

## ZMIANY ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH, PARAMETRÓW BARWY I AKTYWNOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCEJ W CZASIE PRZECHOWYWANIA SOKÓW Z WYBRANYCH ODMIAN JABŁEK\*

Bogdan Sieliwanowicz, Aurelia G. Hałasińska, Maria Trzcńska,  
Aleksander Jakubowski, Janusz Lipowski, Sylwia Skąpska

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie

**Streszczenie.** Sok z mieszaniny jabłek zawierającej 80% odmiany 'Szampion' (wysoka zawartość związków fenolowych i wysoka aktywność antyoksydacyjna) i 20% odmiany 'Lobo' (wysoka aktywność oksydazy polifenolowej) charakteryzował się w czasie przechowywania wyższą stabilnością fizyczną i biochemiczną w porównaniu z sokami jednorodnymi, otrzymywanymi z tych samych odmian jabłek. Sugeruje się, że przyczyną tych różnic jest, indukowany aktywnością oksydazy polifenolowej na etapie otrzymywania soku mieszanego, spadek zawartości kwasu chlorogenowego i epikatechiny. W czasie rocznego przechowywania soku mieszanego, w przeciwieństwie do soków jednorodnych przechowywanych przez 5 miesięcy, jego aktywność przeciwutleniająca pozostawała na tym samym poziomie, natomiast zmniejszenie zawartości związków fenolowych charakterystycznych dla jabłek było zauważalnie mniejsze i dotyczyło głównie kwasu chlorogenowego.

**Słowa kluczowe:** sok jabłkowy, przechowywanie, związki fenolowe, parametry barwy, aktywność przeciwutleniająca

### WSTĘP

Jabłka mogą być uznawane za podstawowe źródło związków fenolowych o działaniu przeciwutleniającym w diecie wielu narodów europejskich. Pomimo występowania wielu różnic ilościowych w zawartości fenoli, w zależności od gatunku owoców, rejonu uprawy, roku zbiorów, okresu i warunków przechowywania owoców, wielu autorów

---

\* Pracę wykonano w ramach PBZ/KBN/021/PO6/99 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 2001-2004.

jest zgodnych [Bilyk i in. 1988, Miller i in. 1995, Oszmiański 1995, Podsędek i in. 2000, Stopar i in. 2002, Van der Sluis i in. 2001], że w jabłkach występują:

- kwasy fenolowe: kwas chlorogenowy, kwas 4'-p-kumarylochinonowy,
- pochodne flavan-3-olu: katechina, epikatechina i ich polimeryczne struktury: procyjanidyny B2 i C1,
- flavonole: kwercetyno-3-galaktozyd i jego mono- i diglikozydy,
- antocyjaniny: cyjanidyno-3-galaktozyd i inne glikozydy cyjanidyny,
- dihydrochalkony: florydzyina i ksyloglukozyd floretyny.

W największych ilościach wykrywane są: kwas chlorogenowy, katechina, epikatechina, procyjanidyna B2 [Podsędek i in. 2000, Van der Sluis i in. 2001]. Związki fenolowe występują we wszystkich częściach jabłka, jakkolwiek podkreślane są istotne różnice pomiędzy sokiem, skórką i miąższem dotyczące zawartości poszczególnych związków fenolowych oraz różnice pomiędzy poszczególnymi odmianami [Guyot i in. 1998, 2002, 2003, Sanoner i in. 1999].

Stwierdzono, że wraz ze stopniem polimeryzacji pochodnych flavan-3-olu rośnie ich zdolność do asocjacji z białkami i nierozpuszczalnymi wielkocząsteczkowymi polisacharydami będącymi składnikami ścian komórkowych [Renard i in. 2001]. Według zgodnej opinii jest to główna przyczyna zarówno powstawania zmętnień i osadów w czasie przechowywania soku jabłkowego, jak też przygotowywania soku zagęszczonego [Van Buren 1989].

