

*Róża Biegańska-Marecik, Elżbieta Radziejewska-Kubzdela*

## ZMIANY ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH I ZDOLNOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCEJ W JARMUŻU O MAŁYM STOPNIU PRZETWORZENIA PAKOWANYM W ATMOSFERZE MODYFIKOWANEJ

Zakład Technologii Owoców i Warzyw  
Instytutu Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego  
Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu  
Kierownik prof. dr hab. J. Czapski

*Celem niniejszej pracy było określenie wpływu warunków pakowania w atmosferze modyfikowanej (MA) na zmiany zawartości związków polifenolowych i aktywności przeciwutleniającej jarmużu o małym stopniu przetworzenia.*

*Aktywność przeciwutleniająca prób jarmużu pakowanych w powietrzu i MA, wynosiła od 4,8 do 10,3  $\mu\text{mol Trolox/g}$  ś.m. zdolność przeciwutleniająca surowca była istotnie wyższa i wynosiła 11,5  $\mu\text{mol Trolox/g}$  ś.m. Zawartość związków polifenolowych w próbach jarmużu pakowanych w powietrzu i MA oznaczana metodą z odczynnikiem Folina-Ciocalteau wynosiła od 71,1 do 140,9 mg/100 g ś.m., natomiast oznaczana metodą HPLC od 35,8 do 62,1 mg/100g ś.m. Próby jarmużu pakowane w atmosferach o składzie: 80%O<sub>2</sub>,10%CO<sub>2</sub>,10%N<sub>2</sub> i 95%O<sub>2</sub>,5%CO<sub>2</sub>,0%N<sub>2</sub>, przy zastosowaniu do pakowania folii opakowaniowej o przepuszczalności dla tlenu 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością związków polifenolowych i aktywnością przeciwutleniającą od pozostałych analizowanych prób.*

Hasła kluczowe: związki polifenolowe, atmosfera modyfikowana, jarmuż.

Key words: polyphenolic compounds, modified atmosphere, kale.

Związki biologicznie aktywne są bardzo istotne z punktu widzenia żywienia człowieka. Stanowią istotne ogniwo aparatu antyoksydacyjnego, jako mechanizmu chroniącego m.in. przed reaktywnymi formami tlenu. Polifenole stanowią największą grupę wśród naturalnych antyoksydantów (1, 2).

Warzywa z rodziny *Cruciferae* znane są z wysokich walorów odżywczych ze względu na obecność związków zawierających siarkę, wysokiego stężenia witaminy A, C, E i związków fenolowych, dużych ilości wysokowartościowego białka i soli mineralnych. Yang i współpr. (2), którzy w swoich badaniach zaobserwowali korelację pomiędzy spożywaniem warzyw i owoców a zmniejszeniem zachorowalności na raka płuc, najsilniejszy efekt, bliski 50% obniżenia ryzyka zachorowań, obserwowali dla warzyw kapustnych Jarmuż jest szczególnym warzywem wśród kapustnych ze względu na wysoką zawartość karotenoidów, polifenoli, witaminy C i związaną z tym wysoką zdolnością przeciwutleniającą. Ze względu na krótką trwałość jarmużu po zbiorze obrót handlowy tym surowcem jest bardzo trudny.

W celu przedłużenia jego trwałości, można zastosować minimalne przetwarzanie i pakowanie w atmosferze modyfikowanej. Jednakże oprócz uzyskania produktu atrakcyjnego sensorycznie, istotne jest określenie wpływu zastosowanego procesu minimalnego przetwarzania na zachowanie zawartych w surowcu cennych składników odżywczych i związków biologicznie aktywnych. Celem niniejszej pracy było określenie wpływu warunków pakowania w atmosferze modyfikowanej na zmiany zawartości związków polifenolowych i zdolności przeciwutleniającej jarmużu o małym stopniu przetworzenia.

## MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań był jarmuż zielony (*Brassica oleracea* L. Var. *acephala* DC) odmiany Refleks pochodzący z Ekologicznego Gospodarstwa Ogrodniczego w Pamiątkowie k. Poznania.

### Proces technologiczny

Rośliny zbierano w całości, po czym obrywano liście, myto je dwukrotnie pod bieżącą wodą oraz płukano 1% roztworze kwasu askorbinowego. Liście pakowano po 50 g do tacek polipropylenowych (Linpack Plastic, Polska) o wymiarach 205×260×60 mm i przepuszczalności tlenu 7–8 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h. Tacki z produktem zamykano przy pomocy maszyny T200 (Multivac, Polska) stosując dwie folie opakowaniowe: folię My Films Standard o przepuszczalności tlenu (OTR) 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h (Cryovac, Polska) oraz folię FlowHB 50E Peel o przepuszczalności tlenu (OTR) 3,5 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h (Bemis, Polska). Ponadto zastosowano mikroperforację folii. Produkt zapakowano w atmosferze powietrza oraz w atmosferze modyfikowanej o składzie: % O<sub>2</sub>/% CO<sub>2</sub>/% N<sub>2</sub> : 55/10/35, 80/10/10, 95/5/0.

Oznaczenia zawartości związków fenolowych oraz zdolności przeciwutleniającej wykonano po 1, 3, 6, 9 i 12 dniach przechowywania produktu w temperaturze 4°C oraz w świeżo zebranym surowcu.

### Metody badań

Ekstrakcję związków fenolowych z surowca oraz produktu prowadzono wg metody opisanej przez *Vallejo* i współpr. (3). Próby ekstahowano 2-krotnie 70% metanolem, ekstakt filtrowano i odparowywano. Wodny ekstrakt związków fenolowych użyto do oznaczeń zawartości związków fenolowych i zdolności antyoksydacyjnej. Ogólną zawartości związków fenolowych oznaczono metodą spektrofotometryczną z odczynnikiem *Folina-Ciocalteu* (4) i wyrażono w mg kwasu galusowego/ 100 g produktu. Oznaczanie zawartości związków fenolowych metodą HPLC wykonano wg procedury opisanej przez *Podsędek* i współpr. (5), zawartość podano w przeliczeniu na kwas galusowy. Oznaczanie zdolności przeciwutleniającej wykonano metodą z odczynnikiem ABTS (2,2'-Azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (6) oraz z odczynnikiem DPPH (1,1-Diphenylo-2-picrylohydrazyl) (7). Zdolność przeciwutleniającą wyrażono w μmol Troloxu na 1 g produktu. Analizę statystyczną wyników przeprowadzono na podstawie analizy wariancji dwuczynniskowej, testu NIR *Fischera* i korelacji *Pearsona* (przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$ ) (Statistica wersja 8,0, StatSoft, Poland).

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Zawartość związków polifenolowych oznaczana metodą z odczynnikiem *Folina-Ciocalteau* w próbach zapakowanych w powietrzu oraz atmosferze modyfikowanej mieściła się w zakresie od 71,1 do 140,9 mg/100 g produktu, natomiast oznaczana metoda HPLC od 37,8 do 74,1 mg/100 g produktu (tab. I). W surowcu natomiast zawartość omawianych związków wynosiła odpowiednio 121 i 74,1 mg/100 g ś.m. W próbach zapakowanych w atmosferze o składzie 80% O<sub>2</sub>/10% CO<sub>2</sub>/10% N<sub>2</sub> i 95% O<sub>2</sub>/5% CO<sub>2</sub>/0% NO<sub>2</sub> zamkniętych folią o przepuszczalności tlenu 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h bez mikroperforacji zawartość związków polifenolowych w czasie przechowywania była istotnie wyższa niż w pozostałych próbach. Przy oznaczeniach związków fenolowych metodą HPLC w tych próbach odnotowano niewielki wzrost zawartości badanych związków w czasie przechowywania, wynosił on odpowiednio 7,4 i 3,7%. W próbce zapakowanej w atmosferze o 80% zawartości tlenu z zastosowaniem folii o przepuszczalności tlenu 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h odnotowano również wzrost zawartości związków polifenolowych oznaczanych metodą z zastosowaniem odczynnika *Folina-Ciocalteau*. W pozostałych próbach odnotowano spadek ogólnej zawartości polifenoli w ciągu 12 dni przechowywania o: od 11,7% do 33,8%. Najniższa zawartość polifenoli w ciągu 12 dni przechowywania odnotowana została w próbach pakowanych w atmosferze powietrza, zamkniętych folią bez mikroperforacji OTR 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h i 80% O<sub>2</sub>/10% CO<sub>2</sub>/10% N<sub>2</sub>, zamkniętych folią z mikroperforacją, OTR 3,5 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h (tab. I).

