

ZMIANY ILOŚCIOWE WYBRANYCH SKŁADNIKÓW CHEMICZNYCH W PROCESIE MROŻENIA I ZAMRAŻALNICZEGO SKŁADOWANIA GŁÓWNYCH I BOCZNYCH RÓŻ BROKUŁA

Piotr Gębczyński

Streszczenie. Oceniono wpływ rodzaju części użytkowej (róże główne i boczne) oraz procesu technologicznego mrożenia i zamrażalniczego składowania na zawartość składników chemicznych istotnych dla jakości brokuła. Róże boczne charakteryzowały się większą zawartością suchej masy, azotu ogółem, witaminy C, chlorofilu, beta-karotenu i karotenoidów oraz mniejszą zawartością azotanów. Zawartość azotu białkowego w obydwu rodzajach róz była zbliżona. Zmiany analizowanych składników w procesie technologicznym podczas przechowywania mrozonek miały podobny przebieg w produktach otrzymanych z róz głównych i z róz bocznych.

Słowa kluczowe: brokuł, róże główne, róże boczne, zamrażanie, skład chemiczny

WSTĘP

Brokuł (*Brassica oleracea* var. *italica*) jest warzywem należącym do roślin kapustnych. Warzywo to w ostatnich kilkunastu latach zyskuje na znaczeniu ze względu na swoje właściwości sensoryczne takie, jak atrakcyjny zapach oraz łagodny smak, a także rozpoznane, korzystne oddziaływanie na organizm człowieka [Martinez-Tome i in. 2001, Murcia i in. 1999]. Róże brokuła charakteryzują się dużą zawartością przede wszystkim witaminy C, błonnika pokarmowego oraz glukozynolanów [Steinmetz i Potter 1996]. Pod względem żywieniowym cennymi składnikami warzyw są również substancje białkowe, a warzywa kapustne są uważane za rośliny zasobne w te składniki. Brokuł jest polecany do bezpośredniego spożycia bądź do konserwowania, przede wszystkim mrożenia, a także jako składnik wzbogacający takie produkty, jak pieczywo specjalne i wyroby garmazeryjne [Lisiewska 1986, Martinez-Tome i in. 2001]. Krajowe badania konsumenckie wykazały, że w warunkach Polski brokuł ciągle jest zaliczany do warzyw mało popularnych [Babicz-Zielińska 1999]. Przyczyną może być to, że brokuł jest warzywem typowo sezonowym, o krótkiej przydatności do konsumpcji ze względu na szybkie wędnięcie [Barth i in. 1992, King i Morris 1994].

Uprawa brokuła jest prowadzona przede wszystkim w celu uzyskania plonu w postaci róz głównych [Rutkowska 1996]. Jednak pozostawienie roślin na polu po ich wycięciu pozwala na wytworzenie przez rośliny róz bocznych, które mogą stanowić do 30% plonu całkowitego [Gomes i Rosa 2000]. Jak wynika ze stosunkowo nielicznych prac, róże boczne mogą mieć bogatszy skład chemiczny niż róże główne [Gomes i Rosa 2000, Lisiewska 1986].

Celem pracy była ocena wpływu rodzaju części użytkowej (róże główne i boczne) oraz procesu technologicznego zamrażania i zamrażalniczego składowania na zawartość w materiale świeżym i w mrożonkach istotnych dla jakości brokuła wyróżników składu chemicznego.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym był brokuł odmiany 'Skiff F₁' uprawiany na glebie brunatnej właściwej, wytworzonej z utworów lessowych, o składzie mechanicznym pyłu ilastego. Uprawę prowadzono w drugim roku po nawożeniu obornikiem, z zastosowaniem odpowiednich dawek nawozów mineralnych. Nawozy potasowe i fosforowe zastosowano jesienią w roku poprzedzającym uprawę oraz przed wysadzeniem rozsady, w łącznych dawkach 150 kg K₂O·ha⁻¹ i 80 kg P₂O₅·ha⁻¹. Azot zastosowano trzykrotnie, w dawkach po 40 kg N·ha⁻¹, w tym pierwszy raz w trakcie wiosennego przygotowania pola oraz w 3 i 5 tygodniu uprawy. Róże główne zebrano na początku września, w 56 dniu od wysadzenia rozsady, a róże boczne po kolejnych 30 dniach wegetacji. Udział róz bocznych w plonie całkowitym brokuła przekroczył 22%. Do analiz i dalszego przetworu wykorzystano po 30 róz obu rodzajów.