Kwas chlorogenowy jest jednym z najważniejszych substratów występujących w jabłku oksydaz polifenolowych. W obecności tlenu, pod wpływem oksydazy polifenolowej, utlenia się do o-chinonu, który może reagować z innymi związkami fenolowymi (np. katechinami), tworząc żółte i brązowe barwniki. Procesom tym przypisuje się istotną rolę w zmianie barwy przetworów jabłkowych w czasie ich produkcji [Oszmiański i Lee 1990].

Nasze wcześniejsze badania wykazały, że wykorzystując oksydazę polifenolową (PPO) z *Gliocladium virens* można otrzymać sok jabłkowy o średnio ok. 50% niższej zawartości związków fenolowych i niezmienionej aktywności przeciwutleniającej [Hałasińska i in. 2000, 2001]. Stwierdziliśmy jednocześnie że krajowe odmiany jabłek deserowych charakteryzowały się bardzo zróżnicowanym poziomem aktywności PPO i zawartością monomerycznych związków fenolowych. Pozwalało to sądzić, że zbliżony efekt zmniejszenia zawartości fenoli, przy zachowaniu aktywności przeciwutleniającej surowców, można uzyskać mieszając w określonych proporcjach sok z odpowiednio dobranych odmian jabłek. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań przechowalniczych mętnego soku jabłkowego o wysokiej stabilności i zachowanej aktywności przeciwutleniającej. Szczególną uwagę zwrócono na związek zachodzących w czasie przechowywania zmian parametrów barwy i zmętnienia ze zmianami zawartości wybranych monomerycznych związków fenolowych i aktywności przeciwutleniającej soków.

## MATERIAŁY I METODY

### Material roślinny

Badaniami objęto dwie deserowe odmiany jabłek: 'Szampion' i 'Lobo'. Na sok przetwarzano jabłka dojrzałe.

### Otrzymywanie i przechowywanie soku jabłkowego

Z umytych jabłek przygotowywano mieszaninę zawierającą 80% odmiany ‘Szampion’ i 20% odmiany ‘Lobo’. Po rozdrobnieniu jabłek wyciskano z nich sok (prasa warstwowa z rozdrabniaczem Bucher, ciśnienie 1,5 MPa) i pozostawiano przez ok. 90 min pod przykryciem, w ciemności, w temperaturze ok. 20°C. Sok wirowano 10' × 5000 g w wirówce z chłodzeniem (Sorval RC 5B Plus, rotor 6 × 500 ml). Supernatant rozlewano do słoików i pasteryzowano, ściśle przestrzegając czasu i temperatury procesu (kontrola wewnątrz słoików – termometr CTF 8004 ELAB). W podobny sposób, pomijając jedynie etap 90-minutowej inkubacji, otrzymywano sok z jednej odmiany jabłek. Badane soki przechowywano do roku, w temperaturze 15-20°C, w ciemności.

### Standardy i odczynniki

(+)-katechina, (-)-epikatechina, kwas chlorogenowy oraz szafran zakupiono w firmie Sigma-Aldrich. Krocynę do oznaczania aktywności przeciwutleniającej ekstrahowano z szafranu. Rozpuszczalniki organiczne do HPLC zakupiono w Labscan Ltd. (Irlandia).

### Metody analityczne

*Oznaczanie aktywności przeciwutleniającej* – aktywność przeciwutleniającą soku jabłkowego oznaczano i wyrażano w równoważnikach Trolox, jak opisano uprzednio [Hałasińska i in. 2000]

*Oznaczanie fenoli ogółem* – wykorzystywano reakcję z odczynnikiem Folina [Hałasińska i in. 2000].

*Oznaczanie aktywności oksydazy polifenolowej (PPO)* – wykonano względem katecholu jako substratu, zgodnie z metodyką opisaną uprzednio [Hałasińska i in. 2001].

