

WPLYW ODMIANY I WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH SKŁADNIKÓW W CEBULI

THE EFFECT OF CULTIVAR AND STORAGE CONDITIONS ON CONTENTS OF SOME INGREDIENTS IN ONION

**Ewa Badelek, Ryszard Kosson, Franciszek Adamicki*,
Robert Maciorowski**

Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice
*emerytowany pracownik Instytutu Ogrodnictwa
Ewa.Badelek@inhort.pl

Abstract

The aim of the study conducted in 2011–2014 was to determine the influence of controlled atmosphere (CA) and low concentration of ethylene on contents of ingredients in onion. Three cultivars of onion ‘Polanowska’, ‘Grabowska’ and ‘Kristine’ were used for experiment. Onion was stored at $3 \pm 0,5$ °C for 6 months in CA containing: 2% CO₂ – 2% O₂, 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm of ethylene, 3% CO₂ – 5% O₂, 3% CO₂ – 5% O₂ + 15 ppm of ethylene, air + 15 ppm of ethylene, and in air. Before storage and after storage the dry mater, total sugars, reducing sugars, vitamin C, phenols and nitrates content in onion were analyzed. In onion stored in air or in air containing ethylene there was a significant decrease in the total sugar content, but the highest content of simple sugars was found in onion stored in an atmosphere containing 3% CO₂ – 5% O₂ and in the air. Positive effect of storage of onion in an atmosphere of 2% CO₂ – 2% O₂ and in air containing ethylene, on the level of vitamin C was found.

Key words: onion, storage, control atmosphere, ethylene, dry matter, vitamin C, sugars, phenols

WSTĘP

Cebula ze względu na dużą wartość odżywczą jest powszechnie spożywana w stanie świeżym na całym świecie. Stosuje się ją jako dodatek do różnych warzyw surowych oraz jako przyprawę do wielu potraw gotowanych i smażonych. Jest również spożywana w postaci przetworów – suszu, konserw, marynat w occie (Doruchowski i Małachowski 1982). W 100 g części jadalnych cebuli znajduje się: 87,6–88,8 g wody, 0,9–1,4 g białka, 0,2–0,3 g tłuszczów, 5,3–9,0 g cukrów, 1,3–3,1 g błonnika, 9–12 mg witaminy C, 0,03 mg witaminy A, a ponadto witaminy z grupy B, witamina E,

makro- i mikroelementy (Rumpel 2003). Cebula zwyczajna i szalotka charakteryzują się dużą zawartością związków polifenolowych, głównie flawonoidów i kwasów fenolowych (Mysiak i Tendaj 2006). Związki te decydują o właściwościach antyoksydacyjnych warzyw cebulowych (Miller i in. 2008). Według Chenga i in. (2013) całkowita zawartość fenoli i flawonoidów w cebuli jest wyższa w łuskach mięsistych zewnętrznych niż w łuskach mięsistych wewnętrznych, a także wyższa w cebuli żółtej niż czerwonej. Żywność bogata w substancje o właściwościach przeciwutleniających odgrywa istotną rolę w profilaktyce chorób cywilizacyjnych, jak np. miażdżyca, cukrzyca, zaćma, choroba Parkinsona i choroba Alzheimera (Szajdek i Borowska 2004). Głównym flawonoidem zidentyfikowanym w cebuli jest kwercetyna (Horbowicz i Kotlińska 1998; Horbowicz 2000). Cebula zawiera również inne bioaktywne składniki jak fruktooligosacharydy i związki siarkowe (Roldán i in. 2008; Grzelak i in. 2009).

Cukry są podstawowym składnikiem odżywczym w cebuli zwyczajnej i szalotce. Ich zawartość decyduje o właściwościach sensorycznych i może być wyznacznikiem dojrzałości zbiorczej i trwałości przechowalniczej (Tendaj i Mysiak 2010). W czasie przechowywania cebuli następują zmiany składu chemicznego polegające głównie na obniżeniu poziomu polifruktanów i suchej masy oraz podwyższeniu zawartości monocukrów (Ostrzycka i Perłowska 1992). Różnice między odmianami cebuli w zawartości cukrów stwierdzili Adamicki (2005), Chope i in. (2007b), Hallmann i Rembiałkowska (2007), Ilić i in. (2009), Pöldma i in. (2012), Tendaj i in. (2014). Zawartość cukrów ogółem w 4 odmianach cebuli badanych przez Ilić i in. (2009) wynosiła od 4,5 do 10,5%. W badaniach Pöldma i in. (2012) notowano wyższą zawartość cukrów ogółem u odmian ostrych cebuli ‘Hercules’ i ‘Hyred’, natomiast niższą u odmiany sałatkowej ‘Exhibition’. Horbowicz i Grzegorzewska (2000) wykazali różnice w zawartości cukrów ogółem w zależności od stadium dojrzałości cebuli w czasie zbioru.

