

SYLWIA SKĄPSKA, BOGDAN SIELIWANOWICZ, URSZULA JASIŃSKA,  
LUBOMIŁA OWCZAREK, JANUSZ LIPOWSKI, MARIA TRZCIŃSKA,  
AURELIA HAŁASIŃSKA

**ZMIANY ZAWARTOŚCI NATURALNYCH PRZECIWUTLENIACZY  
ORAZ POJEMNOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCEJ ZACHODZĄCE  
W SUROWCU W TRAKCIE PROCESU OTRZYMYWANIA SOKU  
ZAGĘSZCZONEGO Z JABŁEK**

**Streszczenie**

Celem pracy było określenie zmian zawartości wybranych naturalnych przeciwutleniaczy oraz zmian pojemności przeciwutleniającej (PP), zachodzących w surowcu w poszczególnych procesach jednostkowych otrzymywania zagęszczonego soku jabłkowego.

Rozdrobnione jabłka odmian Szampion i Idared poddawano działaniu preparatu pektynolitycznego, a następnie tłoczono. Po odwirowaniu sok pasteryzowano i poddawano kolejno: ponownej obróbce preparatem pektynolitycznym, filtracji, mikrofiltracji i zagęszczaniu w wyparce. Po każdym etapie procesu technologicznego badano pojemność przeciwutleniającą z wykorzystaniem rodników ABTS<sup>•</sup> oraz DPPH<sup>•</sup> oraz zawartość: fenoli ogółem, wybranych związków fenolowych techniką HPLC i kwasu L-askorbinowego.

Początkowa pojemność przeciwutleniająca jabłek odmiany Szampion oraz Idared była na zbliżonym poziomie i wynosiła ok. 5,5 i 2,5  $\mu$ moli Troloxu/g ś.m., oznaczana odpowiednio z wykorzystaniem rodników ABTS<sup>•</sup> oraz DPPH<sup>•</sup>. Również zawartość fenoli ogółem w owocach obu odmian była podobna i wynosiła 2,4 mg/g ś.m. Kwas L-askorbinowy w ilości ok. 2 mg/kg stwierdzono jedynie w świeżych jabłkach odmiany Szampion. Duże zmniejszenie pojemności przeciwutleniającej obserwowano bezpośrednio po rozdrobieniu surowca, szczególnie w przypadku jabłek odmiany Idared, w których wyniosło ono aż 70%. Obniżanie pojemności przeciwutleniającej następowało również na etapie tłoczenia miazgi, filtracji oraz zagęszczania soku, natomiast obróbka enzymatyczna miazgi i soku, wirowanie, pasteryzacja oraz mikrofiltracja soku nie miały wpływu lub powodowały wzrost tego wskaźnika. Głównym związkiem fenolowym w świeżych jabłkach odmiany Idared był kwas chlorogenowy, natomiast w jabłkach odmiany Szampion – procyanidyna C1. Związki te dominowały na wszystkich etapach procesu technologicznego i w produkcie końcowym. W zagęszczonych sokach klarownych, otrzymanych z jabłek odmiany Szampion i Idared, pozostawało odpowiednio ok. 80 i 20% wyjściowej pojemności przeciwutleniającej owoców.

**Słowa kluczowe:** jabłka, sok zagęszczony, pojemność przeciwutleniająca, związki fenolowe

---

*Dr inż. S. Skąpska, dr hab. B. Sieliwanowicz, mgr inż. U. Jasińska, dr inż. L. Owczarek, mgr inż. J. Lipowski, dr hab. M. Trzcńska, mgr A. Hałasińska, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa*