*Analiza HPLC.* Sok jabłkowy przed rozdziałem klarowano wirując 5 min × 10 000 g. Rozdziały wykonywano wykorzystując zestaw HPLC (515Waters): z detektorem 2487, termostatem do kolumn i oprogramowaniem Millennium<sup>32</sup>. Wykorzystywano kolumnę analityczną  $\mu$ Bondpack RP C<sub>18</sub>, 2 × 300 mm (Waters), z taką samą przedkolumną typu guard. Temperatura rozdziału wynosiła 25°C, elucja liniowym gradientem metanolu przebiegała w 0,025-procentowym kwasie ortofosforowym: 0-8 min – 20% metanolu, 8-12 min – 40% metanolu, 12-13 min – 60% metanolu, 13-15 min – 20% metanolu, detekcja UV<sub>280 nm</sub>. Charakterystyczne dla jabłek związki fenolowe (katechina, kwas chlorogenowy, epikatechina i florydzyina) oznaczano wykorzystując oprogramowanie Millennium<sup>32</sup>, metodą wzorców zewnętrznych.

*Pomiar parametrów barwy i zmętnienia.* Analizę parametrów barwy soku w systemie CIE L\*a\*b\* wykonywano spektrofotokolorymetrycznie, wykorzystując aparat Minolta CR 200. Na podstawie pomiarów wyliczano: zmianę parametrów barwy  $\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5}$  wyrażaną w jednostkach NBS i BI (indeks brązowienia). Zmętnienie soku (NTU) badano turbidymetrycznie (HACH Model 2100N) stosując wzorce zmętnienia HACH.

## WYNIKI I Dyskusja

Badaniami objęto wybrane dwie krajowe odmiany jabłek: 'Lobo' i 'Szampion'. W otrzymanym soku przecierowym oznaczono: aktywność oksydazy polifenolowej (PPO), aktywność przeciwutleniającą (TE), zawartość fenoli ogółem i zawartość niektórych monomerycznych związków fenolowych charakterystycznych dla jabłek. Sok z jabłek 'Lobo' charakteryzował się aktywnością PPO  $11 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-3}$ , natomiast sok z odmiany 'Szampion' około  $1 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Wyższą zawartością fenoli, w tym fenoli uznawanych za charakterystyczne dla jabłek, charakteryzował się sok z odmiany 'Szampion'. Jedyne on charakteryzował się znaczącą aktywnością przeciwutleniającą, odpowiadającą ok.  $24 \mu\text{M}$  Trolox (TE). Pasteryzowane do badań soki (patrz rozdz. Materiały i metody) były całkowicie pozbawione aktywności PPO, a pod względem aktywności przeciwutleniającej i zawartości fenoli nie różniły się w sposób znaczący od świeżych soków przecierowych z badanych odmian (tab. 1).

Tabela 1. Zmiany aktywności przeciwutleniającej i zawartości związków fenolowych w jednorodnym soku jabłkowym z odmiany 'Szampion' (Sz) i odmiany 'Lobo' (L), w czasie 5 miesięcy przechowywania

Table 1. Changes of antioxidant activity and phenolic compounds content in homogeneous apple juice from 'Szampion' (Sz) and 'Lobo' (L) variety, during 5 months of storage

Odmiana/czas przechowywania miesiące Variety/time of storage months	TE $\mu\text{M}$	Fenole, $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ soku Phenols, $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ of juice			
		ogółem total	katechina catechine	kwas chlorogenowy chlorogenic acid	epikatechina epicatechin
Sz / 0	24,3	2,36	0,012	0,126	0,1
Sz / 3	24	2,13	0,011	0,086	0,047
Sz / 5	14,4	1,9	0	0,052	0
L / 0	6,4	1,43	0,001	0,04	0,02
L / 3	3	1,13	0	0,002	0,012
L / 5	0	1,16	0,003	0,004	0,031

Aktywność przeciwutleniająca soku z odmiany 'Szampion' malała w czasie przechowywania po 5 miesiącach, natomiast odmiany 'Lobo' już po trzech miesiącach. W obu wypadkach zmniejszeniu aktywności przeciwutleniającej towarzyszył spadek stężenia fenoli ogółem, w tym także fenoli charakterystycznych dla jabłek.

