

**WPLYW KWASÓW ORGANICZNYCH JAKO CZYNNIKA
ANTYOKSYDACYJNEGO NA JAKOŚĆ KRÓTKOTRWALE
PRZECHOWYWANEJ ŚWIEŻO KROJONEJ SAŁATY KRUCHEJ
(*LACTUCA SATIVA L. var. CAPITATA*)**

THE INFLUENCE OF ORGANIC ACIDS
AS A ANTIOXIDANT FACTOR ON SHORT QUALITY STORED
OF FRESH-CUT CRISP LETTUCE (*LACTUCA SATIVA L. var. CAPITATA*)

Anna Wrzodak, Justyna Szwejdą-Grzybowska, Krzysztof P. Rutkowski

Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice
Anna.Wrzodak@inhort.pl

Abstract

The aim of the study was to determine the nutritional value and sensory quality of minimally processed lettuce (*Lactuca sativa L. var. capitata*) by using organic acids as an antioxidant agent and packaging. The storage of sliced lettuce at 0 °C optimally protected the product for 6 days. An additional protective element was a perforated film packaging that maintained quality and extended the durability of minimally processed lettuce. Lettuce treated with a solution of 0.5% ascorbic acid and 1% citric acid, stored at 0 °C for 6 days was characterized by a higher content of selected nutrients and bioactive compounds, in relation to fresh lettuce, unwashed or washed in tap water, regardless of the type package. For the sensory quality of lettuce, sliced and stored for 6 days, a sufficient post-harvest treatment is washing it in tap water. Lower sensory quality was characterized by combinations of sliced salad treated with citric acid and a mixture of citric acid and ascorbic acid.

Key words: crisp lettuce, postharvest treatment, ascorbic acid, total polyphenols, sensory analysis

WSTĘP

Warzywa i owoce gotowe do spożycia (ready to eat) lub żywność wygodna (convenience food) to produkty coraz bardziej poszukiwane na polskim rynku. Technologia minimalnego przetwarzania warzyw polega na zastosowaniu takich sposobów obróbki, które umożliwiają otrzymanie produktów częściowo lub całkowicie przygotowanych do spożycia, a zbliżonych składem chemicznym oraz jakością sensoryczną do surowców wyjściowych (Nowicka i in. 2014; Mahajan i in. 2014). Warzywa minimalnie przetworzone zachowują aktywność fizjologiczną do momentu konsumpcji lub obróbki termicznej (Brecht 1995; Pietrzyk 2008). W związku z tym bardzo szybko psują się wskutek aktywności mikroorganizmów i reakcji związanych ze zmianami

enzymatycznymi (Laurila i Ahvenainen 2002). Według Chiesa i in. (2001) do podstawowych czynników warunkujących wysoką jakość warzyw świeżo krojonych należą: wybór odpowiedniego surowca (wysokiej jakości i zbieranego w odpowiedniej fazie dojrzałości), zastosowana technologia i higiena produkcji oraz utrzymanie reżimu temperaturowego w produkcji i obrocie. Schłodzenie warzyw minimalnie przetworzonych tuż po zbiorze oraz w czasie przetwarzania, transportu, dystrybucji, sprzedaży i przechowywania istotnie wpływa na jakość i czystość mikrobiologiczną produktu. Zalecana temperatura w ciągu całego łańcucha technologicznego to 2–4 °C. Według Watady i Qi (1999) intensywność oddychania krojonych warzyw rośnie wraz ze wzrostem temperatury. W wyniku uszkodzenia komórek roślinnych w trakcie krojenia następuje kontakt tlenu z polifenolami w obecności enzymów utleniających, typu polifenolooksydazy, które odpowiedzialne są za brązowienie warzyw (Choi i in. 2005; Lopez-Galvez i in. 2013). Zgodnie z załącznikiem II Dyrektywy nr 95/2/EC Unii Europejskiej, w celu zabezpieczenia przed niekorzystnymi zmianami barwy minimalnie przetworzonych owoców i warzyw, dopuszcza się stosowanie bez ograniczeń ilościowych kwasu askorbinowego (E 300), askorbinianu sodu (E 301), askorbinianu wapnia (E 302) i kwasu cytrynowego (E 330) (Nowicka i in. 2014). Mycie krojonej sałaty usuwa mikroorganizmy i płyn komórkowy pojawiający się na powierzchni cięcia, co ogranicza rozwój drobnoustrojów i przebieg reakcji enzymatycznych w czasie przechowywania (Bolin i Huxsoll 1991). Płukanie minimalnie przetworzonych karczochów w roztworze kwasów organicznych (0,02% kwasu cytrynowego i 0,2% kwasu askorbinowego) skutecznie ogranicza rozwój patogenów *L. monocytogenes* i *E. coli* (Sanz i in. 2003). Według Chiesa i in. (2001) zastosowanie roztworu zawierającego 15 g kwasu cytrynowego i 15 g kwasu askorbinowego w 1 litrze wody ogranicza zdecydowanie brązowienie liści sałaty w miejscu krojenia.