Badania wykazały również znaczne różnice między odmianami cebuli w zawartości suchej masy (Chope i in. 2006; Tendaj i in. 2014). Zmiany zawartości suchej masy w zależności od odmiany i warunków przechowywania wykazano również w badaniach Chope i in. (2007b). Downes i in. (2010) nie stwierdzili różnic między odmianami cebuli brązowej – ‘Sherpa’ i ‘Wellington’ w zawartości suchej masy, zaś Hallmann i Rembiałkowska (2007) między odmianami cebuli czerwonej – ‘Wenta’ i ‘Red Baron’.

Wierzbicka i Kuskowska (2002) wykazały duże zróżnicowanie w zawartości witaminy C między gatunkami i odmianami warzyw. Różnice w zawartości witaminy C między odmianami cebuli i wpływ warunków przechowywania na jej zawartość stwierdzili Adamicki (1980, 2005) oraz Ilić i in. (2009). Badania Hallmann i Rembiałkowskiej (2007) wykazały wyższą zawartość witaminy C w cebuli czerwonej pochodzącej z uprawy ekologicznej niż w cebuli z uprawy konwencjonalnej.

Celem badań było określenie wpływu przechowywania cebuli w kontrolowanej atmosferze o różnych stężeniach tlenu i dwutlenku węgla, a także niskiej koncentracji etylenu na zawartość wybranych składników w trzech odmianach: 'Polanowska', 'Grabowska' i 'Kristine'.

MATERIAŁ I METODY

Trzyletnie doświadczenie przechowalnicze prowadzono w latach 2011–2014 w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach. Materiałem do badań były trzy odmiany cebuli: 'Polanowska', 'Grabowska' i 'Kristine' uprawiane metodą konwencjonalną, zgodnie z zaleceniami dla tego typu uprawy. Po zbiorze i dosuszeniu cebuli zakładano doświadczenie przechowalnicze: w 2011 r. – 23 listopada, 2012 r. – 5 grudnia i 2013 r. – 27 listopada. Cebulę przechowywano w temperaturze $3 \pm 0,5$ °C przez 6 miesięcy w kontrolowanej atmosferze (KA) zawierającej 2% CO₂ – 2% O₂, 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm etylenu, 3% CO₂ – 5% O₂, 3% CO₂ – 5% O₂ + 15 ppm etylenu, w normalnej atmosferze oraz w normalnej atmosferze + 15 ppm etylenu. Wilgotność względna powietrza w komorze chłodniczej wynosiła 75–85%. Skład gazowy atmosfery oraz utrzymywanie składu na odpowiednim poziomie były kontrolowane i automatycznie sterowane za pomocą urządzenia Oxystat 200 firmy David Bishop Instruments, Sussex, UK, natomiast stężenie etylenu na poziomie 15 ppm było utrzymywane za pomocą urządzenia ICA Ethylene Control System i sensorów etylenu (ICA 514). Bezpośrednio przed wstawieniem cebuli do przechowania i po przechowaniu wykonano analizy chemiczne na zawartość suchej masy, witaminy C, cukrów prostych i ogółem, polifenoli rozpuszczalnych i azotanów. Suchą masę oznaczano metodą suszarkową (temperatura do 104 °C przez 24 godziny), witaminę C metodą miareczkową Tillmansa (Pijanowski i in. 1964), cukry proste i ogółem metodą Luffa–Schoorla (PN-A-75101-07:1990), polifenole rozpuszczalne metodą z odczynnikami Folina–Ciocalteu (Vinson i in. 1998), natomiast azotany z użyciem elektrody jonoselektywnej Orion. Wyniki zawartości składników w cebuli przedstawiono w tabelach w przeliczeniu na świeżą masę (ś.m.).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą liniowego modelu mieszanego ze względu na niezbalansowany układ (jedna z odmian oceniana w okresie dwóch lat). Istotność efektów modelu (lata, odmiany i warunki przechowywania) oraz ich interakcję oceniano testem F. Dla istotnych efektów porównanie średnich wykonano testem Tukeya przy $p = 0,05$. Wszystkie obliczenia wykonano w programie Statistica v.13. Ze względu na nieistotność efektów interakcji lat z badanymi czynnikami lub niewielką siłą tych efektów, średnie w tabelach przedstawiono dla interakcji warunków przechowywania z odmianami oraz dla ich efektów głównych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość suchej masy przed przechowaniem była najniższa u odmiany 'Grabowska' (11,5%), natomiast u odmiany 'Polanowska' i 'Kristine' na zbliżonym poziomie i wynosiła odpowiednio 12,4% i 12,6%. U odmiany 'Kristine' zawartość suchej masy wzrosła nieznacznie w atmosferze 2% CO₂ – 2% O₂ z dodatkiem etylenu oraz w atmosferze 3% CO₂ – 5% O₂, zarówno z dodatkiem etylenu, jak i bez w stosunku do zawartości przed przechowaniem. U odmiany 'Grabowska' nie stwierdzono większych różnic w zawartości suchej masy między warunkami przechowania, aczkolwiek wystąpiła niewielka tendencja do zmniejszenia się zawartości suchej masy w normalnej atmosferze bez etylenu i z etylenem. U odmiany 'Polanowska' zawartość suchej masy utrzymywała się we wszystkich obiektach na prawie niezmiennym poziomie, z wyjątkiem normalnej atmosfery z dodatkiem etylenu, w której zawartość suchej masy istotnie się zmniejszyła (tab. 1). Podobnie jak u odmiany 'Kristine', Pöldma i in. (2012) wykazali wzrost zawartości suchej masy podczas przechowywania w kontrolowanej atmosferze o koncentracji 5% CO₂ i 1% O₂, nie stwierdzili natomiast zmian w czasie przechowywania w normalnej atmosferze. Wzrost zawartości suchej masy po 6 tygodniach przechowania cebuli odmiany 'Renate' i 'SS1' w temperaturze 2 ± 1 °C w normalnej i kontrolowanej atmosferze zawierającej 5% CO₂ i 3% O₂ obserwowali Chope i in. (2007b). Natomiast Adamicki (1979) nie wykazał istotnych różnic w zawartości suchej masy w przechowywanej cebuli między różnymi wariantami kontrolowanej atmosfery (5% CO₂ – 3% O₂, 5% CO₂ – 5% O₂, 10% CO₂ – 3% O₂, 10% CO₂ – 5% O₂) i normalną atmosferą, aczkolwiek nieco niższą zawartość suchej masy stwierdził u cebuli przechowywanej w normalnej atmosferze.