## **Wprowadzenie**

Świadomi konsumenci coraz częściej oczekują produktów spożywczych zawierających składniki bioaktywne, korzystnie wpływające na funkcje organizmu. Z tego względu istotne jest zbadanie wpływu poszczególnych etapów procesu technologicznego na zachowanie tych komponentów. Związki fenolowe, występujące w wielu produktach roślinnych, stanowią ważną grupę naturalnych przeciwutleniaczy, cenionych ze względu na zdolność ograniczania szkodliwych dla zdrowia efektów stresu oksydacyjnego. W Polsce jednym z istotnych źródeł fenolowych przeciwutleniaczy w diecie są jabłka i produkty z nich otrzymywane. Główne związki fenolowe jabłek to kwasy fenolowe, flawonole, katechiny i proantocyjanidyny [3, 7, 9 - 12]. Dużą część zbiorów jabłek przerabia się na klarowny sok zagęszczony, służący następnie do odtworzenia soku jabłkowego do celów konsumpcyjnych. Otrzymywanie soku zagęszczonego jest procesem złożonym, obejmującym obróbkę mechaniczną, cieplną i enzymatyczną. Producenci, starając się uzyskać sok zagęszczony o jak najwyższej klarowności, jasnej barwie i stabilności, pozbawiają go większości fenoli, co negatywnie wpływa na zdolności przeciwutleniające produktu [4, 6, 10, 11].

Celem pracy było określenie zmian zawartości wybranych grup związków, znanych jako naturalne przeciwutleniacze, oraz zmian pojemności przeciwutleniającej (PP) zachodzących w surowcu, w poszczególnych procesach jednostkowych otrzymywania zagęszczonego soku jabłkowego oraz ich wpływu na jakość produktu końcowego.

## **Materiał i metody badań**

Materiał do badań stanowiły jabłka odmian Szampion i Idared, zakupione w Pomocniczym Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach.

Doświadczenia prowadzono w skali mikrotechnicznej na 50-kilogramowych partiach jabłek. Surowiec (S) rozdrabniano w młynku typu Rietza. Miazgę (M) poddawano obróbce preparatem pektynolitycznym Pectinex Smash XXL firmy Novozymes A/S w ilości 0,1 g/kg w temp. pokojowej przez 1 godz. Miazgę po pektolizie (MP) tłoczono w prasie warstwowej TP-2F Bucher-Guyer. Sok surowy (SS) odwirowywano w wirówce komorowej Kudlenberg i odpowietrzano w odpowietrzaczu próżniowym firmy Fryma. Odwirowany sok (SW) pasteryzowano w pasteryzatorze płytowym Alfa-Laval (temp. 91-93°C, 40-45 s). Sok po pasteryzacji (SP) poddawano: kolejnej obróbce preparatem Pectinex XXL firmy Novozymes A/S (0,35 g/l) przez 18 h w temp. 20±2°C (SPE), następnie filtracji przez filtr Carlsona wyposażony w płyty K7 z ziemią okrzemkową (SF), mikrofiltracji w urządzeniu firmy Sartorius z membranami celulozowymi o porach 0,45 µm (SM) i zagęszczano w wyparce odśrodkowej Centri-Therm CT-1B Alfa-Laval w temp. 55-58°C do stężenia 61,8 i 63,0°Bx, odpowiedniego dla soków z jabłek Szampion i Idared (SZ).

Na każdym etapie procesu technologicznego badano następujące parametry: sucha masa metodą suszarkową (surowiec, miazga), ekstrakt (soki), całkowita pojemność przeciwutleniająca (PP) w przeliczeniu na równoważniki Troloxu z wykorzystaniem rodników ABTS\* [5] i DPPH\* [14]; zawartość wybranych związków fenolowych oznaczano techniką HPLC, stosując chromatograf 515 Waters, wyposażony w kolumnę Symetri C18, 3,9 x 150 mm (Waters) z przedkolumną, detektor 2487 i termostat do kolumn, z oprogramowaniem Millennium<sup>32</sup>. Temp. kolumny w czasie rozdzielania wynosiła 25°C, elucję prowadzono wg liniowego gradientu metanolu w 0,025% kwasie ortofosforowym: 0-5 min – 16% metanolu, 5-17 min – 20% metanolu, 17-17,5 min – 35% metanolu, 17,5-18 min – 60% metanolu i 18-20 min - 16% metanolu. Związki fenolowe zidentyfikowano i oznaczano ilościowo przy 280 nm, wykorzystując metodę wzorców zewnętrznych. Zawartość fenoli ogółem oznaczano metodą Folina-Ciocalteu'a [8], a zawartość kwasu L-askorbinowego testem enzymatycznym [2].