Rodzaj opakowania wpływa istotnie na utrzymanie wewnątrz wysokiej wilgotności, ogranicza wędnięcie i utratę suchej masy (Tendaj i Tendaj 1997; Segall i Scanlon 1996). Jedną z metod przedłużania trwałości pozbiorczej minimalnie przetworzonych warzyw jest pakowanie w atmosferze modyfikowanej (MAP). Przykładowy skład wysokotlenowej atmosfery stosowanej w mieszance sałat według Radziejewskiej-Kubzdeli i Biegańskiej-Marecik (2009) to 95% tlenu i 5% azotu w temperaturze 4 °C przez 7 dni. W badaniach Gornego (2001) dobrą jakość handlową sałaty kruchej utrzymano przez 7 dni stosując temperaturę przechowywania 0–5 °C przy koncentracji tlenu 0,5–3% i dwutlenku węgla 10–15%. Według Czapskiego (2007) inną możliwością kontrolowania składu gazowego jest zastosowanie wewnątrz opakowania lub bezpośrednio w opakowaniu substancji absorbujących lub emitujących okre-

ślone składniki. W przypadku świeżych i minimalnie przetworzonych warzyw mogą to być substancje pochłaniające dwutlenek węgla lub etylen, emitujące etylen albo absorbujące wilgoć.

Celem badań było określenie wpływu kwasów organicznych jako czynnika antyoksydacyjnego oraz opakowań foliowych (perforowanych lub litych) na jakość sensoryczną oraz zawartość wybranych składników odżywczych i substancji biologicznie czynnych w minimalnie przetworzonej sałacie kruchej (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*) i po krótkotrwałym przechowywaniu.

MATERIAŁY I METODY

Materiałem do badań była sałata krucha odm. 'Ikebanas' (Rijk Zwaan). Sałata pochodziła z uprawy Green Factory w Zdunowie. Jest to odmiana wykazująca dużą tolerancję na wybijanie w pędy, tworząca duże, ładne i regularne główki. Uprawiana była z zastosowaniem standardowych zaleceń agrotechnicznych i ochronnych. Po zbiorze sałata była krojona – główka na półki, a liście półek na paski szerokości ok. 2 cm. Uzyskany surowiec następnie poddawany był poniższym zabiegom mającym na celu przedłużenie trwałości przechowalniczej i utrzymanie jakości sałaty podczas krótkotrwałego składowania w warunkach chłodniczych.

- a) Liście sałaty krojono bez płukania w wodzie i bez moczenia w roztworach o charakterze antyoksydacyjnym (kontrola).
- b) Krojoną sałatę moczo w wodzie wodociągowej przez 3 minuty, a następnie osuszano – ociekanie na sitach lub w owiewie w suszarni. Pokrojoną sałatę (po ok. 150 g) umieszczano w woreczkach z folii perforowanej PE (perforacja 0,02%) lub luzem na tackach przykrytych folią PE z dostępem powietrza.
- c) Krojoną sałatę moczo w roztworze wodnym kwasu cytrynowego o stężeniu 1% przez 3 minuty; osuszano – ociekanie na sitach lub w owiewie w suszarni. Pokrojoną sałatę (po ok. 150 g) umieszczano w woreczkach z folii perforowanej PE (perforacja 0,02%) lub luzem na tackach przykrytych folią PE z dostępem powietrza.
- d) Krojoną sałatę moczo w roztworze wodnym kwasu cytrynowego o stężeniu 1% i kwasu askorbinowego o stężeniu 0,5% przez 3 minuty; osuszano – ociekanie na sitach lub w owiewie w suszarni. Pokrojoną sałatę (po ok. 150 g) umieszczano w woreczkach z folii perforowanej PE (perforacja 0,02%) lub luzem na tackach przykrytych folią PE z dostępem powietrza.

Przygotowane technologicznie próby sałaty w opakowaniach foliowych z perforacją i na tackach były składowane w chłodni, w temp. 0 °C przez 6 dni.

