiększenie efektywności hamowania aktywności PPO w porównaniu z działaniem pojedynczych związków – glutation (inhibitor niekompetycyjny) w porównaniu z kwasem cynanowym (inhibitor kompetycyjny) skuteczniej hamował aktywność PPO w soku jabłkowym 	Gacche, Zore i Ghore 2003
1. Glutation (zredukowana forma) 2. Kwas cynanowy Stężenie w soku: 1–5 mM	<ul style="list-style-type: none"> – ekstrakt z miodu hamował aktywność PPO w soku jabłkowym, jednakże jego efektywność była mniejsza w porównaniu z 4-heksyloresorcynolem i L-cysteina – ester fenetylowy kwasu kawowego okazał się być mniej efektywny. Jego działanie było ograniczone z powodu jego słabej rozpuszczalności 	Gacche, Warangkar i Ghole 2004
1. Ekstrakt z miodu z odmiany 'Palo fierro': 0,87; 1,94; 3,5 g/l 2. L-cysteina: 0,06; 0,19; 0,35 g/l 3. 4-heksyloresorcynol: 0,06; 0,19; 0,035 g/l 4. Ester fenetylowy kwasu kawowego (CAPE): 0,7; 1,4; 2,8 g/l	<ul style="list-style-type: none"> – ekstrakt z miodu hamował aktywność PPO w soku jabłkowym, jednakże jego efektywność była mniejsza w porównaniu z 4-heksyloresorcynolem i L-cysteina – ester fenetylowy kwasu kawowego okazał się być mniej efektywny. Jego działanie było ograniczone z powodu jego słabej rozpuszczalności 	de la Rosa i in. 2011
1. Ekstrakt z cynamonu: 2–12 μ g 2. Kumaryna: 12 μ g	<ul style="list-style-type: none"> – zarówno ekstrakt z cynamonu zawierający kumarynę, jak i czysta kumaryna hamowała aktywność PPO w soku jabłkowym z odmiany 'Red Delicious'. W porównaniu z próbą kontrolną odnotowano 73-procentowy (sok z ekstraktem z cynamonu) i 77,5-procentowy (sok z kumaryną) spadek aktywności PPO 	Thada i in. 2013
1. Ekstrakt z nasion <i>Rumex crispus</i> L. (szczaw kędzierzawy): 0,15; 0,3 i 0,6 mg/ml	<ul style="list-style-type: none"> – Ekstrakt z nasion <i>Rumex crispus</i> L. (0,3 mg/ml) uzyskany przy użyciu butanolu i octanu etylu efektywnie hamował brązowienie soku (6 h, dostęp światła). Efektywność działania ekstraktów była porównywalna do kwasu askorbinowego (0,3 mg/ml) – Wnioskowanie przeprowadzono na podstawie zmian parametrów barwy (L^*, a^*, b^*, ΔE^*_{ab}) 	Suh, Park i Park 2011
1. Ekstrakty z warzyw (ogórek, zielona papryka, kabaczek) 2. Ekstrakt z grzyba ('bocznik ostrzygowaty') Stężenie w soku: 1%	<ul style="list-style-type: none"> – badane ekstrakty hamowały aktywność PPO w soku oraz brązowienie soku jabłkowego z odmiany 'Red Delicious' (24 h, 25°C) – stopień inhibicji brązowienia zależał od metody otrzymywania ekstraktów (woda, metanol, ultrafiltracja) – 1-procentowy ekstrakt z kabaczka (ultrafiltracja) wykazywał najlepszą efektywność w hamowaniu ciemnienia soku – wnioskowanie przeprowadzono na podstawie zmian parametrów barwy L^*, a^*, b^*, ΔE^*_{ab}, ΔBI oraz ΔA_{420} 	Eissa i in. 2014