Mrożenie brokuła przeprowadzono w ciągu 2 godzin od zbioru. Proces technologiczny obejmował mycie, podział na różyczki o średnicy 5-6 cm i długości 5 cm, blanszowanie w wodzie w temp. 96-98°C przez 2,5 min oraz chłodzenie i osuszanie. Próby mrożono w komorze owiewowej Feutron 3626-51, w temperaturze -35°C w ciągu 50 min. Zamrożony produkt pakowano do woreczków z folii polietylenowej i przechowywano w komorze zamrażalniczej w temp. -26 do -28°C, gdzie mrożonka była składowana przez 6 miesięcy.

W surowcu świeżym, surowcu po blanszowaniu, mrożonkach bezpośrednio po zamrożeniu oraz po 3 i 6 miesiącach przechowywania określono poziom następujących wyróżników fizyko-chemicznych: suchej masy [AOAC 1984], azotu ogółem metodą Kjeldahla [AOAC 1984], azotu białkowego metodą z zastosowaniem wytrącania substancji białkowych roztworem kwasu trójchlorooctowego (TCA) o końcowym stężeniu 5%, a następnie oznaczeniu azotu w otrzymanym osadzie metodą Kjeldahla, witaminy C [ISO 6557 1984], azotanów i azotynów [ISO 6635], chlorofilu i karotenoidów metodą spektrofotometryczną [Wettstein 1957] oraz beta-karotenu metodą chromatografii kolumnowej [PN-90/A-75101/12]. Analizy wykonano w dwóch próbach po cztery powtórzenia. Dla oceny zróżnicowania pomiędzy średnimi przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji z zastosowaniem testu t Studenta dla rodzaju róz i testu Q Tukeya dla etapu obróbki.

WYNIKI I Dyskusja

W tabeli 1 przedstawiono zawartość suchej masy w świeżych, blanszowanych i mrożonych głównych i bocznych różach brokuła. Poziom tego wyróżnika w materiale świeżym był zgodny z danymi zawartymi w literaturze, gdzie najczęściej wartości mieszczą się w przedziale 9-12 g·100 g⁻¹ [Lisiewska 1986, Lisiewska i Kmiecik 1996, Murcia i in. 1999]. Róże boczne charakteryzowały się istotnie wyższym poziomem suchej substancji niż róże główne, a różnica ta wynosiła 13%. Na zróżnicowanie zawartości suchej masy pomiędzy różami głównymi i bocznymi zwracała uwagę już Lisiewska [1986], przy czym w jej badaniach różnice nie przekroczyły 10% i były spowodowane przede wszystkim większą zawartością cukrów i białka surowego. W trakcie blanszowania odnotowano obniżenie poziomu tego wyróżnika o 15-17%. Większe zmiany w procesie technologicznym stwierdzono w różach bocznych, ponieważ mrożonki z tego materiału zawierały już tylko o 9-10% więcej suchej masy niż mrożone róże główne.

Tabela 1. Zawartość suchej masy w surowcu i w mrożonkach z brokuła, g·100 g⁻¹
Table 1. Contents of dry matter in raw material and frozen broccoli, g·100 g⁻¹

Część użytkowa Usable part	Surowiec Raw material		Mrożonka po przechowywaniu przez: Frozen broccoli after storage:		
	świeży fresh	blanszowany blanched	0 miesięcy 0 months	3 miesiące 3 months	6 miesięcy 6 months
Róże główne Primary inflorescences	10,40a	8,90b	8,97b	9,01b	9,08b
Róże boczne Secondary inflorescences	11,87a	9,73b	9,77b	9,86c	9,90c

a, b, c – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p < 0,05$).
a, b, c – values in the same row with different letters are significantly different ($p < 0,05$).