W sałacie świeżej i przechowywanej przeprowadzono analizy chemiczne i oznaczono zawartość: suchej masy metodą wagową, cukrów ogółem

metodą Luffa-Schoorla, kwasu L-askorbinowego metodą miareczkową Tillmansa (PN-A-04019:1998), polifenoli ogółem (w przeliczeniu na katechinę) metodą według van der Sluis i in. (2002).

Obliczenia statystyczne wyników składu chemicznego i oceny sensorycznej sałaty kruchej wykonano z wykorzystaniem programu STATISTICA v. 10 (StatSoft 2011). Otrzymane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji. Istotne różnice pomiędzy średnimi określano przy $p = 0,05$ według testu Tukeya.

Tabela 1. Wyróżniki jakości sensorycznej określające zapach, barwę, teksturę i smak sałaty kruchej oraz intensywność ich odczuwania

Table 1. Sensory quality descriptors used in the evaluation of fresh lettuce and their definitions

Wyróżniki Descriptors	Definicje Definitions	Określenia brzegowe Boundary terms
Zapach sałaty The lettuce smell	charakterystyczny zapach dla krojonych liści sałaty the smell characteristic of row lettuce	niewyczuwalny – b. intensywny imperceptible – very intense
Zapach obcy Foreign smell	zapach nietypowy dla liści sałaty an unusual smell for lettuce	niewyczuwalny – b. intensywny imperceptible – very intense
Twardość Hardness	siła potrzebna do rozgryzienia próbki zębami trzonowymi the force needed to crush the sample with molar teeth	miękka – twarda soft – hard
Chrupkość Crispness	natężenie dźwięku przy rozgryzieniu próbki zębami trzonowymi the intensity of sound heard while biting into the sample with the front teeth	mało chrupkie – bardzo chrupkie no sound – very noise
Smak sałaty The lettuce taste	charakterystyczny smak dla liści sałaty the taste characteristic of lettuce	niewyczuwalny – b. intensywny imperceptible – very intense
Smak gorzki Bitter taste	smak podstawowy basic taste	niewyczuwalny – b. intensywny imperceptible – very intense
Smak słodki Sweet taste	smak podstawowy basic taste	niewyczuwalny – b. intensywny imperceptible – very intense
Smak obcy Foreign taste	smak nietypowy dla sałaty an unusual taste for lettuce	niewyczuwalny – b. intensywny imperceptible – very intense
Ocena ogólna Overall quality score	ogólne wrażenie obejmujące wszystkie oceniane wyróżniki jakości a general impression covering all rated quality descriptors.	zła – bardzo dobra poor quality – very good quality

Do oceny sensorycznej sałaty krojonej świeżej i przechowywanej zastosowano metodę ilościowej analizy opisowej QDA (Quantitative Descriptive Analysis), zgodnie z procedurą ujętą w polskiej normie przedmiotowej PN – ISO 11035:1999. Oceny profilowe przeprowadzono w laboratorium spełniającym wymagania określone normą PN – ISO 8589:1998, na 6 indy-

widualnych stanowiskach, przy użyciu komputerowego programu ANALSENS. Zespół ekspercki ustalił wyróżniki jakości sensorycznej dla sałaty kruchej oraz określił ich definicje (tab. 1). Intensywność każdego wyróżnika oceniano na ciągłej skali graficznej o długości od 0 do 10 cm (odpowiadającej 0–10 jednostkom umownym – j.u.), oznaczonej odpowiednimi określeniami brzegowymi.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wpływ traktowania roztworami antyoksydacyjnymi i krótkotrwałego przechowywania sałaty kruchej krojonej na jakość i wartość odżywczą przedstawiono w tabelach 2–3. Na podstawie badań stwierdzono, że krótkotrwałe składowanie (6 dni) krojonej sałaty w temperaturze 0 °C bez opakowań oraz w opakowaniach z folii perforowanej i traktowanie roztworami kwasów organicznych miało wpływ na zawartość suchej masy, cukrów ogółem, kwasu askorbinowego i polifenoli ogółem w stosunku do kontroli, jednak nie zawsze istotny statystycznie.

W sałacie krojonej nietraktowanej (kontrola), przechowywanej bez opakowań przez 6 dni stwierdzono wzrost zawartości suchej masy i niektórych składników chemicznych. Najbardziej korzystne okazało się traktowanie krojonej sałaty 0,5% roztworem kwasu askorbinowego i 1% roztworem kwasu cytrynowego, po którym obserwowano istotny wzrost zawartości suchej masy, kwasu askorbinowego i polifenoli ogółem w stosunku do kontroli. W sałacie krojonej i mytej w roztworze kwasu cytrynowego i kwasu askorbinowego stwierdzono po przechowaniu istotny – ponad trzykrotny – wzrost zawartości kwasu askorbinowego, co wynika z infuzji tego związku do sałaty w trakcie mycia. Jest to korzystne zjawisko, podnosi wartość odżywczą sałaty krojonej.