Inhibitor	Wynik/rezultat	Literatura
1. Ekstrakt z grzyba ('Enokitake'): 0,07; 0,13; 0,33; 0,67 g/ml	<ul style="list-style-type: none"> – zarówno acetonowy, jak i wodny ekstrakt z grzyba hamował aktywność tyrozynazy w układzie modelowym – wodny ekstrakt z grzyba w ilości 0,67 g/ml w największym stopniu hamował brązowienie soku jabłkowego z odmiany 'Starking' (6h, 27°C) – wnioskowanie przeprowadzono na podstawie zmian parametrów barwy a^* i b^* 	Jang i in. 2002
1. Sok z rabarbaru: 0,25–3% 2. Kwas L-askorbinowy: 0,5%	<ul style="list-style-type: none"> – sok z rabarbaru (2–3%) dodany do miążgi jabłkowej (odmiany 'Kronselska', 'Antonówka' i 'Golden Delicious') skutecznie chronił obecne w nim związki polifenolowe przed utlenieniem oraz hamował brązowienie soku – sok z rabarbaru (2% – odmiana 'Antonówka' oraz 3% – odmiana 'Kronselska') hamował reakcje brunatnienia w stopniu porównywalnym z 0,5-procentowym dodatkiem kwasu askorbinowego 	Oszmiański, Sokół-Łętowska i Kuczyński 1994
1. Sok z granatu: 25, 35 i 50%	<ul style="list-style-type: none"> – sok z granatu dodany o soku jabłkowego w ilości 25% i 35% hamował brązowienie soku w większym stopniu niż 50-procentowy sok z granatu. Po 48 h przechowywania (4°C) stopień inhibicji brązowienia wynosił odpowiednio 79 i 76%, w odniesieniu do soku jabłkowego 	Klimczak i Ćwiklińska 2013

4. CEL BADAŃ I HIPOTEZY BADAWCZE

Przyczyną niekorzystnych zmian barwy mętnych soków jabłkowych są głównie procesy enzymatycznego brunatnienia katalizowane przez polifenolooksydazę. W związku z tym, że barwa soku jest ważnym wyróżnikiem jakości wpływającym na decyzje nabywcze konsumentów, celem badań podjętych w ramach niniejszej pracy była ocena wpływu ekstraktów roślinnych i soków z owoców cytrusowych bogatych w przeciwutleniacze, w tym związki polifenolowe, na barwę nieprzechowywanego i przechowywanego mętnego soku jabłkowego.

Na podstawie danych literaturowych i wstępnych badań sformułowano następujące hipotezy badawcze:

1. Związki o właściwościach przeciwutleniających zawarte w ekstraktach roślinnych oraz sokach z owoców cytrusowych hamują aktywność tyrozynazy katalizującej procesy brunatnienia.
2. Bogate w przeciwutleniacze ekstrakty roślinne oraz soki z owoców cytrusowych wpływają na stabilizację barwy mętnego, niepasteryzowanego soku jabłkowego.

Według obecnie obowiązującego prawa, tj. rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 195/2006 z dnia 20 grudnia 2006 roku w sprawie dodawania do żywności witamin i składników mineralnych oraz niektórych innych substancji, oraz rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności (Dz.U. L 354 z 31.12.2008, s. 16 z późn. zm.) w produkcji soku jabłkowego dopuszcza się użycie tylko witamin i składników mineralnych. Zastosowanie innych dodatków niż witaminy i/lub składniki mineralne sprawia, że otrzymany produkt powinno się określać mianem „napój” a nie „sok”.

W ramach niniejszej pracy zaprojektowano eksperymentalne soki jabłkowe z dodatkiem ekstraktów roślinnych, które w myśl obowiązujących przepisów należy traktować jako napoje. Celem ułatwienia dyskusji otrzymanych wyników z analizy tych produktów pozostawiono nazwę „sok”. Podobne rozwiązania są stosowane w wielu pracach na temat właściwości soków, do których wprowadza się dodatki inne niż wskazane w rozporządzeniu.