Tabela 2 przedstawia zmiany parametrów barwy i zmętnienia w czasie przechowywania soków. W sokach z odmiany 'Szampion' zaobserwowano postępujące zmiany barwy ( $\Delta E^*_{ab}$ ) i brunatnienie (BI). Proces ten najintensywniej zachodził pomiędzy 3 i 5 miesiącem przechowywania. W badanym przedziale czasu zmętnienie soku nie uległo większym zmianom. Sok odmiany 'Lobo', wyjściowo o znaczącym BI, od początku przechowywania podlegał intensywnym zmianom parametrów barwy i postępującemu brunatnieniu. Najistotniejszą różnicą był intensywny przyrost zmętnienia (niemal 3-krotny wzrost NTU) w czasie przechowywania soku z jabłek odmiany 'Lobo'.

Tabela 2. Parametry barwy i zmętnienia jednorodnego soku jabłkowego z odmiany 'Szampion' (Sz) i 'Lobo' (L) w czasie 5 miesięcy przechowywania

Table 2. Colour and turbidity parameters of homogeneous apple juice from 'Szampion' (Sz) and 'Lobo' (L) variety during 5 months of storage

Odmiana/czas przechowywania miesiące Variety/time of storage months	L <sup>x</sup>	a <sup>x</sup>	b <sup>x</sup>	$\Delta E^*_{ab}$ NBS	BI	NTU
Sz / 0	52,95	3,62	19,28	–	48,8	1 041
Sz / 3	51,89	4,04	20,13	1,42	53,1	1 080
Sz / 5	46,93	6,99	23,41	8,04	77	1 184
L / 0	58,65	2,19	29,04	–	67,7	342
L / 3	56,32	4,12	28,23	3,13	71,6	412
L / 5	46,03	7,21	25,59	14,01	88,3	945

Dane literaturowe wskazują dwie podstawowe przyczyny brunatnienia soku jabłkowego: występowanie kwasu chlorogenowego i monomerycznych flawan-3-oli w porównywalnych stężeniach oraz aktywność PPO [Amiot i in. 1992, Coseterig i Lee 1987]. W wyjściowym soku z odmiany 'Szampion' pierwszy z warunków był spełniany, a w czasie przechowywania zawartość epikatechiny malała niemal do zera, natomiast zawartość kwasu chlorogenowego spadała ponad dwukrotnie. Pozostaje to w zgodzie z wcześniejszymi obserwacjami innych autorów [Łoś i in. 1996, Gasik i Horubała 1990]. Znacznie trudniej jest odnieść przedstawione powyżej przyczyny brunatnienia do soku z odmiany 'Lobo'. Wysoka wyjściowa aktywność PPO jabłek odmiany 'Lobo' tłumaczy jedynie niską zawartość fenoli w soku przygotowanym do przechowywania, nie wyjaśnia jednak dlaczego sok z odmiany 'Lobo' podlega w czasie przechowywania podobnym dynamicznym zmianom parametrów barwy jak sok z odmiany 'Szampion'. Biegańska-Marecik i Czapski [2003] stwierdzili częste występowanie podobnego braku korelacji aktywności PPO i zawartości związków fenolowych, badając przyczyny brunatnienia nisko przetworzonych jabłek różnych odmian. Należy sądzić, że przyczyn zmian parametrów barwy w podobnych wypadkach trzeba upatrywać w przemianach chemicznych bardziej spolimeryzowanych związków fenolowych (procyjanidyn, asocjatyw katechin i enolowych form kwasów fenolowych itp.). Podobne przyczyny może mieć stwierdzony brak korelacji zawartości fenoli, a w szczególności katechin, ze zmianami zmętnienia (NTU) [Renard i in. 2001, Van Buren 1989]. W soku z odmiany 'Szampion', pomimo niemal całkowitego zaniku epikatechiny w czasie przechowywania, nie rejestrowano większych zmian zmętnienia. W soku z odmiany 'Lobo', w którym wyjściowo występują minimalne ilości katechin, w czasie przechowywania następuje bardzo wyraźny wzrost zmętnienia. Jak należy sądzić i w tym wypadku decydujące znaczenie mają chemiczne przemiany procyjanidyn [Guyot i in. 2002].