Po krótkotrwałym przechowaniu w opakowaniach z folii perforowanej (6 dni) sałaty krojonej tylko mytej w wodzie wodociągowej stwierdzono istotny wzrost zawartości polifenoli ogółem w stosunku do kontroli. Natomiast traktowanie krojonej sałaty roztworami kwasów organicznych i krótkotrwałe składowanie w opakowaniach z folii perforowanej nie miało istotnego wpływu na zawartość tych związków. W przypadku traktowania krojonej sałaty roztworem 0,5% kwasu askorbinowego i 1% kwasu cytrynowego, a następnie przechowywanej w temperaturze 0 °C w opakowaniach z folii perforowanej zaobserwowano wzrost zawartości suchej masy oraz czterokrotny wzrost zawartości kwasu askorbinowego w stosunku do kontroli. Zawartość cukrów ogółem nie różniła się istotnie między kombinacjami podczas składowania krojonej sałaty przez 6 dni w opakowaniach z folii perforowanej.

W literaturze niewiele jest prac poświęconych badaniom wpływu traktowania roztworami kwasów organicznych i krótkotrwałego przechowywania na skład chemiczny sałaty krojonej. Większość prac dotyczy trwałości

przechowalniczej warzyw krojonych w czasie krótkotrwałego składowania. Grzegorzewska (2007) stwierdziła, że moczenie sałaty kruchej krojonej w wodzie wodociągowej lub w roztworach kwasów organicznych (kwas askorbinowy i kwas cytrynowy) nie wpływa na opóźnienie brązowienia tkanek. Trwałość przechowalnicza zależała od temperatury przechowywania. Sałata przechowywana w temperaturze 0 °C w opakowaniach foliowych perforowanych zachowała dobrą jakość przez 6 dni, natomiast w temperaturze 6–8 °C tylko przez 2 dni. Po dwóch dniach pojawiało się brązowienie i objawy gnicia. Sałata krucha krojona składowana w woreczkach foliowych z mikroperforacją o selektywnej przepuszczalności dla gazów zachowuje dłużej przydatność handlową niż w opakowaniach z folii polietylenowej z perforacją. Z kolei Martínez-Sánchez i in. (2011) donoszą, że zastosowanie opakowań utrzymujących zmodyfikowaną atmosferę przyczynia się do poprawy trwałości sałaty rzymskiej przez opóźnienie brązowienia, a także obniżenia intensywności oddychania i utrzymania jakości sensorycznej.

Michalczyk i Macura (2008) w swoich badaniach podczas przechowywania roszponki, rukoli i sałaty lodowej przez 9 dni w temperaturze 0 °C i 6 °C obserwowali spadek zawartości polifenoli, karotenoidów i kwasu askorbinowego.

Ocena sensoryczna świeżej sałaty kruchej wykazała jej wysoką jakość pod względem zapachu, smaku, barwy i tekstury. Ponadto nie zanotowano żadnych obcych zapachów i smaków w analizowanej próbie. W analizie cech sensorycznych sałaty kruchej traktowanej pozbiorczo kwasami organicznymi o działaniu antyoksydacyjnym i przechowywanej w opakowaniach jednostkowych najwyższe noty oceny ogólnej jakości uzyskała sałata krojona niemyta i myta w wodzie wodociągowej po 6 dniach przechowania w 0 °C, niezależnie od rodzaju opakowania – noty 8,0 j.u. i 8,1 j.u. (tab. 4, 5). Traktowanie pozbiorcze sałaty kruchej kwasem cytrynowym i mieszaniną kwasu cytrynowego i askorbinowego istotnie obniżyło ogólną jakość (noty od 6,2 do 6,4 j.u.) ocenianych kombinacji (tab. 4, 5).