W celu stwierdzenia czy dany etap procesu istotnie wpływał na zawartość związków fenolowych ogółem i pojemność przeciwutleniającą zastosowano test t-Studenta.

## Wyniki i dyskusja

Pojemność przeciwutleniająca (PP) jabłek związana jest przede wszystkim z obecnością związków fenolowych, gdyż nie zawierają one znaczących ilości innych znanych przeciwutleniaczy. W jabłkach odmiany Idared nie stwierdzono obecności kwasu L-askorbinowego, natomiast w jabłkach odm. Szampion występowała ona na poziomie ok. 2 mg/kg i zanikała już na etapie rozdrabniania surowca.

W tab. 1. przedstawiono zmiany zawartości związków fenolowych ogółem oraz PP w trakcie procesu technologicznego, w tab. 2. zamieszczono natomiast wyniki analizy wybranych składników fenolowych. Związki te stanowiły jedynie ok. 14% związków fenolowych ogółem oznaczanych w reakcji z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a, co świadczy o obecności w jabłkach obu odmian wielu nieoznaczonych metodą HPLC składników fenolowych.

Początkowa zawartość fenoli ogółem w świeżej masie owoców w jabłkach odmiany Szampion oraz Idared była podobna i wynosiła 2,4 mg/g. Również PP jabłek obu odmian była na zbliżonym poziomie i wynosiła ok. 1,4 i 0,6 mg Troloxu/g ś.m., odpowiednio z wykorzystaniem rodników ABTS\* oraz DPPH\*. Głównym związkiem fenolowym w świeżych jabłkach odmiany Idared był kwas chlorogenowy, natomiast w jabłkach odmiany Szampion – procyanidyna C1. Związki te dominowały również w produktach pośrednich na wszystkich etapach procesu otrzymywania soku zagęszczonego i w produkcie końcowym.

Tabela 1

Zawartość związków fenolowych ogółem oraz pojemność przeciwutleniająca w próbach pobieranych w kolejnych etapach produkcji zagęszczonego soku jabłkowego.  
Total phenolics content and antioxidant capacity level measured during the subsequent phases of manufacturing the concentrated apple juice.

Próbka Sample	'Szampion'						'Idared'					
	Zawartość związków fenolowych ogółem Total phenolics content		Pojemność przeciwutleniająca Antioxidant capacity				Zawartość związków fenolowych ogółem Total phenolics content		Pojemność przeciwutleniająca Antioxidant capacity			
			ABTS		DPPH				ABTS		DPPH	
	[mg/g ś.m.] [mg/g f.w.]	[mg/g s.m.] [mg/g d.w.]	[mg/g ś.m.] [mg/g f.w.]	[mg/g s.m.] [mg/g d.w.]	[mg/g ś.m.] [mg/g f.w.]	[mg/g s.m.] [mg/g d.w.]	[mg/g ś.m.] [mg/g f.w.]	[mg/g s.m.] [mg/g d.w.]	[mg/g ś.m.] [mg/g f.w.]	[mg/g s.m.] [mg/g d.w.]	[mg/g ś.m.] [mg/g f.w.]	[mg/g s.m.] [mg/g d.w.]
S	2,40	16,93	1,42	9,99	0,63	4,46	2,40	16,58	1,35	9,30	0,60	4,16
M	2,41	16,95	1,13*	7,98*	0,50*	3,54*	1,26*	8,66*	0,42*	2,89*	0,22*	1,51*
MP	2,55*	17,35*	1,22*	8,29*	0,56*	3,96*	1,32	9,23	0,43	2,99	0,22	1,54
SS	2,67*	21,52*	1,00*	8,09	0,48*	3,86	1,50*	12,79*	0,28*	2,40*	0,16*	1,39*
SW	2,65	21,40	1,03	8,30	0,36*	2,95*	1,53	13,20	0,25	2,18	0,11*	0,93*
SP	2,54	21,01	1,03	8,48	0,45*	3,72*	1,55	13,33	0,29	2,48	0,17*	1,44*
SPE	1,91*	15,92*	1,08*	9,02*	0,53	4,38*	1,29*	11,04*	0,37*	3,17*	0,21*	1,82*
SF	1,97	16,68	0,88*	7,49*	0,40*	3,44*	1,14*	9,71*	0,24*	2,03*	0,16*	1,33*
SM	1,89	16,85	0,93*	8,34*	0,45	4,02*	1,12	9,68	0,31*	2,65*	0,19*	1,64*
SZ	10,21	16,53	4,72*	7,64*	2,14*	3,45*	6,15*	9,76	1,31*	2,07*	0,56*	0,88*