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotną korelację ( $r = 0,49$ ) pomiędzy zawartością związków fenolowych oznaczaną metodą z odczynnikiem *Folina-Ciocalteau* a zawartością tych związków oznaczanych metodą HPLC. Podobna zależność wystąpiła w badaniach prowadzonych przez *Ayaz* i współpr. (8). Wg autorów ogólna zawartość polifenoli oznaczana metodą z odczynnikiem *Folina-Ciocalteau* jest od 11 do 770 razy wyższa niż w metodzie HPLC. Zbliżone zawartości polifenoli oznaczane metodą z odczynnikiem *Folina-Ciocalteau*, jak w niniejszych badaniach, podają w swej pracy *Heimler* i współpr. (9). Natomiast *Zhou* i *Yu* (10) podają nieco wyższe zawartości związków polifenolowych w jarmużu: od 189,09 do 218 mg/100 g produktu.

Zdolność przeciwutleniająca wodnego ekstraktu związków polifenolowych surowca wynosiła 11,5 μmol Trolox/g ś.m. Wartości zdolności przeciwutleniającej prób pakowanych w powietrzu i MA po 1 dniu przechowywania były istotnie niższe niż aktywność przeciwutleniająca w surowcu i wynosiły od 4,8 do 9,81 μmol Trolox/g ś.m. (tab. II). Największą zdolność przeciwutleniającą po 1 dniu przechowywania, oznaczaną zarówno metodą z odczynnikami ABTS jak i DPPH, wykazywała próbka zapakowana w atmosferze o składzie 80% O<sub>2</sub>/10% CO<sub>2</sub>/10% N<sub>2</sub>, z zastosowaniem mikroperforowanej folii, OTR 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h. W próbce zapakowanej w atmosferze 80% O<sub>2</sub>/10% CO<sub>2</sub>/10% N<sub>2</sub>, z zastosowaniem folii bez mikroperforacji, OTR 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h, odnotowano wzrost aktywności przeciwutleniającej w ciągu 12 dni przechowywania, wynosił on około 30% (tab. II). Dla reszty prób odnotowano istotny spadek aktywności przeciwutleniającej w ciągu 12 dni przechowywania wynoszący od 8,2% do 23,4%. Próby zapakowane w atmosferze powietrza oraz w atmosferze o 80% zawartości tlenu przy zastosowaniu do

Tab e l a I. Zawartość związków polifenolowych w jarmużu pakowanym w atmosferze modyfikowanej i w powietrzu w czasie 12 dni przechowywania w temperaturze 4°C

Tab e l e I. Contents of polyphenol compounds in kale packaged in modified atmosphere and in air during 12 days of storage in 4°C