Weryfikacja hipotez wymagała wykonania następujących zadań badawczych:

1. Charakterystyka handlowych ekstraktów roślinnych i soków z owoców cytrusowych pod względem aktywności inhibicyjnej wobec handlowej tyrozynazy z grzyba (*Agaricus bisporus*) oraz zawartości związków fenolowych ogółem.
2. Identyfikacja i określenie zawartości związków polifenolowych oraz witaminy C w wybranych ekstraktach roślinnych i sokach z owoców cytrusowych.
3. Ocena wpływu wybranych odmian jabłek oraz dodatku kwasu askorbinowego na brunatnienie mętnego soku jabłkowego.
4. Charakterystyka mętnego soku jabłkowego pod względem zawartości związków polifenolowych, witaminy C oraz aktywności polifenolooksydazy w soku (PPO).
5. Określenie wpływu dodatku ekstraktów roślinnych i soków z owoców cytrusowych na aktywność PPO w soku oraz barwę nieprzechowywanego mętnego soku jabłkowego.
6. Ocena wpływu warunków przechowywania (24 i 48 h, 4°C) na aktywność PPO w soku oraz barwę otrzymanych soków.
7. Ocena pożądalności barwy nieprzechowywanych i przechowywanych soków jabłkowych z dodatkiem ekstraktów roślinnych i soków z owoców cytrusowych.

jabłkowego nie wpływa w istotny sposób na zmiany aktywności PPO oraz barwy przechowywanych soków. Jednak analizując poszczególne wartości wskaźników brązowienia (ΔE_{ab}^* , ΔBI , ΔA_{420}) oraz parametrów ΔL^* , Δa^* tych próbek, stwierdzono, że optymalnym stężeniem EH5, EPW i ER wpływającym na hamowanie brązowienia soków, a tym samym na utrzymanie barwy przechowywanych soków, jest odpowiednio, 3, 2 i 5 g/l soku. W próbkach tych soków nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian parametru A_{420} podczas przechowywania ($p > 0,05$, tabela 26, rozdział 6.3.2).

Ponadto w soku jabłkowym z dodatkiem 3 g EH5/l nie stwierdzono istotnych statystycznie zmian jasności soku w trakcie 48 h przechowywania ($p > 0,05$, rysunek 14A, rozdział 6.3.2). W próbce tego soku nastąpił około 4-krotnie mniejszy wzrost parametru a^* w porównaniu z próbkami soku z dodatkiem 1 i 2 g tego ekstraktu, odpowiednio $\Delta a^* = 0,35, 1,36$ i $1,45$ (rysunek 14B). Wartość parametru ΔE_{ab}^* i ΔBI tego soku była około 3-krotnie mniejsza niż soku z dodatkiem EH5 w ilości 2 g/l (rysunek 17, tabela 26, rozdział 6.3.2). Także aktywność PPO uległa największemu obniżeniu w soku z dodatkiem EH5 w ilości 3 g/l (inhibicja 96%, tabela 24).

W próbkach soku jabłkowego z dodatkiem 2 g EPW/l, w porównaniu z sokiem z EPW w ilości 1 g/l, wartość parametru ΔE_{ab}^* była niższa o około 20% (rysunek 17). Stopień hamowania brązowienia w tym soku wynosił około 90%, natomiast w soku z 1 g EPW/l około 80%. Ponadto stopień inhibicji PPO w soku z dodatkiem 2 g EPW/l był większy (około 80%) niż w soku, do którego dodano ten ekstrakt w ilości 1 g/l (około 70%).

Zwiększenie ilości ekstraktu z rokitnika w soku jabłkowym (z 3 do 5 g/l) spowodowało około 2 razy mniejszy wzrost parametru ΔE_{ab}^* i ΔBI w trakcie przechowywania (rysunek 17, tabela 26). Stopień inhibicji PPO był także większy w soku, do którego dodano ekstrakt z rokitnika w ilości 5 g/l (32%) niż w soku z 3 g ER/l soku (23%).

Ponadto próbki soków jabłkowych z dodatkiem 3 g EH5/l, 2 g EPW/l oraz 5 g ER/l po 48 h przechowywania charakteryzowały się najmniejszym stopniem zażółcenia (tabela 26).