Gorzkość sałaty świeżej oceniono na 1,3 j.u. w 10-stopniowej skali, natomiast odczucie smaku gorzkiego we wszystkich kombinacjach traktowanych i przechowywanych było mniejsze (średnia nota 0,5 j.u.). Sałata przechowywana w opakowaniach z folii perforowanej była słodsza niż sałata świeża i przechowywana na tackach styropianowych, średnio o 1,2 j.u. i 1,7 j.u. (tab. 5). Najbardziej intensywne odczucie smaku słodkiego zanotowano w sałacie mytej wodą wodociągową i przechowywanej w opakowaniach z folii perforowanej (3,8 j.u.) (tab. 5). W trakcie przechowywania intensywność smaku typowego dla sałaty kruchej zmniejszała się w porównaniu do sałaty świeżej zarówno w sałacie niemytej, jak i w mytej i traktowanej kwasami, niezależnie od rodzaju opakowania.

Tabela 2. Zawartość niektórych składników w sałacie krojonej po przechowywaniu przez 6 dni w 0 °C na tackach bez opakowań lekko przykrytych folią

Table 2. The content of some compounds in cut lettuce after storage for 6 days at 0 °C on trays without packaging with a light covering of the film

Obiekt Objects	Sucha masa Dry matter (%)	Kwas askorbinowy (mg·100 g ⁻¹ ś.m.) Ascorbic acid (mg·100 g ⁻¹ f.m.)	Cukry ogółem (% ś.m.) Total sugar (% f.m.)	Polifenole ogółem (mg·100 g ⁻¹ ś.m.) Total polyphenols (mg·100 g ⁻¹ f.m.)
Nietraktowana (kontrola) Not treated (control)	4,1 a	26,8 b	1,7 b	24,9 c
Sałata po przechowywaniu w 0 °C przez 6 dni; Lettuce after storage at 0 °C for 6 days				
Nietraktowana Not treated	4,2 a	29,4 b	1,9 a	32,9 ab
Myta w wodzie wodociągowej Washed in tap water	3,8 b	25,5 b	1,6 b	33,2 a
Myta w 1% kw. cytryn. – 3 min Washed in 1% citric acid – 3 min.	4,3 a	27,1 b	1,9 a	29,4 b
Myta w 1% kw. cytryn. + 0,5 % kw. askorb. – 3 min Washed in 1% citric acid + 0,5% ascorb. acid – 3 min.	4,4 a	96,4 a	2,1 a	35,4 a

Uwagi; Note: średnie dla poszczególnych składników (n = 3) w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie wg testu Tukeya (p = 0,05); averages for components in the column (n = 3) with the same letter are not significantly different according to Tukey's test (p = 0.05).
ś.m.; f.m. - świeża masa; fresh matter

Tabela 3. Zawartość niektórych składników w sałacie krojonej po przechowywaniu przez 6 dni w 0 °C w opakowaniach z folii perforowanej

Table 3. The content of some compounds in cut lettuce after storage for 6 days at 0 °C in perforated film packaging

Obiekt Objects	Sucha masa Dry matter (%)	Kwas askorbinowy (mg·100 g ⁻¹ ś.m.) Ascorbic acid (mg·100 g ⁻¹ f.m.)	Cukry ogółem (% ś.m.) Total sugar (% f.m.)	Polifenole ogółem (mg·100 g ⁻¹ ś.m.) Total polyphenols (mg·100 g ⁻¹ f.m.)
Nietraktowana (kontrola) Not treated (control)	4,1 b	26,8 c	1,7 a	24,9 b
Sałata po przechowywaniu w 0 °C przez 6 dni; Lettuce after storage at 0 °C for 6 days				
Nietraktowana Not treated	4,1 b	33,3 b	1,9 a	33,6 a
Myta w wodzie wodociągowej Washed in tap water	3,8 b	32,6 b	1,7 a	29,5 a
Myta w 1% kw. cytryn. – 3 min Washed in 1% citric acid – 3 min	4,0 b	30,4 b	1,9 a	24,1 b
Myta w 1% kw. cytryn. + 0,5% kw. askorb. – 3 min Washed in 1% citric acid + 0,5% ascorb. acid – 3 min	4,4 a	128,6 a	1,9 a	25,3 b

Uwagi; Note: see table 2

Tabela 4. Ocena sensoryczna krojonej sałaty kruchej po przechowaniu przez 6 dni w 0 °C na tackach bez opakowań, z lekkim przykryciem folią, wyrażona w skali 1–10 j.u.

Table 4. Sensory analysis of lettuce crisp after storage for 6 days at 0 °C on trays without packaging, with a light covering of the film, expressed in the scale 1–10 a.u.