Warunki pakowania	Czas przechowywania (dni)	Zawartość polifenoli oznaczana metodą z odczynnikiem <i>Folina-Ciocalteau</i> (mg/100g produktu)	Zawartość polifenoli oznaczana metodą HPLC (mg/100 g produktu)
surowiec	0	121,34±6,54	74,1±1,15
powietrze folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h bez mikroperforacji	1	123,7±6,02	38,2±0,08 a
	3	82,5±1,31 ac	47,8±2,41 a
	6	118,5±0,62	54,4±1,18 ac
	9	116,9±3,12	51,3±3,71 ac
55% O <sub>2</sub> /10% CO <sub>2</sub> /35% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h bez mikroperforacji	12	94,3±1,45 ac	49,8±1,12 a
	1	109,1±1,73 ab	53,5±3,26 ab
	3	107,5±3,79 ab	49,7±1,88 a
	6	102,3±3,95 abc	48,6±2,00 a
80% O <sub>2</sub> /10% CO <sub>2</sub> /10% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h bez mikroperforacji	9	106,0±2,89 ab	44,8±0,16 a
	12	101,2±2,38 abc	40,1±4,01 ac
	1	116,6±1,87	51,2±3,21 ab
	3	72,0±1,34 abc	45,5±1,17 a
80% O <sub>2</sub> /10% CO <sub>2</sub> /10% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3,5 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h mikroperforacja 3×10	6	93,9±1,05 abc	42,4±0,26 ab
	9	87,5±1,18 abc	43,8±0,92 a
	12	82,3±1,18 abc	43,0±1,87 a
	1	107,5±1,14 ab	52,4±1,11 ab
80% O <sub>2</sub> /10% CO <sub>2</sub> /10% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24h mikroperforacja 3×10	3	107,7±1,54 ab	48,2±1,08 a
	6	86,4±2,06 abc	56,4±2,92 a
	9	94,0±1,43 abc	56,9±1,54 a
	12	91,14±2,96 abc	47,3±2,03 a
80% O <sub>2</sub> /10% CO <sub>2</sub> /10% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h bez mikroperforacji	1	121,9±0,93	51,1±1,22 ab
	3	108,3±1,34 abc	43,9±2,38 a
	6	98,8±2,41 abc	49,8±2,31 a
	9	85,5±3,50 abc	48,2±1,12 a
95% O <sub>2</sub> /5% CO <sub>2</sub> /0% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h bez mikroperforacji	12	127,0±3,21 b	55,3±2,93 a
	1	140,9±4,08 ab	51,7±1,25 ab
	3	112,22±3,86 abc	62,1±1,19 abc
	6	99,2±3,03 abc	50,1±2,31 a
	9	103,2±1,74 abc	51,5±2,37 a
	12	105,5±2,13 abc	53,5±1,16 a

a – Różnica istotna statystycznie ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zawartością związków polifenolowych (w jednej kolumnie) w próbach przechowywanych w MA i w powietrzu a zawartością badanych związków w surowcu. / Statistically significant difference ( $p \leq 0,05$ ) between polyphenol contents in samples packaged in air and in MA of different composition, and the polyphenol contents in raw material.

b – Różnica istotna statystycznie ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zawartością związków polifenolowych (w jednej kolumnie) w próbach przechowywanych w MA a zawartością związków w próbach przechowywanych w powietrzu. / Statistically significant difference ( $p \leq 0,05$ ) between polyphenol contents in samples packaged in MA, and the polyphenol contents in samples packaged in air.

c – różnica istotna statystycznie ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zawartością związków polifenolowych (w jednej kolumnie) w próbach przechowywanych przez 3, 6, 9 i 12 dni w powietrzu i MA o różnym składzie, a zawartością omawianych związków po 1 dniu przechowywania (w obrębie próby). / Statistically significant difference ( $p \leq 0,05$ ) between polyphenol contents in samples stored during 3, 6, 9 and 12 days in air and in MA, and the polyphenol contents in samples stored during 1 day (within of the sample).