6.3.3. Wpływ soków z owoców cytrusowych na brunatnienie mętnego soku jabłkowego

Kolejnym etapem badań prezentowanych w niniejszej pracy było przeprowadzenie doświadczenia, którego celem było określenie wpływu wybranych soków z owoców cytrusowych na brunatnienie mętnego soku jabłkowego z odmiany 'Golden Delicious' przed przechowywaniem i po przechowywaniu przez 48 h w temperaturze 4°C. Zastosowane soki z owoców cytrusowych (pomarańczowy, mandarynkowy i grejpfrutowy) zostały przebadane pod kątem zawartości związków fenolowych, witaminy C oraz ich wpływu na aktywność PPO. Wyniki tych badań zaprezen-

wano w rozdziale 6.1.2. Próbki soku jabłkowego, soków z owoców cytrusowych oraz soków mieszanych przed przechowywaniem i po przechowywaniu poddano analizie obejmującej badania wyszczególnione na rysunku 10 (rozdział 5.2).

Wpływ dodatku soku z owoców cytrusowych na zawartość związków fenolowych ogółem i flawonoidów ogółem w nieprzechowywanym soku jabłkowego

W tabeli 30 przedstawiono wyniki badań własnych nad wpływem dodatku soku z owoców cytrusowych na zawartość polifenoli ogółem i flawonoidów ogółem w nieprzechowywanym soku jabłkowym. Dodatek soku z pomarańczy (SP) w ilości 20 i 40% wpłynął na zwiększenie zawartości polifenoli ogółem w stosunku do soku jabłkowego odpowiednio o około 6 i 15%. Natomiast zawartość polifenoli w soku jabłkowym z dodatkiem soku z mandarynki (SM) i grejpfruta (SG) (20 i 40%) nie różniła się istotnie statystycznie od zawartości tych związków w soku jabłkowym bez dodatków ($p > 0,05$).

Tabela 30. Zawartość związków polifenolowych ogółem, flawonoidów ogółem oraz witaminy C w soku jabłkowym, sokach cytrusowych i sokach mieszanych przed przechowywaniem

Sok jabłkowy z sokami z owoców cytrusowych (%)	Związki polifenolowe ogółem [mg/l]	Flawonoidy ogółem [mg /l]	Witamina C [mg/l]
SJ2	425 ± 14 ^a	246 ± 9 ^a	1,2 ± 0,0
SP	532 ± 11	161 ± 5	359 ± 10
SJ2+SP			
20	452 ± 10	238 ± 7 ^a	68 ± 3
40	490 ± 10	215 ± 7	140 ± 5
SM	425 ± 11 ^a	172 ± 3	261 ± 5
SJ2+SM			
20	415 ± 11 ^a	242 ± 9 ^a	49 ± 2
40	420 ± 12 ^a	223 ± 6	98 ± 3
SG	464 ± 10	261 ± 7 ^a	220 ± 3
SJ2+SG			
20	426 ± 8 ^a	255 ± 9 ^a	40 ± 2
40	442 ± 9 ^a	262 ± 9 ^a	85 ± 3

SJ2 – mętny sok jabłkowy wykorzystywany w doświadczeniu z sokami cytrusowymi; SJ2+SP – mętny sok jabłkowo-pomarańczowy; SJ2+SM – mętny sok jabłkowo-mandarynkowy; SJ2 +SG – mętny sok jabłkowo-grejpfrutowy.

^a Wartości średnie w kolumnie, przy danym udziale soku z owoców cytrusowych w soku mieszanym, oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie, w porównaniu z sokiem jabłkowym bez dodatku soków cytrusowych (SJ2) (test Dunnetta, $p > 0,05$).

Źródło: Badania własne.

Zawartość flawonoidów ogółem w sokach mieszanych: SJ2+20%SP, SJ2+20%SM oraz SJ2+SG (20 i 40%) nie różniła się istotnie statystycznie w porównaniu z sokiem jabłkowym ($p > 0,05$). Zwiększenie udziału soku SP i SM w soku mieszanym, z jednoczesnym zmniejszeniem udziału soku jabłkowego, wpłynęło na obniżenie zawartości flawonoidów ogółem odpowiednio o około 13 i 9%.

Wraz ze zwiększeniem udziału badanych soków cytrusowych w soku mieszanym obserwowano znaczący wzrost zawartości witaminy C w sokach. Największą zawartość tej witaminy odnotowano w sokach jabłkowo-pomarańczowych (tabela 30).