Tabela 3 przedstawia wyniki badań parametrów biochemicznych soku mieszanego, przygotowanego z tej samej co soki badane uprzednio partii jabłek, w czasie jego rocznego przechowywania. W porównaniu z sokiem z odmiany 'Szampion', w wyjściowym

Tabela 3. Zmiany aktywności przeciwutleniającej i zawartości związków fenolowych w mieszanym soku jabłkowym z odmian ‘Szampion’ i ‘Lobo’ w czasie 12 miesięcy przechowywania  
 Table 3. Changes of antioxidant activity and phenolic compounds content in mixed apple juice from ‘Szampion’ and ‘Lobo’ varieties, during 12 months of storage

Czas przechowywania miesiące Time of storage months	TE $\mu\text{M}$	Fenole, $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ soku Phenols, $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ of juice			
		suma total	katechina catechine	kwask chlorogenowy chlorogenic acid	epikatechina epicatechin
0	19	1,7	0,016	0,084	0,042
3	21	1,6	0,018	0,049	0,035
6	19	1,5	0,012	0,046	0,040
9	18	1,5	0,027	0,046	0,055
12	17	1,3	0,020	0,047	0,065

soku mieszanym (80% odmiany ‘Szampion’ + 20% odmiany ‘Lobo’) występowało zauważalnie mniej związków fenolowych (tab. 1 i 3). Fenoli ogółem było o ok. 28% mniej, zawartość kwasu chlorogenowego była o ponad 33% niższa, a zawartość epikatechiny była niższa aż o ok. 58%. W czasie przechowywania soku mieszanego zawartość katechiny i epikatechiny nie ulegała większym zmianom, jedynie zawartość kwasu chlorogenowego zauważalnie malała. W całym okresie przechowywania aktywność przeciwutleniająca pozostała zachowana na praktycznie niezmiennym poziomie.

Dane przedstawione w tabeli 4 jednoznacznie wskazują, że w porównaniu z sokami z jednej odmiany, soki mieszane charakteryzowały się znacznie większą stabilnością parametrów barwy ( $\Delta E^*_{ab}$ ), indeksu brązowienia (BI) i zmętnieniem (NTU), nawet w ponad dwukrotnie dłuższym okresie przechowywania. Należy jednak zauważyć, że sok mieszany bezpośrednio po przygotowaniu charakteryzował się indeksem brązowienia znacznie wyższym niż sok z odmiany ‘Szampion’.

Tabela 4. Zmiany parametrów barwy i zmętnienia mieszanego soku jabłkowego z odmian ‘Szampion’ i ‘Lobo’ w czasie 12 miesięcy przechowywania  
 Table 4. Changes in colour and turbidity parameters of mixed apple juice from ‘Szampion’ and ‘Lobo’ varieties during 12 months of storage

Czas przechowywania miesiące Time of storage months	$L^x$	$a^x$	$b^x$	$\Delta E^*_{ab}$ NBS	BI	NTU
0	45,98	4,71	24,95	–	81,6	1 082
3	47,37	6,3	23,23	2,72	74,3	1 049
6	45,77	6,97	22,92	3,04	77,6	1 194
9	45	7,89	23,9	3,49	85	1 331
12	45,31	7,44	23,33	3,24	81,1	1 334

Zaprezentowane powyżej dane wskazują, że sok mieszany, otrzymany z odpowiednio dobranych odmian jabłek charakteryzował się w czasie przechowywania większą stabilnością fizyczną i biochemiczną w porównaniu z sokiem z pojedynczej odmiany. Fizycznymi objawami zwiększonej stabilności są mniej zmienne parametry barwy i stabilne zmętnienie, nawet w ponad dwukrotnie dłuższym okresie przechowywania. Także parametry biochemiczne soku mieszanego wskazują na jego większą stabilność. W czasie przechowywania ubytek związków fenolowych, w tym także kwasu chlorogenowego, w porównaniu z sokami z jednej odmiany, był wyraźnie mniejszy. Sugerujemy, że przyczyną tych różnic był cykl przemian związków fenolowych indukowany, w czasie przygotowywania soku, przez aktywność PPO soku z odmiany 'Lobo'. Pod ich wpływem reprezentatywne proste związki fenolowe soku z odmiany 'Szampion' (kwas chlorogenowy i epikatechina) ulegały utlenieniu a następnie wzajemnej asocjacji. Znaczna ich część była usuwana na etapie klarowania soku. W czasie przechowywania soku, pozbawionego części związków fenolowych i całkowicie aktywności PPO, dalsze procesy prowadzące do zmiany parametrów barwy i zmętnienia zachodziły mniej intensywnie.