Objekty; Objects	Wyróżniki sensoryczne; Sensory descriptors									
	zapach sałaty the let-tuce-smell	zapach obcy for-eign smell	barwa color	twar- dość hard- ness	chrup- kość crisp- ness	smak sałaty the let-tuce taste	smak gorzki bitter taste	smak słodki sweet taste	smak obcy for-eign taste	ocena ogólna jakości overall quality score
	0 - niewyczuwalny, 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible, 10 - very intense	0 - niewyczuwalny, 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible, 10 - very intense	0 - jasnozielonej, 10 - brązowe przebarwienia 0 - light green, 10 - brown discoloration	0 - miękka, 10 - twarda 0 - soft, 10 - hard	0 - mało chrupka, 10 - bardzo chrupka 0 - no sound, 10 - very noisy	0 - niewyczuwalny, 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible, 10 - very intense	0 - niewyczuwalny, 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible, 10 - very intense	0 - niewyczuwalny, 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible, 10 - very intense	0 - niewyczuwalny, 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible, 10 - very intense	0 - zła, 10 - bardzo dobra 0 - poor quality, 10 - very good quality
Salata świeża (kontrola) Fresh lettuce (control)	7,5 a	0 c	1,5 d	6,9 ab	7,7 a	7,8 a	1,3 a	2,4 a	0 b	7,5 a
Salata po przechowywaniu w 0 °C przez 6 dni Lettuce after storage at 0 °C for 6 days										
Salata nietraktowana Not treated	6,3 b	0,3 b	3,3 c	7,6 a	7,9 a	7,5 a	0,1 b	2,1 a	0,2 a	8,0 a
Salata myta – woda wodociąg. Washed in tap water	6,1 b	0,6 b	1,8 d	7,7 a	7,5 a	7,6 a	0,2 b	2,2 a	0,3 a	8,0 a
Myta w 1% kw. cytryn. – 3 min Washed in 1% citric acid – 3 min	5,2 bc	1,2 a	6,9 a	6,4 b	6,3 b	6,2 b	0,6 b	1,8 ab	0,2 a	6,2 b
Myta w 1% kw. cytryn. + 0,5% kw. askorb. – 3 min Washed in 1% citric acid + 0,5% ascorb. acid – 3 min	5,6 bc	0,6 b	4,8 b	6,1 b	6,5 b	6,0 b	0,7 b	1,5 b	0,4 a	6,2 b

Uwagi; Note: średnie dla poszczególnych składników (n = 3) w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie wg testu Tukeya (p = 0,05); averages for components in the column (n = 3) with the same letter are not significantly different according to Tukey's test (p = 0.05);

j.u. – jednostki umowne; a.u. – arbitrary units

Tabela 5. Ocena sensoryczna krojonej sałaty kruchej po przechowaniu przez 6 dni w 0 °C w opakowaniach z folii perforowanej, wyrażona w skali 0–10 j.u.

Table 5. Sensory analysis of lettuce crisp after storage for 6 days at 0 °C in perforated film packaging, expressed in the scale 1–10 a.u.

Objekty; Objects	Wyróżniki sensoryczne; Sensory descriptors									
	zapach sałaty the lettuce-smell	zapach obcy foreign smell	barwa color	twardość hardness	chrupkość crispness	smak sałaty the lettuce taste	smak gorzki bitter taste	smak słodki sweet taste	smak obcy foreign taste	ocena ogólna jakości overall quality score
	0 - niewyczuwalny; 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible; 10 - very intense	0 - niewyczuwalny; 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible; 10 - very intense	0 - jasnozielonej; 10 - brązowe przebarwienia 0 - light green; 10 - brown discoloration	0 - miękka; 10 - twarda 0 - soft; 10 - hard	0 - mało chrupka; 10 - bardzo chrupka 0 - no sound; 10 - very noisy	0 - niewyczuwalny; 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible; 10 - very intense	0 - niewyczuwalny; 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible; 10 - very intense	0 - niewyczuwalny; 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible; 10 - very intense	0 - niewyczuwalny; 10 - bardzo intensywny 0 - imperceptible; 10 - very intense	0 - zła; 10 - bardzo dobra 0 - poor quality; 10 - very good quality
Sałata świeża (kontrola) Fresh lettuce (control)	7,5 a	0 c	1,5 d	6,9 ab	7,7 a	7,8 a	1,3 a	2,4 a	0 b	7,5 a
Sałata po przechowywaniu w 0 °C przez 6 dni Lettuce after storage at 0 °C for 6 days										
Sałata nietraktowana Not treated	5,4 c	1,2 a	3,5 b	7,4 a	7,5 ab	7,3 a	1,0 ab	3,7 a	0,1 b	7,2 ab
Sałata myta – woda wodociąg. Washed in tap water	6,2 b	1,2 a	1,6 c	7,3 a	8,2 a	7,8 a	0,4 b	3,8 a	0,1 b	8,1 a
Myta w 1% kw. cytryn. – 3 min Washed in 1% citric acid – 3 min	5,5 c	1,2 a	6,2 a	6,1 b	7,3 ab	6,1 b	0,8 b	3,6 a	0,3 b	6,4 b
Myta w 1% kw. cytryn. + 0,5% kw. askorb. – 3 min. Washed in 1% citric acid + 0,5% ascorb. acid – 3 min	5,0 c	1,8 a	6,0 a	6,5 b	7,0 b	5,8 b	0,6 b	3,4 a	1,5 a	6,3 b