Wpływ dodatku soku z owoców cytrusowych na zawartość ekstraktu ogólnego i wartość pH nieprzechowywanego soku jabłkowego

Zawartość ekstraktu w nieprzechowywanych sokach cytrusowych SP, SM i SG wynosiła 11,1–12,9 °Brix, natomiast wartość pH 3,29–3,61 (tabela 31). Wyniki te są zbliżone z danymi literaturowymi [Cortés, Esteve i Frígola 2008; Xu i in. 2008; Pyryt i Wilkowska 2012; Sdiri i in. 2012].

Zgodnie z wytycznymi Kodeksu Praktyki AIJN [2013], minimalny poziom zawartości ekstraktu ogólnego w sokach cytrusowych wynosi 10,0 °Brix (sok pomarańczowy), 10,5 °Brix (sok mandarynkowy) i 9,5 °Brix (sok grejpfrutowy). Wszystkie badane soki spełniały te wymagania.

Tabela 31. Zawartość ekstraktu ogólnego i wartość pH soku jabłkowego, soków cytrusowych oraz soków mieszanych przed przechowywaniem

Sok jabłkowy z sokami z owoców cytrusowych (%)	Ekstrakt [°Brix]	pH
SJ2	13,0 ^a	3,70 ^a
SP	12,8	3,55
SJ2+SP		
20	13,0 ^a	3,68 ^a
40	12,9 ^a	3,64
SM	12,9	3,61
SJ2+SM		
20	13,0 ^a	3,66 ^a
40	13,1 ^a	3,64
SG	11,1	3,29
SJ2+SG		
20	12,6	3,60
40	12,3	3,54

Objaśnienia jak pod tabelą 30.

^a Wartości średnie w kolumnie, przy danym udziale soku z owoców cytrusowych w soku mieszanym, oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie, w porównaniu z sokiem jabłkowym bez dodatku soków cytrusowych (SJ2) (test Dunnetta, $p > 0,05$).

Źródło: Badania własne.

Zawartość ekstraktu ogólnego w sokach mieszanych SJ2+SP (20 i 40%), SJ2+SM (20 i 40%) i SJ2 była na podobnym poziomie ($p > 0,05$; tabela 31). Natomiast w sokach z dodatkiem 20 i 40% SG odnotowano niższą zawartość ekstraktu ogólnego w porównaniu z SJ2.

Wartość pH soków z dodatkiem SP i SM w ilości 20% nie różniła się istotnie statystycznie od wartości pH soku jabłkowego ($p > 0,05$). Zwiększenie udziału tych soków do 40% spowodowało nieznaczne obniżenie wartości tego parametru o 1,6%. Wartość pH soków SJ2+SG była niższa w porównaniu z sokiem jabłkowym o 2,7% (20%) i 4,3% (40%).

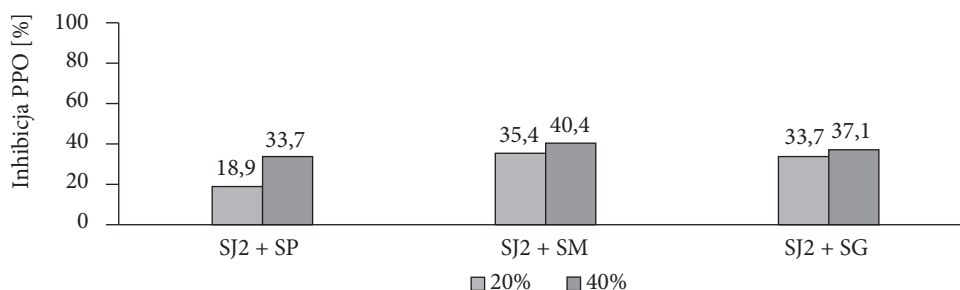
W trakcie przechowywania badanych soków nie zaobserwowano istotnych statystycznie zmian zawartości ekstraktu. Natomiast wartość pH nieznacznie wzrastała, ale zmiany te były nieistotne statystycznie (dane nieprezentowane).