Objaśnienia:/Explanatory notes:

S - surowiec / raw material; M - miążga / pulp; MP-miążga po pektolizie / enzymed pulp; SS - sok surowy / raw juice; SW - sok po odwirowaniu / centrifuged juice; SP - sok po pasteryzacji / pasteurized juice; SPE - sok pasteryzowany po obróbce enzymatycznej / juice pasteurized after having been enzymed; SF - sok po filtracji / filtered juice; SM - sok po mikrofiltracji / micro-filtered juice; SZ - sok zagęszczony / concentrated juice.

\* Wartości średnie w danym wierszu są statystycznie istotnie różne ( $p \leq 0,05$ ) od wartości zamieszczonych w wierszu poprzedzającym;

\* Mean values in individual lines are significantly different ( $p \leq 0.05$ ) from the values appearing in the preceding line.

Tabela 2

Zawartość wybranych związków fenolowych w próbach pobieranych w kolejnych etapach produkcji zagęszczonego soku jabłkowego.  
Content of some phenolic compounds measured during the subsequent phases of manufacturing the concentrated apple juice.

Próbka Sample	'Szampion'										'Idared'									
	(+)katechina (+)catechin		procyjanidyna B2 procyanidin B2		procyjanidyna C1 procyanidin C1		kwas chlorogenowy chlorogenic acid		(-)epikatechina (-)epicatechin		(+)katechina (+)catechin		procyjanidyna B2 procyanidin B2		procyjanidyna C1 procyanidin C1		kwas chlorogenowy chlorogenic acid		(-)epikatechina (-)epicatechin	
	[mg/g ś.m]	[mg/g s.m.]	[mg/g ś.m]	[mg/g s.m.]	[mg/g ś.m]	[mg/g s.m.]	[mg/g ś.m]	[mg/g s.m.]	[mg/g ś.m]	[mg/g s.m.]	[mg/g ś.m]	[mg/g s.m.]	[mg/g ś.m]	[mg/g ś.m]	[mg/g ś.m]	[mg/g s.m.]	[mg/g ś.m]	[mg/g s.m.]	[mg/g ś.m]	[mg/g s.m.]
	[mg/g f.w.]	[mg/g d.w.]	[mg/g f.w.]	[mg/g d.w.]	[mg/g f.w.]	[mg/g d.w.]	[mg/g f.w.]	[mg/g d.w.]	[mg/g f.w.]	[mg/g d.w.]	[mg/g f.w.]	[mg/g d.w.]	[mg/g f.w.]	[mg/g d.w.]	[mg/g f.w.]	[mg/g d.w.]	[mg/g f.w.]	[mg/g d.w.]	[mg/g f.w.]	[mg/g d.w.]
S	0,027	0,190	0,074	0,521	0,129	0,908	0,041	0,289	0,075	0,528	0,040	0,276	0,071	0,490	0,069	0,476	0,115	0,793	0,049	0,338
M	0,018	0,126	0,048	0,334	0,070	0,491	0,041	0,289	0,062	0,439	0,005	0,034	0,006	0,043	0,011	0,074	0,026	0,179	0,006	0,04
MP	0,018	0,125	0,051	0,350	0,067	0,453	0,048	0,324	0,060	0,405	0,005	0,035	0,011	0,078	0,018	0,125	0,041	0,289	0,021	0,147
SS	0,012	0,097	0,047	0,379	0,053	0,427	0,043	0,347	0,041	0,331	0,006	0,051	0,012	0,103	0,018	0,154	0,046	0,393	0,011	0,094
SW	0,018	0,145	0,056	0,452	0,068	0,548	0,055	0,443	0,059	0,476	0,005	0,043	0,012	0,103	0,013	0,112	0,028	0,241	0,005	0,043
SP	0,018	0,149	0,065	0,537	0,087	0,719	0,053	0,438	0,063	0,521	0,003	0,026	0,007	0,060	0,014	0,121	0,033	0,284	0,009	0,078
SPE	0,012	0,100	0,045	0,375	0,055	0,458	0,034	0,283	0,038	0,317	0,009	0,077	0,014	0,120	0,02	0,171	0,047	0,402	0,013	0,111
SF	0,009	0,076	0,035	0,297	0,038	0,322	0,033	0,280	0,036	0,305	0,004	0,034	0,006	0,051	0,015	0,128	0,041	0,35	0,011	0,094
SM	0,011	0,098	0,042	0,375	0,047	0,420	0,034	0,304	0,04	0,357	0,006	0,052	0,011	0,095	0,011	0,095	0,033	0,284	0,008	0,069
SZ	0,082	0,133	0,351	0,568	0,471	0,762	0,241	0,390	0,33	0,534	0,052	0,082	0,074	0,118	0,067	0,106	0,273	0,433	0,053	0,084