Poziom wybranych składników azotowych w brokule, w zależności od rodzaju róż i etapu przerobu, przedstawiono w tabeli 2. Zawartość azotu ogółem była istotnie większa w różach bocznych niż w różach głównych. Natomiast poziom azotu białkowego był zbliżony. Oznaczone ilości azotu są zgodne z danymi prezentowanymi w literaturze [King i Morris 1994, Murcia i in. 1999]. Po blanszowaniu odnotowano, w zależności od rodzaju róż, ubytki azotu ogółem o 17-21%. Zmiany te, spowodowane wyłukiwaniem rozpuszczalnych składników azotowych, w połączeniu z obniżeniem poziomu suchej masy, były przyczyną zwiększenia się w brokule udziału azotu białkowego o 4% w stosunku do świeżej masy i o 23-28% w przeliczeniu na suchą masę (tab. 4).

Brokuł, pomimo że należy do roślin krzyżowych charakteryzujących się na ogół znaczną tendencją do gromadzenia azotanów a ponadto szybkim wzrostem, w częściach użytkowych kumuluje niewielkie ilości azotanów. Poziom tego składnika w różach głównych (tab. 2) był zbliżony do wykazanego przez Kmiecika i Budnik [1997]. W badaniach nad wieloma innymi odmianami, po zastosowaniu podobnego poziomu nawożenia azotem, Lisiewska i Kmiecik [1996] a także Zebarth i in. [1995] stwierdzili

Tabela 2. Zawartość azotu ogółem i azotu białkowego, $g \cdot 100g^{-1}$ św.m. oraz azotanów, $mg NO^{-3} \cdot 1 kg^{-1}$ św.m. w surowcu i mrożonkach z brokuła
 Table 2. Contents of total and protein nitrogen, $g \cdot 100 g^{-1}$ f.m. and nitrates, $mg NO^{-3} \cdot 1 kg^{-1}$ f.m. in raw material and frozen broccoli

Składnik Component	Część użytkowa Usable part	Surowiec Raw material		Mrożonka po przechowywaniu przez: Frozen broccoli after storage:		
		świeży fresh	blanszowany blanched	0 miesięcy 0 months	3 miesiące 3 months	6 miesięcy 6 months
N ogółem Total N	róże główne primary inflorescences	0,65a	0,54b	0,54b	0,55b	0,56b
	róże boczne secondary inflorescences	0,77a	0,61b	0,60b	0,60b	0,59b
N białko- wy Protein N	róże główne primary inflorescences	0,45a	0,47b	0,47b	0,48b	0,48b
	róże boczne secondary inflorescences	0,47a	0,49b	0,50b	0,50b	0,51b
Azotany Nitrates	róże główne primary inflorescences	104,6a	98,1b	96,6bc	92,0c	84,1d
	róże boczne secondary inflorescences	59,6a	58,3ab	58,0ab	56,4ab	54,9b

a, b, c – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p < 0,05$).
 a, b, c – values in rows with different letters are significantly different ($p < 0,05$).