W przechowywanym soku mieszanym, w przeciwieństwie do soków z poszczególnych odmian, zmiany aktywności przeciwutleniającej były minimalne. Jednocześnie w przechowywanym przez rok soku mieszanym zmiany zawartości fenoli ogółem były porównywalne do analogicznych zmian w sokach z poszczególnych odmian przechowywanych przez 5 miesięcy. Natomiast sumaryczne zmiany zawartości kwasu chlorogenowego i epikatechiny mogą mieć związek ze zmianami aktywności przeciwutleniającej. Łączna zmiana zawartości obu tych reprezentatywnych związków fenolowych w soku mieszanym była minimalna ( $0,014 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), natomiast w soku z odmiany 'Szampion' o ponad rząd wielkości większa ( $0,174 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ ).

## WNIOSKI

Sok mieszany (80% odmiany 'Szampion' i 20% odmiany 'Lobo'), w porównaniu z sokiem z odmiany 'Szampion', był w czasie długotrwałego przechowywania znacznie bardziej stabilny zarówno pod względem biochemicznym (zawartość fenoli, aktywność przeciwutleniająca), jak i fizycznym (parametry barwy, zmętnienie). Sugeruje to, że główną przyczyną tych różnic było indukowane aktywnością PPO ograniczenie zawartości kwasu chlorogenowego oraz epikatechiny w soku mieszanym. Zapewniona dodatkami soku z odmiany 'Lobo', zadawalającą aktywność PPO zainicjowała przemiany prowadzące do ograniczenia zawartości w soku mieszanym obu tych istotnych dla zmian barwy i zmętnienia związków. W czasie przechowywania soku mieszanego, w przeciwieństwie do soków z poszczególnych odmian, nie stwierdzono istotnego zmniejszenia aktywności przeciwutleniającej. Porównując zmiany aktywności przeciwutleniającej w czasie przechowywania badanych soków, sugeruje się jej zależność od łącznego poziomu ubytku epikatechiny i kwasu chlorogenowego.