Oznaczenia jak w tab. 1. / Denotations – see Tab. 1.

Bezpośrednio po rozdrobieniu surowca, w przypadku jabłek odmiany Idared, zaobserwowano 48% obniżenie zawartości związków fenolowych ogółem i towarzyszące mu ponad 60% obniżenie PP. Jednocześnie drastycznemu obniżeniu, o ok. 80-90%, uległo stężenie wszystkich pięciu badanych związków fenolowych. W trakcie rozdrabniania jabłek odmiany Szampion zawartość związków fenolowych ogółem nie uległa obniżeniu, jednak zmniejszyło się stężenie (+)katechiny, (-)epikatechiny oraz ich pochodnych: procyjanidyn B2 i C1, nie zaobserwowano natomiast zmiany stężenia kwasu chlorogenowego, a obniżenie PP było mniejsze, chociaż statystycznie istotne ( $p \leq 0,05$ ), w odróżnieniu od jabłek Idared. Obserwowane duże zmiany w składzie związków fenolowych w jabłkach odmiany Idared można przypisać wysokiej, ponad 13-krotnie wyższej niż w jabłkach odmiany Szampion, aktywności oksydazy polifenolowej.

W wyniku obróbki enzymatycznej miazgi preparatem pektynolitycznym jedynie w przypadku jabłek odmiany Szampion zaobserwowano niewielki, chociaż istotny, wzrost zawartości związków fenolowych ogółem i pojemności przeciwutleniającej. Badane związki fenolowe na tym etapie obróbki były w większości stabilne. W soku surowym zawartość związków fenolowych była wyższa niż w miazdze, co wskazuje na wydajny proces ekstrakcji rozpuszczalnej w wodzie frakcji tych składników w procesie tłoczenia, stwierdzono jednak niewielki spadek PP. Również proces obróbki enzymatycznej soku spowodował wzrost PP, pomimo istotnego zmniejszenia zawartości fenoli. W soku z jabłek Szampion stwierdzono wyraźny spadek wszystkich badanych związków fenolowych.

Odwierowywanie soku nie miało znaczącego wpływu na zawartość składników fenolowych i pojemność przeciwutleniającą oznaczaną z rodnikami ABTS\*, nastąpiło jednak obniżenie tej wartości mierzonej za pomocą rodników DPPH\*. Filtracja w sposób istotny wpłynęła na obniżenie PP, czemu towarzyszyło jednak stosunkowo nieznaczne (o 11%) obniżenie zawartości związków fenolowych ogółem w soku z jabłek Idared, natomiast w soku z jabłek Szampion na tym etapie obróbki nie stwierdzono zmiany tego parametru. Wydajność usuwania poszczególnych badanych związków fenolowych w wyniku filtracji była różna: największe ubytki stwierdzono w przypadku (+)katechiny i obu procyjanidyn, natomiast najmniejsze w przypadku kwasu chlorogenowego i (-)epikatechiny. Soki poddane mikrofiltracji, pomimo zachowania wyjściowego stężenia fenoli ogółem, wykazywały zwiększoną PP.