Wpływ dodatku soków z owoców cytrusowych na aktywność PPO w nieprzechowywanym soku jabłkowym

Wpływ dodatku soków z owoców cytrusowych na aktywność PPO w nieprzechowywanym soku jabłkowym przedstawiono na rysunku 19. W badanych nieprzechowywanych sokach cytrusowych (SP, SM i SG) polifenolooksydaza była nieaktywna. W sokach mieszanych zaobserwowano hamowanie aktywności PPO. W soku z dodatkiem SM i SG w ilości 20% stopień hamowania PPO był porównywalny i wynosił około 34%. Sok, do którego dodano 20% SP, wykazywał słabszy wpływ na aktywność enzymu (inhibicja około 19%). Zwiększenie udziału soku pomarańczowego w soku mieszanym, z jednoczesnym zmniejszeniem udziału soku jabłkowego, wpłynęło znacząco na wzrost stopnia inhibicji PPO w soku (33,7%; $p < 0,05$). W przypadku próbek soków SJ2+SM i SJ2+SG wzrost stopnia hamowania aktywności PPO był niewielki, porównywalny w tych sokach (o około 12%). Soki te, dodane do soku jabłkowego w ilości 40%, hamowały aktywność PPO w soku o około 39% (rysunek 19).

Sok grejpfrutowy, mimo że w porównaniu z sokiem pomarańczowym i mandarynkowym wykazywał słabsze właściwości inhibicyjne wobec PPO z grzyba ($IC_{50} = 17,69$ g/100 ml; tabela 12, rozdział 6.1.2), hamował aktywność PPO w soku w stopniu porównywalnym do SP i SM. Natomiast zawartość flawanonów w SG, będących potencjalnymi inhibitorami PPO, oznaczona chromatograficznie, była istotnie statystycznie wyższa w porównaniu z SP i SM (tabela 13, rozdział 6.1.2). Sok ten charakteryzował się też najwyższą zawartością flawonoidów ogółem (tabela 14, rozdział 6.1.2).

W dostępnej literaturze przedmiotu brak jest badań nad wpływem SP, SM i SG na aktywność PPO w soku jabłkowym.



Objaśnienia jak pod tabelą 30

Rysunek 19. Stopień inhibicji PPO w sokach mieszanych przed przechowywaniem

Źródło: Badania własne

W celu określenia zależności pomiędzy inhibicją PPO a zawartością polifenoli ogółem, flawonoidów ogółem i witaminy C w sokach nieprzechowywanych przeprowadzono analizę korelacji r Pearsona (tabela 32).

Tabela 32. Współczynnik korelacji r Pearsona pomiędzy stopniem inhibicji PPO a zawartością polifenoli ogółem, flawonoidów ogółem i witaminy C w badanych sokach mieszanych

Parametr	Współczynnik korelacji r Pearsona
Polifenoli ogółem	-0,32
Flawonoidy ogółem	-0,53
Witamina C	0,20

$n = 36$.

Źródło: Badania własne.

Nie zaobserwowano istotnych zależności pomiędzy stopniem hamowania aktywności PPO w sokach a ogólną zawartością związków polifenolowych, flawonoidów oraz zawartością witaminy C. Obliczone współczynniki korelacji pomiędzy analizowanymi parametrami były nieistotne statystycznie ($p > 0,05$). Najprawdopodobniej obecność naturalnej witaminy C w sokach cytrusowych nie była wystarczająca do hamowania aktywności PPO w soku jabłkowym.

W badaniach przeprowadzonych przez Klimczak i Gliszczyńską-Świątło [2017] dodatek 0,3 g kwasu askorbinowego/l hamował aktywność PPO w świeżym soku jabłkowym w 45,4%. Dodatek 2 i 3 g ekstraktu z zielonej herbaty/l do soku jabłkowego spowodował inhibicję PPO w soku o odpowiednio o 43,3 i 65,4%. Natomiast mieszanina ekstraktu i kwasu askorbinowego (KA) hamowała aktywność PPO o 65,4% (2 g ekstraktu/l) i 68,5% (3 g ekstraktu/l). Uzyskane niższe wartości stopnia inhibicji PPO (mieszanina z 3 g ekstraktu/l), niż się spodziewano na podstawie sumy pojedynczych efektów ekstraktu i kwasu askorbinowego, sugerowały, że KA i ekstrakt z zielonej herbaty oddziałują ze sobą w sposób antagonistyczny.