w różach głównych nieco mniejsze zawartości azotanów, mieszczące się w przedziale 60-90 mg/kg. Zebarth i in. [1995] zwracają uwagę, że po większych dawkach nawozów azotowych poziom azotanów może jednak sięgać w tym warzywie do 150-200 mg/kg świeżej masy. Natomiast w omawianej pracy stwierdzono w różach bocznych znacząco mniejszą, bo o około 40%, zawartość tego składnika niż w różach głównych. W trakcie blanszowania i mrożenia brokuła odnotowano stosunkowo niewielkie zmiany ilościowe azotanów. W stosunku do świeżej masy polegały one na stopniowym zmniejszaniu się ich zawartości. Po 6 miesiącach przechowywania, w porównaniu z surowcem, mrożone róży główne miały o 20% mniej azotanów, a róży boczne o 8%. Podobne zmiany w świeżej masie, wywołane procesem technologicznym mrożenia i przechowywania mrożonek z kapusty brukselskiej i brokuła, obserwowali Lisiewska i Kmieciak [1989, 1996]. W przeliczeniu na suchą masę, po blanszowaniu obserwowano wzrost poziomu azotanów, który nie przekroczył jednak 20% wyjściowej zawartości. Jak podkreślają Huarte-Mendicoa i in. [1997] jednym z czynników wywołujących ten przyrost może być nadmierna zawartość azotanów w wodzie użytej do blanszowania. Przy podobnym jak w pracy obniżeniu poziomu suchej masy wymienieni autorzy, prowadząc blanszowanie w warunkach przemysłowych, odnotowali nawet ponad dwukrotny wzrost zawartości tych składników w suchej masie. W analizowanym brokule, na żadnym z etapów oceny, nie stwierdzono wykrywalnych ilości azotynów.

Zawartość witaminy C w świeżym, blanszowanym i mrożonym brokule przedstawiono w tabelach 3 i 4. W stosunku do świeżej masy zawartość witaminy C w różach bocznych była na każdym etapie analizy istotnie większa niż w różach głównych. W surowcu

Tabela 3. Zawartość witaminy C, chlorofilu, karotenoidów i beta-karotenu w surowcu i mrożonkach z brokoła, mg·100 g⁻¹ sw.m.Table 3. Contents of vitamin C, chlorophyll, carotenoids and beta-carotene in raw material and frozen broccoli, mg·100 g⁻¹ f.m.

Składnik Component	Część użytkowa Usable part	Surowiec Raw material		Mrożonka po przechowywaniu przez: Frozen broccoli after storage:		
		świeży fresh	blanszowany blanched	0 miesięcy 0 months	3 miesiące 3 months	6 miesięcy 6 months
Witamina C Vitamin C	różę główne primary inflorescences	114,4a	80,3b	78,1b	70,1c	59,8d
	różę boczne secondary inflorescences	129,7a	87,3b	83,5b	74,5c	63,5d
Chlorofil Chloro- phyll	różę główne primary inflorescences	14,2a	12,1b	12,0b	11,6c	11,1d
	różę boczne secondary inflorescences	22,5a	19,0b	19,2b	18,7c	18,0d
Karoteno- idy Carote- noids	różę główne primary inflorescences	5,1a	4,8a	4,8a	4,6b	4,3c
	różę boczne secondary inflorescences	6,6a	6,4a	6,4a	6,0b	5,6c
Beta- karoten Beta- carotene	różę główne primary inflorescences	0,73a	0,68b	0,68b	0,66b	0,61c
	różę boczne secondary inflorescences	1,01a	0,91ab	0,89bc	0,84c	0,75d

a, b, c – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p < 0,05$).a, b, c – values in rows with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

różnica ta wynosiła 13%, a po blanszowaniu 9%. Ponieważ zmiany w ilości tego składnika w wyniku blanszowania, mrożenia a następnie przechowywania mrożonki wystąpiły z większym nasileniem w różach bocznych, dlatego w produktach mrożonych zróżnicowanie to obniżyło się do 6-7%. Natomiast w stosunku do suchej masy poziom witaminy C był jednakowy w obydwu rodzajach róż, a tempo ubytku tej witaminy w trakcie zamrażania i składowania mrożonek było podobne. Łączna wielkość ubytków w stosunku do surowca wynosiła 40%. Głównym czynnikiem odpowiedzialnym za straty omawianego składnika w trakcie procesu technologicznego zamrażania warzyw jest blanszowanie wodne [Barrett i in. 2000].