Obróbka cieplna soków – pasteryzacja i zagęszczanie – nie miała wpływu na ogólną zawartość fenoli (w przeliczeniu na suchą masę), zaobserwowano natomiast zmiany w udziale poszczególnych badanych związków. W większości przypadków wzrosła zawartość czterech analizowanych składników, wyjątkiem było obniżenie stężenia (+)katechiny i procyjanidyny B2 w wyniku pasteryzacji soku z jabłek Idared. Przemiany związków fenolowych zachodzące w warunkach podwyższonej temperatury są wielokierunkowe i zależą zarówno od struktury cząsteczki, jak i składu

chemicznego matrycy. Oprócz degradacji cieplnej niektórych składników może następować również uwalnianie monomerycznych fenoli z połączeń glikozydowych. Z kolei Dietrich i wsp. [1] wzrost zawartości niektórych związków fenolowych w wyniku obróbki cieplnej soku jabłkowego tłumaczyli redukcją chinonów obecnych w soku. Wzrost zawartości kwasu chlorogenowego i neochlorogenowego obserwowano również po pasteryzacji przecieru brzoskwińskiego [13]. PP soków w wyniku pasteryzacji wzrastała, a w wyniku zagęszczania malała, co również świadczy o złożoności przemian w obrębie tworzących ją składników fenolowych zachodzących pod wpływem ciepła. W soku zagęszczonym z jabłek odmiany Szampion, w przeliczeniu na suchą masę, odzyskano prawie 80% wyjściowej PP surowca, natomiast z jabłek Idared jedynie ok. 20%.

### Wnioski

1. Zachowanie związków fenolowych oraz pojemności przeciwutleniającej w klarownym soku jabłkowym było zależne od przetwarzanej odmiany jabłek. W przypadku jabłek odmiany Szampion, w produkcie końcowym stwierdzono prawie nie zmienioną zawartość fenoli ogółem oraz ok. 80% pojemności przeciwutleniającej surowca, w przypadku jabłek odmiany Idared straty fenoli ogółem oraz pojemności przeciwutleniającej wynosiły odpowiednio ok. 40 i 80%.
2. Obniżenie pojemności przeciwutleniającej następowało na etapie rozdrabniania surowca, tłoczenia miazgi, filtracji oraz zagęszczania soku, natomiast obróbka enzymatyczna miazgi i soku, wirowanie, pasteryzacja oraz mikrofiltracja soku nie zmieniały lub powodowały wzrost wartości tego parametru.
3. Spośród pięciu badanych związków fenolowych w jabłkach odmiany Szampion dominowała procyjanidyna C1, natomiast w jabłkach odmiany Idared – kwas chlorogenowy. Pomimo zmian w stężeniu badanych związków w trakcie procesu otrzymywania soku zagęszczonego, ich wzajemne proporcje nie uległy zasadniczym zmianom.

*Pracę wykonano w ramach projektu PBZ-KBN-094/P06/2003/04 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.*

### Literatura

- [1] Dietrich H., Rechner A., Patz C. D., Böhm V., Bitsch I., Netzel M.: Einfluss der Verarbeitung auf die phenolischen Antioxidantien von Apfelsäften. *Deutsch. Lebensmitt. Rundsch.*, 2003, **99** (1), 1-11
- [2] L-ascorbic acid. Colorimetric method. Test Boehringer Mannheim nr kat. 409 677
- [3] Miller N.J., Diplock A.T., Rice-Evans C.A.: Evaluation of the total antioxidant activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, **43**, 1794-1801.