Table II. Zdolność przeciwutleniająca jarmużu pakowanego w atmosferze modyfikowanej i w powietrzu w czasie 12 dni przechowywania w temperaturze 4°C

Table II. Antioxidant activity of kale packaged in modified atmosphere and in air during 12 days of storage in 4°C

Warunki pakowania	Czas przechowywania (dni)	Zdolność przeciwutleniająca metoda ABTS (μmol Troloksu/1 g produktu)	Zdolność przeciwutleniająca metoda DPPH (μmol Troloksu/1 g produktu)
surowiec	0	11,34±0,92	11,46±0,24
powietrze folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h bez mikroperforacji	1	7,13±0,56 a	7,31±,98 a
	3	6,28±0,79 a	5,84±0,44 ac
	6	6,53±1,26 a	5,62±0,05 ac
	9	6,96±0,24 a	5,65±0,04 ac
55% O <sub>2</sub> /10% CO <sub>2</sub> /35% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h bez mikroperforacji	12	60,7±0,47 a	5,50±0,50 ac
	1	9,01±0,21 ab	8,67±0,51 ab
	3	10,3±0,38 bc	9,11±0,38 ab
	6	8,30±0,13 ab	8,00±0,06 ab
80% O <sub>2</sub> /10% CO <sub>2</sub> /10% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3,5 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h mikroperforacja 3×10	9	8,83±0,15 ab	7,89±0,20 ab
	12	6,90±0,15 ac	6,95±1,19abc
	1	7,93±0,10 a	4,81±0,04 ab
	3	5,54±0,19 ac	4,84±0,15 ab
80% O <sub>2</sub> /10% CO <sub>2</sub> /10% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3,5 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h mikroperforacja 3×10	6	6,63±0,10 ac	5,50±0,51 a
	9	7,48±0,09 a	5,62±0,19 a
	12	6,64±0,62 ac	5,64±0,51 abc
	1	9,81±0,63 ab	8,77±0,45 ab
80% O <sub>2</sub> /10% CO <sub>2</sub> /10% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h mikroperforacja 3×10	3	9,64±1,13 ab	8,89±0,44 ab
	6	8,94±0,19 ab	6,22±0,39 ac
	9	10,0±0,80 ab	7,09±0,28 abc
	12	9,01±1,14 ab	5,24±0,16 ac
80% O <sub>2</sub> /10% CO <sub>2</sub> /10% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h bez mikroperforacji	1	7,05±0,55 a	7,03±0,16 a
	3	4,61±0,13 ab	7,20±0,15 ab
	6	8,03±0,19 ab	7,59±0,29 ab
	9	8,73±0,34 abc	8,06±0,41 abc
95% O <sub>2</sub> /5% CO <sub>2</sub> /0% N <sub>2</sub> folia o przepuszczalności tlenu 3000 cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /24 h bez mikroperforacji	12	9,30±0,10 abc	8,73±0,16 abc
	1	9,53±0,18 ab	8,79±0,39 ab
	3	8089±0,36 ab	9,89±0,32 abc
	6	8,19±0,72 abc	8,55±0,31 ab
	9	8,59±1,02 ab	8,41±0,37 ab
	12	8,39±1,29 ab	8,89±0,15 ab

a – Różnica istotna statystycznie ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zdolnością przeciwutleniającą (w jednej kolumnie) prób pakowanych w MA i w powietrzu a zdolnością przeciwutleniającą surowca. / Statistically significant difference ( $p \leq 0,05$ ) between antioxidant activity of samples packaged in air and in MA of different composition, and the value of antioxidant capacity of raw material.

b – Różnica istotna statystycznie ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zdolnością przeciwutleniającą (w jednej kolumnie) prób przechowywanych w MA a zdolnością przeciwutleniającą prób przechowywanych w powietrzu. / Statistically significant difference ( $p \leq 0,05$ ) between antioxidant activity of samples packaged in MA, and the value of antioxidant capacity of samples packaged in air.

c – Różnica istotna statystycznie ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zdolnością przeciwutleniającą (w jednej kolumnie) prób przechowywanych przez 3, 6, 9 i 12 dni w MA o różnym składzie i w powietrzu, a zdolnością przeciwutleniającą po 1 dniu przechowywania (w obrębie próby). / Statistically significant difference ( $p \leq 0,05$ ) between antioxidant activity of samples stored during 3, 6, 9 and 12 days in air and in MA, and the value of antioxidant capacity of samples stored during 1 day (within of the sample).