O atrakcyjności produktów z warzyw zielonych w dużym stopniu decyduje poziom barwników chlorofilowych. W tabeli 3 przedstawiono zawartość tych związków w ocenianym brokule jako sumę chlorofilu a i b, przy czym różę główne charakteryzowały się istotnie mniejszą ich zawartością niż różę boczne. Podobny poziom sumy chlorofilu do oznaczonego w różach głównych stwierdzili w brokule Barth i in. [1992] oraz Murcia i in. [2000]. Jak wcześniej zwracał uwagę Gross [1979] poziom chlorofilu w brokule może jednak ulegać znacznym wahaniom, a głównym czynnikiem zmienności jest odmiana.

Tabela 4. Zawartość analizowanych składników w surowcu świeżym, w 100 g suchej masy oraz ich procentowa pozostałość po blanszowaniu, mrożeniu i po przechowywaniu
 Table 4. Content of analyzed components in fresh broccoli, per 100 g of dry matter and percentage retention after blanching, freezing and storage

Składnik/część użytkowa Component/usable part		Surowiec Raw material		Mrożonka po przechowywaniu przez: Frozen broccoli after storage:		
		świeży fresh	blanszowany blanched	0 miesięcy 0 months	3 miesiące 3 months	6 miesięcy 6 months
				zawartość w surowcu świeżym = 100% contents in fresh material = 100%		
N ogółem, g Total N, g	rg/pi rb/si	6,3 6,4	97 98	97 97	97 97	98 95
N białkowy, g Protein N, g	rg/pi rb/si	4,3 4,0	123 128	123 128	126 130	126 130
Azotany, g Nitrates, g	rg/pi rb/si	101 50	110 120	107 118	101 114	92 111
Witamina C, mg Vitamin C, mg	rg/pi rb/si	1292 1257	70 71	67 68	60 60	51 49
Chlorofil, mg Chlorophyll, mg	rg/pi rb/si	137 198	111 108	110 104	105 98	97 92
Karotenoidy, mg Carotenoids, mg	rg/pi rb/si	48 56	96 96	96 96	92 89	85 84
Beta-karoten, mg Beta-carotene, mg	rg/pi rb/si	7,0 8,5	109 111	109 107	104 100	96 89

rg/pi – róże główne.
 rb/si – róże boczne.
 rg/pi – primary inflorescences.
 rb/si – secondary inflorescences.

W procesie technologicznym zamrażania brokuła i przechowywania mrożonek odnotowywano w obu analizowanych częściach użytkowych ubytki chlorofili, których wielkości na poszczególnych etapach były podobne w obu analizowanych częściach użytkowych. Mrożony brokuł po 6 miesiącach przechowywania zawierał o 21% mniej chlorofili niż surowiec, a trzy czwarte z tych ubytków powstało po blanszowaniu. W stosunku do suchej masy po blanszowaniu notowano wzrost poziomu chlorofilu a w trakcie mrożenia i składowania mrożonek systematyczne zmniejszenie jego zawartości. Prowadząc zamrażanie brokuła w warunkach przemysłowych Murcia i in. [2000] wykazali straty omawianego barwnika dochodzące do 40% w świeżej masie. Autorzy ci podkreślają, że ubytki chlorofili były spowodowane zarówno wyflukiwaniem, jak i przemianami do feofityn.

Podobnie jak chlorofilu, w różach bocznych stwierdzono również istotnie większą zawartość beta-karotenu (o 38%) i karotenoidów (o 29%) (tab. 3). W warzywach zielonych beta-karoten zazwyczaj pozostaje w mniejszości w stosunku do pozostałych związków karotenoidowych [Huck i in. 2000, Khachik i in. 1992]. W analizowanym