Uwagi, Note: see table 4

Rodzaj opakowania istotnie wpłynął na intensywność niepożądanych zapachów i smaków w przechowywanych kombinacjach. Istotnie najwyższą intensywność zapachu stęchłego i smaku określonego jako metaliczny zanotowano w sałacie mytej mieszaniną kwasów cytrynowego i askorbinowego i przechowywanej w opakowaniach z folii perforowanej (odpowiednio 1,8 j.u. i 1,5 j.u.) (tab. 5). Według Day (2002) zastosowanie atmosfery o dużym stężeniu tlenu wydłuża nawet do 11 dni okres akceptowalności sensorycznej sałaty kruchej (pod względem wyglądu, zapachu i tekstury), w porównaniu do produktów pakowanych w atmosferze modyfikowanej lub w atmosferze powietrza, czyli w standardowych warunkach przemysłowych. Wyniki badań własnych wskazują istotnie wyższe noty chrupkości i twardości sałaty niemytej i mytej w wodzie wodociągowej w porównaniu do sałaty zanurzonej w kwasie cytrynowym i mieszaninie kwasu cytrynowego i askorbinowego, niezależnie od zastosowanego opakowania. W badaniach Delaquis i in. (1999) odpowiednio wysokie noty tekstury i chrupkości sałaty uzyskano stosując roztwór chloru w stężeniu 100 ppm. W przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono korzystnego wpływu kwasu cytrynowego na barwę krojonej sałaty. Sałata myta w roztworze kwasu cytrynowego charakteryzowała się większą ilością liści z brązowymi przebarwieniami w miejscu krojenia w porównaniu do pozostałych kombinacji, niezależnie od sposobu pakowania (tab. 4, 5).

WNIOSKI

1. Sałata traktowana roztworem 0,5% kwasu askorbinowego i 1% kwasu cytrynowego, przechowywana w temperaturze 0 °C przez 6 dni charakteryzowała się wyższą zawartością wybranych składników odżywczych i bioaktywnych niż sałata świeża, niemyta i myta w wodzie wodociągowej, niezależnie od rodzaju opakowania.
2. Sałata świeża, niemyta i myta w wodzie wodociągowej charakteryzowała się lepszą jakością sensoryczną niż sałata myta w kwasie cytrynowym i mieszaninie kwasu cytrynowego i askorbinowego, niezależnie od rodzaju opakowania.
3. Najwyższą ocenę ogólnej jakości sensorycznej uzyskała sałata myta w wodzie wodociągowej po przechowaniu w opakowaniach z folii perforowanej.
4. Opakowanie miało istotny wpływ na intensywność zapachu i smaku obcego składowanej sałaty, a przechowywanie dodatkowo zmniejszyło nasilenie smaku gorzkiego w ocenianych kombinacjach w porównaniu do sałaty świeżej.