pakowania folii o niskiej przepuszczalności tlenu (OTR 3,5 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h) charakteryzowały się przez cały okres przechowywania produktu istotnie niższą zdolnością antyoksydacyjną od pozostałych prób. Jak wynika z równolegle prowadzonych badań obejmujących m.in. ocenę sensoryczną jarmużu pakowanego w atmosferze modyfikowanej (dane niepublikowane) użycie do pakowania folii o małej przepuszczalności tlenu (3,5 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h), pomimo zastosowania atmosfery modyfikowanej powoduje obniżenie jakości i akceptowalności sensorycznej produktu.

Najkorzystniejsze dla zachowania zdolności przeciwutleniającej okazało się zapakowanie jarmużu w atmosferach wysokotlenowych o zawartości tlenu 80% i 95%, przy zastosowaniu folii o przepuszczalności dla tlenu 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24h, w nich zdolność przeciwutleniająca w czasie 12 dni przechowywania była najwyższa. Wartości zdolności przeciwutleniającej jarmużu oznaczane obydwoma metodami, ABTS i DPPH, wykazują wysoki współczynnik korelacji ( $r = 81$ ).

Zdolność przeciwutleniająca oznaczona z użyciem kationorodnika ABTS<sup>+</sup> wykazuje niewielki współczynnik korelacji ( $r = 0,41$ ) z zawartością ogólnej liczby polifenoli. Może to świadczyć o tym, że zdolność przeciwutleniająca wodnego ekstraktu użytego do analiz determinowana jest w dużym stopniu przez inne niż polifenole związki, w tym m. in. witaminę C. Występuje natomiast istotna korelacja pomiędzy zawartością związków polifenolowych oznaczanych metodą HPLC a wartościami zdolności przeciwutleniającej oznaczanej metodą z użyciem odczynnika ABTS ( $r = 0,69$ ) i DPPH (0,72).

Według *Sikory* i współpr. (11) warzywa z rodziny kapustnych, takie jak jarmuż, brokuły, kapusta, brukselka i kalafior charakteryzują się ponadprzeciętną zdolnością przeciwutleniającą. Częściowo jest to wynikiem wysokiej zawartości polifenoli oraz witaminy C znajdujących się w kapustnych. Szczególnie wysoką zdolność przeciwutleniającą wykazuje jarmuż, który w większych niż inne kapustne ilościach zawiera karotenoidy. Według *Podsędek* (12) zdolność przeciwutleniająca jarmużu oznaczana metodą z odczynnikiem ABTS jest wyższa niż w prezentowanych badaniach, i wynosi 17,7 μmol Trolox/g ś.m. *Podsędek* i współpr. (5) podają przykłady innych kapustnych, o podobnej zdolności przeciwutleniającej, i tak np. dla kapusty czerwonej sięga ona 12,46 μmol Trolox/g ś.m. Z kolei takie warzywa jak brukselka i biała kapusta wg autorki charakteryzują się niższą zdolnością antyoksydacyjną wynoszącą odpowiednio 7,04 μmol Trolox/g ś.m. i 1,81 μmol Trolox/g ś.m.

## WNIOSKI

1. Zdolność przeciwutleniająca analizowanych prób jarmużu pakowanych w powietrzu i atmosferze modyfikowanej, oznaczana metodą z użyciem odczynnika ABTS i DPPH mieściła się w przedziale od 5,54 do 10,3 μM Trolox/g produktu.

2. Próby jarmużu zapakowane w atmosferach o składzie 80%O<sub>2</sub>, 10%CO<sub>2</sub>, 10%N<sub>2</sub> i 95%O<sub>2</sub>, 5%CO<sub>2</sub>, 0%N<sub>2</sub>, z zastosowaniem folii opakowaniowej o przepuszczalności dla tlenu 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h charakteryzowały się najwyższą spośród wszystkich analizowanych prób zawartością związków fenolowych oraz zdolnością przeciwutleniającą, oznaczaną zarówno metodą z odczynnikiem ABTS jak i DPPH.