brokule beta-karoten stanowił w różach głównych 16%, a w różach bocznych 21% ogólnej ilości karotenoidów. Gross [1979], który odnotował nieco większy udział, bo wynoszący 20-25%, wskazał na jego zależność od odmiany brokuła. Blanszowanie spowodowało niewielkie straty beta-karotenu i karotenoidów, które wynosiło odpowiednio 4% i 7%. Również minimalne ubytki beta-karotenu obserwowano podczas blanszowania szpinaku i pietruszki naciowej [Khachik i in. 1992, Lisiewska i Kmiecik 1996]. Khachik i in. [1992] tłumaczą taką odporność cieplną beta-karotenu i niektórych karotenoidów ich umiejscowieniem w chloroplastach komórkowych. Natomiast przyczyny większych zmian w ogólnej ilości karotenoidów upatrują w mniejszej odporności wiolaksantyny i niektórych form luteiny. Łączne ubytki analizowanych składników w trakcie mrożenia i przechowywania mrozonek kształtowały się podobnie w obydwu rodzajach róż brokuła i po 6 miesiącach, w stosunku do surowca, wyniosły średnio 17%. Należy przy tym zaznaczyć, że czynność zamrażania nie miała praktycznie wpływu na barwniki karotenoidowe brokuła.

PODSUMOWANIE

Boczne róże brokuła w porównaniu z różami głównymi, w stanie świeżym i po zamrożeniu, charakteryzowały się bogatszym składem chemicznym. Bezpośrednio po zbiorze zawierały więcej suchej masy o 13%, witaminy C o 13%, azotu ogółem o 18% i beta-karotenu o 38%. Odnaczały się również większą zawartością chlorofilu i karotenoidów odpowiednio o 58% i 29% oraz niższą o 43% koncentracją azotanów. Poziom azotu białkowego był podobny w obu ocenianych rodzajach róż. W materiale doświadczalnym nie stwierdzono, na żadnym z etapów oceny, wykrywalnych ilości azotanów. Zmiany analizowanych składników, w procesie technologicznym otrzymywania mrozonek oraz w trakcie 6 miesięcy ich przechowywania, miały podobny przebieg w produktach otrzymanych z obydwu rodzajów róż brokuła. Biorąc pod uwagę wyższą zasobności róż bocznych w ważne z żywieniowego punktu widzenia składniki chemiczne oraz uwzględniając to, że róże te mogą stanowić znaczącą część plonu wskazane byłoby, w uprawie jesiennej brokuła dla celów zamrażalniczych, upowszechnienie pozyskiwania tych róż.

PIŚMIENNICTWO

- AOAC, 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.
- Babicz-Zielińska E., 1999. Food preferences among the Polish young adults. Food Qual. Prefer. 10, 139-145.
- Barrett D.M., Garcia E.L., Russel G.F., Ramirez E., Shirazi A., 2000. Blanch time and cultivar effects on quality of frozen and stored corn and broccoli. J. Food Sci. 65, 534-540.
- Barth M.M., Perry A.K., Schmidt S.J., Klein B.P., 1992. Misting effects market quality and enzyme activity of broccoli during retail storage. J. Food Sci. 57, 954-957.
- Gomes M.H., Rosa E., 2000. Free amino acid composition in primary and secondary inflorescences of 11 broccoli (*Brassica oleracea* var *italica*) cultivars and its variation between growing seasons. J. Sci. Food Agric. 81, 295-299.