- [4] Mitek M., Drzazga B.: Interrelation between the effect of enzymatic clarification of apple juices and the amount and quality of polyphenols. Part II. Changes of polyphenols during the production of apple juice and their effect on pectinolysis. *Acta Alim. Pol.*, 1989, **39** (1), 3-13.
- [5] Re R., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.*, 1999, **26** (9/10), 1231-1237.
- [6] Schols H.A., In't Veld P.H., van Delen W., Voragen A.G.: The effect of the manufacturing method on the characteristics of apple juice. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 1991, **192**, 142-148.
- [7] Sieliwanowicz B., Hałasińska A.G., Trzcńska M., Jakubowski A., Lipowski J., Skapska S.: Zmiany zawartości związków fenolowych, parametrów barwy i aktywności przeciwutleniającej w czasie przechowywania soków z wybranych odmian jabłek. *Acta Sci. Pol., Technol., Aliment.*, 2005, **4** (1), 83-91.
- [8] Singleton V.L., Rossi J.A., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1965, 16, 144-158.
- [9] Van der Sluis A.A., Dekker M., de Jager A., Jongen W.M.F.: Activity and concentration of polyphenolic antioxidant in apple: Effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49** (8), 3606-3613.
- [10] Van der Sluis A.A., Dekker M., Skrede G., Jongen W.M.F.: Activity and concentration of polyphenolic antioxidant in apple juice. 1. Effect of existing production methods. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **50** (25), 7211-7219.
- [11] Van der Sluis A.A., Dekker M., Skrede G., Jongen W.M.F.: Activity and concentration of polyphenolic antioxidant in apple juice. 2. Effect of novel production methods. *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52** (10), 2840-2848.
- [12] Spanos G.A., Wrolstad R.E., Heatherbell D.A.: Influence of processing and storage on the phenolic composition of apple juice. *J. Agric. Food Chem.* 1990, **38** (7), 1572-1579.
- [13] Talcott S.T., Howard L.R., Brenes C.H.: Contribution of periderm material and blanching time to the quality of pasteurized peach puree. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48** (10), 4590-4596.
- [14] Yen G.-C., Chen H.-Y.: Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, **43** (1), 21-32.

#### CHANGES IN THE NATURAL ANTIOXIDANT CONTENT IN AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF CONCENTRATED APPLE JUICE OCCURRING DURING THE MANUFACTURING PROCESS

##### S u m m a r y

The objective of the study was to determine changes in the content of some selected antioxidants and in the levels of antioxidant capacity (AC) occurring during individual phases of a process of manufacturing the concentrated apple juice.

Crushed apples of two cultivars Szampion and Idared, were first enzymed using a pectolytic preparation, and, next pressed. The centrifuged juice obtained was pasteurized, once more enzymed using a pectolytic preparation, and filtered, micro-filtered, and concentrated using an evaporator. After each individual phase of the technological process, the following parameters were determined: the level of antioxidant capacity using ABTS<sup>•</sup> and DPPH<sup>•</sup> radicals; the total content of phenolics, the total content of some selected phenolic compounds using a HPLC technique, and the total content of l-ascorbic acid.

The initial AC levels in the Szampion and Idared apple cultivars were similar, and amounted to about 5.5 and 2.5  $\mu\text{mol}$ s of Trolox in 1 g f.w.; the AC levels were determined using ABTS<sup>•</sup> and DPPH<sup>•</sup> radicals, respectively. The total phenolics contents in apples of the two cultivars were also similar, and amounted to 2.4 mg/g f.w. The L-ascorbic acid content of 2 mg/kg was found only in fresh Szampion apples. It was



noted that immediately after the apples had been crushed, their AC levels became highly reduced, especially in the Idared apples, in which the AC level was by 70% decreased. Furthermore, the AC levels were reduced during the phase of: apple pulp pressing, juice filtrating, and juice concentrating, whereas the treatment phases of enzyming the apple pulp and juice, juice centrifuging, pasteurizing and micro-filtering did not affect the AC levels nor caused any increase therein. The main phenolic compound in fresh Idared apples was chlorogenic acid, and, as for the Szampion apples, procyanidin C1. These two compounds also predominated during all the process phases, as did they in the final product. Clear juice concentrates obtained from the Szampion and Idared varieties contained approximately 80% and 20%, respectively, of the initial AC level as found in the fruit used to manufacture the juice concentrate.

**Key words:** apples, concentrated juice, antioxidant capacity, phenolic compounds ☒