## LITERATURA

- Amiot M.J., Tacchini M., Aubert S., Nicolas J., 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple and pear cultivars at maturity. *J. Food Sci.* 57, 958.
- Biegańska-Marecik R., Czapski J., 2003. Porównanie przydatności odmian jabłek do produkcji plasterów o małym stopniu przetworzenia. *Acta Sci. Pol. Technologia Alimentaria* 2 (2), 115-127.
- Bilyk A., Hicks K.B., Bills D.D., Sapers G.M., 1988. Application of HPLC and dual wavelength detection to the analysis of phenolic compounds in apples. *J. Liquid Chrom.* 11 (13), 2829-2841.
- Coseterig M.Y., Lee C.Y., 1987. Changes of apple polyphenoloxidase and phenol concentration to degree of browning. *J. Food Sci.* 52 (4), 985-989.
- Gasik A., Horubała A., 1990. Aktywność enzymów oksydoredukcyjnych (PPO i PO) oraz zawartość związków fenolowych a podatność na brunatnienie miazgi jabłkowej. *Przem. Spoż.* 8, 185-186, 191.
- Guyot S., Marnet N., Laraba D., Sanoner P., Drilleau J.F., 1998. Reversed-phase HPLC following thiolysis for quantitative estimation and characterization of the four main classes of a french cider apple variety (*Mal. domestica* var. Kermerrien). *J. Agric. Food Chem.* 46, 1698-1705.
- Guyot S., Le Bourvellec C., Marnet N., Drilleau J.F., 2002. Procyanidins are the most abundant polyphenols in dessert apples at maturity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 35, 289-291.
- Guyot S., Marnet N., Sanoner P., Drilleau J.F., 2003. Variability of the polyphenolic compounds of cider apple (*Malus domestica*) fruits and juices. *J. Agric. Food Chem.* 51, 6240-6247.
- Hałasińska A.G., Trzcińska M., Sieliwanowicz B., 2000. Oznaczenie aktywności przeciwutleniającej wybranych produktów żywnościowych z wykorzystaniem reakcji utleniania krocyny. Opracowanie metody i przykłady wykorzystania. *Pr. Lab. Bad. Przem. Spoż.* 55, 112-126.
- Hałasińska A.G., Trzcińska M., Sieliwanowicz B., 2001. Polyphenoloxidase from *Gliocladium virens*. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 10/51 (1), 25-30.
- Łoś J., Wilska-Jeszka J., Pawlak M., 1996. Enzymatic oxidation of polyphenols in fruit products and model solutions. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 5/46 (1), 83-92.
- Miller N.J., Diplock A.T., Rice-Evans C.A., 1995. Evaluation of the total antioxidant activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage. *J. Agric. Food Chem.* 43, 1794-1801.
- Oszmiański J., Lee C.Y., 1990. Enzymatic oxidative reaction of catechine and chlorogenic acid in a model system. *J. Agric. Food Chem.* 38, 1202-1204.
- Oszmiański J., 1995. Polifenole jako naturalne przeciwutleniacze w żywności. *Przem. Spoż.* 3, 94-96.
- Podsędek A., Wilska-Jeszka J., Anders B., Markowski J., 2000. Compositional characterization of some apple varieties. *Eur. Food Res. Technol.* 210 (4), 268-272.
- Renard C.M.G.C., Baron A., Goyot S., Drilleau J.F., 2001. Interaction between apple cell walls and native apple polyphenols: quantification and some consequences. *Int. J. Biol. Macromol.* 29, 115-125.
- Sanoner P., Guyot S., Marnet N., Molle D., Drilleau J.F., 1999. Polyphenol profiles of French cider apple varieties (*Malus domestica* sp.). *J. Agric. Food Chem.* 47, 4847-3853.
- Stopar M., Bolcina U., Vanzo A., Vrhovsek U., 2002. Lower crop load for cv. Jonagold apples (*Malus – domestica* Borkh.) increases polyphenol content and fruit quality. *J. Agric. Food Chem.* 50, 1643-1646.
- Van der Sluis A.A., Dekker M., de Jager A., Jongen W.M., 2001. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. *J. Agric. Food Chem.* 49, 3606-3013.
- Van Buren J.P., 1989. Causes and prevention of turbidity in apple juice. W: *Processed apple products*. Red. D.L. Downing. AVI Book New York, 97-120.



**CHANGES OF PHENOL COMPOUNDS CONTENT, COLOR PARAMETERS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY DURING STORAGE OF JUICES FROM SELECTED APPLE VARIETIES**

**Abstract.** The juice from mixture of apples comprised of 80% 'Szampion' variety (high phenol compounds content and high antioxidant activity) and 20% 'Lobo' variety (high polyphenol oxidase activity) was characterized during storage by a higher physical and biochemical stability in comparison with homogeneous juices obtained from the same, single apple varieties. It is suggested that the decrease of content of chlorogenic acid and epicatechine induced by polyphenol oxidase activity at the stage of mixed juice preparation, was the main cause for these differences. During one year storage of mixed juice, in contrast to the homogeneous juices stored during 5 months, their antioxidant activity was preserved at the same level whereas the decrease of phenol compounds content characteristic for apples was distinctly lower and refers mainly to chlorogenic acid.

**Key words:** apple juice, storage, phenol compounds, color parameters, antioxidant activity

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 31.03.2005 r.*

**Do cytowania - For citation:** Sieliwanowicz B., Halasińska A. G., Trzcńska M., Jakubowski A., Lipowski J., Skąpska S., 2005. Zmiany zawartości związków fenolowych, parametrów barwy i aktywności przeciwutleniającej w czasie przechowywania soków z wybranych odmian jabłek. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 4(1), 83-91.