- Gross J., 1979. The pigments of three hybrid varieties of broccoli (*Brassica oleracea* var *italica*). *Gartenbauwissenschaft* 44, 213-216.
- Huarte-Mendicoa J.C., Astisaran I., Bello J., 1997. Nitrate and nitrite levels in fresh and frozen broccoli. Effect of freezing and cooking. *Food Chem.* 58, 39-42.
- Huck Ch.W., Popp M., Scherz H., Bonn G.K., 2000. Development and evaluation of a new method for the determination of the carotenoid content in selected vegetables by HPLC and HPLC-MS-MS. *J. Chromatogr. Sci.* 38, 441-449.
- ISO/6557/2. 1984. Fruits, vegetables and derived products. Determination of ascorbic acid content. Part 2: Routine methods. International Standard Organisation.
- ISO/6635. 1984. Fruits, vegetables and derived products. Determination of nitrite and nitrate content. Molecular absorption spectrophotometric method.
- Khachik F., Goli M.B., Beecher G.R., Holden J., Lusby W.R., Tenorio M.D., Barrera M.R., 1992. Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution of major carotenoid constituents of tomatoes and several green vegetables. *J. Agric. Food Chem.* 40, 390-398.
- King G.A., Morris S.C., 1994. Early compositional changes during postharvest senescence of broccoli. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119, 1000-1005.
- Kmieciak W., Budnik A., 1997. Wpływ dwóch sposobów gotowania brokuła na poziom wybranych wskaźników fizykochemicznych. *Bromat. Chem. Toksykol.* 30, 303-309.
- Lisiewska Z., 1986. Charakterystyka składu chemicznego róż ośmiu odmian brokuła włoskiego. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.* 25, 209-220.
- Lisiewska Z., Kmiecik W., 1989. Zawarość azotanów i azotynów w świeżej i mrożonej kapuście brukselskiej. *Bromat. Chem. Toksykol.* 19, 115-120.
- Lisiewska Z., Kmiecik W., 1996. Effect of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage of frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. *Food Chem.*, 57, 267-270.
- Lisiewska Z., Kmiecik W., 1997. Effect of freezing and storage on quality factors in Hamburg and leafy parsley. *Food Chem.* 60, 633-637.
- Martinez-Tome M., Garcia-Carmona F., Murcia M.A., 2001. Comparison of the antioxidant and pro-oxidant activities of broccoli amino acids with those of common food additives. *J. Sci. Food Agric.* 81, 1019-1025.
- Murcia M.A., Lopez-Ayerra B., Garcia-Carmona F., 1999. Effect of processing and different blanching times on broccoli: proximate composition and fatty acids. *Lebensm. Wiss. Technol.* 32, 238-243.
- Murcia M.A., Lopez-Ayerra B., Martinez-Thome M., Garcia-Carmona F., 2001. Effect of industrial processing on chlorophyll content of broccoli. *J. Sci. Food Agric.* 80, 1299-1305.
- PN-90/A-75101/12. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości sumy karotenoidów i beta-karotenu.
- Rutkowska G., 1996. Brokuły – nowy surowiec dla zamrażalnictwa. *Chłodnictwo* 31 (12), 36-38.
- Steinmetz K.A., Potter J.D., 1996. Vegetables, fruit and cancer prevention: a review. *J. Amer. Diet. Assoc.* 96, 1027-1039.
- Wettstein D., 1957. Chlorophyll Letale und der submikroskopische Formweschel der Plastiden. *Exp. Cell Res.* 12, 427-.
- Zebarth B.J., Bowen P.A., Toivonen P.M.A., 1995. Influence of nitrogen fertilization on broccoli yield, nitrogen accumulation and apparent fertilizer-nitrogen recovery. *Can. J. Plant Sci.* 75, 717-725.

**QUANTITATIVE CHANGES OF SELECTED CHEMICAL COMPONENTS
DURING FREEZING AND STORAGE OF PRIMARY AND SECONDARY
BROCCOLI INFLORESCENCES**

Abstract. Effects of type of inflorescence, technological process of freezing and storage of the frozen product on the contents of some chemical components important for broccoli quality were investigated. Secondary inflorescences were characterised by higher quantity of dry matter, total nitrogen, vitamin C, chlorophyll, beta-carotene and carotenoids and by lower level of nitrates than the primary ones. Protein nitrogen was on same level in the primary and secondary inflorescences. The changes of analysed components during the technological process and storage were similar in both of the frozen products.

Key words: broccoli, primary inflorescences, secondary inflorescences, freezing, chemical composition

*P. Gębczyński, Katedra Surowców i Przetwórstwa Owocowo-Warzywnego, Akademia Rolnicza w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków
e-mail: rrgebczy@cyf-kr.edu.pl*