3. Obserwowano istotną korelację pomiędzy zdolnością przeciwutleniającą prób oznaczaną zarówno metodą z odczynnikiem ABTS, jak i DPPH, a zawartością związków polifenolowych oznaczanych metodą HPLC i wynosiła ona odpowiednio:  $r = 0,69$  i  $r = 0,72$ .

R. Biegańska-Marecik, E. Radziejewska-Kubzdela

CHANGES IN CONTENTS OF PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY  
IN MINIMALLY PROCESSED KALE PACKAGED IN MODIFIED ATMOSPHERE

Summary

The aim of the study was to determine the effect of modified atmosphere packaging conditions on changes in polyphenolic contents and antioxidant activity of minimally processed kale.

Antioxidant activity of air and MA packaged kale samples was from 4.8 to 10.3  $\mu\text{mol Trolox/g}$  of produkt. Antioxidant activity of raw material was significantly higher, amounting to 11.5  $\mu\text{mol Trolox/g f.m.}$  Contents of polyphenolic compounds in air and MA packaged kale samples, determined using the Folin-Ciocalteu reagent, ranged from 71.14 to 140.92 mg/100 g f.m., while those determined by HPLC - from 35.77 to 62.06 mg/100g f.m. Among all analyzed samples, a significantly higher content of polyphenolics and antioxidant activity were recorded in kale samples packaged in atmospheres with the following compositions: 80%O<sub>2</sub>,10%CO<sub>2</sub>,10%N<sub>2</sub> and 95%O<sub>2</sub>,5%CO<sub>2</sub>,0%N<sub>2</sub>, when film with oxygen permeability of 3000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h was used in product packaging.

PIŚMIENNICTWO

1. *Rosicka-Kaczmarek J.*: Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności. Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 2006; 6: 12-15. – 2. *Yang C.S., Landau J.M., Huang M.T.*: Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. Annu Rev. Nutr., 2001;21: 381-406 – 3. *Vallejo F.A., Barberan T., Garcia-Viguera C.*: Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain. J. Sci Food Agric., 2002; 82: 1293-1297. – 4. *Peri C., Pompei G.*: An assay of different phenolic fraction in wines. Am. J. Enol. Viticul., 1972; 22: 55-57. – 5. *Podsedek A., Sosnowska D., Redzyna M., Anders B.*: Antioxidant capacity and content of *Brassica oleracea* dietary antioxidants., 2006; Int. J. Food Sci. Tech., 40: 49-58. – 6. *Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Yang M., Rice-Evans C.*: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol. Med., 1999; 26: 1231-1237. – 7. *Kim D.O., Lee K.W., Lee H.J., Lee Ch.Y.*: Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. J. Agric. Food Chem., 2002; 50:3713-3717. – 8. *Ayaz A. F., Ayaz S. H., Alpay-Karaoglu S., Grüz J., Valentoví K., Ulrichová J., Strand M.*: Phenolic amid contents of kale (*Brassica oleraceae* L. var. *acephala* DC.) extracts and their antioxidant and antibacterial activities. Food Chem., 2008; 107: 19-25. – 9. *Heimler D., Vignolini P., Dini M. G., Vincieri F. F., Romani A.*: Antiradical activity and polyphenol composition of local *Brassicaceae* edible varieties. Food Chem., 2008; 99: 464-469. – 10. *Zhou K., Yu L.*: Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. LWT, 2006; 39: 1155-1162.

11. *Sikora E., Ciešlik E., Leszczyńska T., Filipiak-Florkiewicz A., Pisulewski P. M.*: The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. Food Chem., 2008; 107: 55-59. – 12. *Podsedek A.*: Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. LWT, 2007; 40: 1-11.

Adres: 60-624 Poznań, ul. Wojska Polskiego 31.