Literatura

- Bolin H.R., Huxsoll C.C. 1991. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. *Journal Food Science* 56(1): 60–62. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1991.tb07975.x.
- Brecht J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30(1): 18–22. DOI: 10.21273/hortsci.30.1.18.
- Chiesa A., Carballo S., Cabot M., Filippini de Delfino O.S. 2001. Browning inhibition of harvested lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Acta Horticulturae* 553: 317–319. DOI: 10.17660/actahortic.2001.553.78.
- Choi Y.-J., Tomás-Barberán F.A., Saltveit M.E. 2005. Wound-induced phenolic accumulation and browning in lettuce (*Lactuca sativa* L.) leaf tissue is reduced by exposure to *n*-alcohols. *Postharvest Biology and Technology* 37: 47–55. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2005.03.002.
- Czapski J. 2007. Trendy w technologii aktywnych opakowań żywności ze szczególnym uwzględnieniem produktów owocowo-warzywnych. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 10: 36–38.
- Day B.P.F. 2002. New modified atmosphere packaging (MAP) techniques for fresh prepared fruit and vegetables. W: Jongen W. (red.), *Fruit and Vegetable Processing*. Woodhead Publishing, s. 310–330. DOI: 10.1533/9781855736641.3.310.
- Delaquis P.J., Stewart S., Toivonen P.M.A., Moyls A.L. 1999. Effect of warm, chlorinated water on the microbial flora of shredded iceberg lettuce. *Food Research International* 32: 7–14.
- Gorny J. 2001. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. *Postharvest Horticulture, Series 22A*: 95–145.
- Grzegorzewska M. 2007. The influence of postharvest treatment and short term storage on quality and durability of fresh cut crisp lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.). *Vegetable Crops Research Bulletin* 67: 137–147. DOI: 10.2478/v10032-007-0038-0.
- Laurila E., Ahvenainen R. 2002. Minimal processing of fruits and vegetables. W: *Fruit and vegetable processing*. W: Jongen W. (red.), *Fruit and Vegetable Processing*. Woodhead Publishing, s. 288–309. DOI: 10.1533/9781855736641.3.288.
- Lopez-Galvez F., Ragaert P., Palermo L.A., Eriksson M., Devlieghere F. 2013. Effect of new sanitizing formulations on quality of fresh-cut iceberg lettuce. *Postharvest Biology and Technology* 85: 102–108. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.05.005.
- Mahajan P.V., Caleb O.J., Singh Z., Watkins C.B., Geyer M. 2014. Postharvest treatments of fresh produce. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 372, 19 s. DOI: 10.1098/rsta.2013.0309.

- Martínez-Sánchez A., Tudela J.A., Luna C., Allende A., Gil M.I. 2011. Low oxygen levels and light exposure affect quality of fresh-cut Romaine lettuce. *Postharvest Biology and Technology* 59(1): 34–42. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2010.07.005.
- Michalczyk M., Macura R. 2008. Wpływ warunków przechowywania na jakość wybranych, dostępnych w obrocie handlowym, mało przetworzonych produktów warzywnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3(58): 96–107.
- Nowicka P., Wojdyło A., Oszmiański J. 2014. Zagrożenia powstające w żywności minimalnie przetworzonej i skuteczne metody ich eliminacji. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2(93): 5–18. DOI: 10.15193/zntj/2014/93/005-018.
- Pietrzyk S. 2008. *Żywność minimalnie przetworzona*. Laboratorium, Przegląd Ogólnopolski 11/2008: 18–23.
- Polska Norma PN-ISO 11035:1999. Analiza sensoryczna – Identyfikacja i wybór deskryptorów do ustalania profilu sensorycznego z użyciem metod wielowymiarowych, 29 s.
- Polska Norma PN-ISO 8589:1998. Analiza sensoryczna – Ogólne wytyczne dotyczące projektowania pracowni analizy sensorycznej, 13 s.
- Polska Norma PN-A-04019:1998. Produkty spożywcze – Oznaczanie zawartości witaminy C, 6 s.
- Radziejewska-Kubzdela E., Biegańska-Marecik R. 2009. Pakowanie mało przetworzonych owoców i warzyw w atmosferze modyfikowanej. *Przemysł Spożywczy* 63(6): 30–33.
- Sanz S., Giménez M., Olarte C. 2003. Survival and growth of *Listeria monocytogenes* and enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in minimally processed artichokes. *Journal of Food Protection* 66(12): 2203–2209. DOI: 10.4315/0362-028x-66.12.2203.
- Segall K.L., Scanlon M.G. 1996. Design and analysis of a modified-atmosphere package for minimally processed romaine lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121(4): 722–729. DOI: 10.21273/jashs.121.4.722.
- van der Sluis A.A., Dekker M., Skrede G., Jongen W.M.F. 2002. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple juice. 1. Effect of existing production methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(25): 7211–7219. DOI: 10.1021/jf020115h.
- Tendaj M., Tendaj B. 1997. Przechowywanie warzyw w opakowaniach z modyfikowaną atmosferą. *Przemysł Spożywczy* 51(7): 32–34.
- Watada A.E., Qi L. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology* 15: 201–205. DOI: 10.1016/s0925-5214(98)00085-4.

Praca została wykonana w ramach Programu Wieloletniego „Działania na rzecz poprawy konkurencyjności i innowacyjności sektora ogrodniczego z uwzględnieniem jakości i bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska naturalnego”, zadanie 3.5, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.