Tabela 1. Zawartość suchej masy (%) w cebuli przed przechowaniem i po 6 miesiącach przechowania w temperaturze 3 °C (średnie z trzech lat badań)
 Table 1. Contents of dry matter (%) in onion before storage and after 6 months of storage at temperature 3 °C (means of 3 years)

Warunki przechowywania Treatment	Odmiana; Cultivar			Średnia Mean
	'Polanowska'*	'Grabowska'	'Kristine'	
Przed przechowaniem Before storage	12,4 abA	11,5 abcdB	12,6 cA	12,2 bc
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂	12,9 a	11,6 abc	13,1 bc	12,5 ab
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂ + C ₂ H ₄	12,7 ab	12,0 a	13,7 a	12,8 a
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂	12,3 b	11,8 ab	13,3 ab	12,5 ab
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂ + C ₂ H ₄	12,5 ab	11,3 bcd	13,4 ab	12,4 ab
Normalna atmosfera; Air	12,3 b	11,1 cd	12,6 c	12,0 bc
Normalna atmosfera + C ₂ H ₄ Air + C ₂ H ₄	11,6 c	11,0 d	12,9 bc	11,8 c
Średnia; Mean	12,4 B	11,5 C	13,1 A	

*średnie z dwóch lat; means of 2 years

Średnie oznaczone jednakowymi, małymi literami w kolumnach i wielkimi literami w wierszach nie różnią się istotnie według testu Tukeya przy p = 0,05.

Means followed by the same small letters in columns and capital letters in rows are not significantly different according to Tukey's test at p = 0.05.

Tabela 2. Zawartość cukrów ogółem (%) w cebuli przed przechowaniem i po 6 miesiącach przechowania w temperaturze 3 °C (średnie z trzech lat badań)
 Table 2. Contents of total sugars (%) in onion before storage and after 6 months of storage at temperature 3 °C (means of 3 years)

Warunki przechowywania Treatment	Odmiana; Cultivar			Średnia Mean
	'Polanowska'*	'Grabowska'	'Kristine'	
Przed przechowaniem Before storage	8,2 cB	7,5 aC	8,8 aA	8,2 a
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂	8,7 ab	7,4 a	8,1 b	8,1 a
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂ + C ₂ H ₄	9,0 a	7,4 a	8,7 a	8,4 a
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂	8,0 c	7,6 a	8,4 ab	8,0 a
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂ + C ₂ H ₄	8,3 bc	7,3 ab	8,4 ab	8,0 a
Normalna atmosfera; Air	8,0 c	6,5 c	8,0 b	7,5 b
Normalna atmosfera + C ₂ H ₄ Air + 15 ppm C ₂ H ₄	7,4 d	6,9 bc	8,0 b	7,4 b
Średnia; Mean	8,2 A	7,2 B	8,3 A	

Objaśnienie patrz tabela 1; Note see Table 1

Niewielkie spadki zawartości suchej masy po 26 tygodniach przechowywania cebuli w przechowalni z grawitacyjnym obiegiem powietrza stwierdził Adamicki (2005), a także Ilić i in. (2009), zarówno podczas przechowywania w temperaturze 0–2 °C, jak i w przechowalni z grawitacyjnym obiegiem powietrza. U odmiany ‘SS1’ stwierdzono natomiast spadek zawartości suchej masy w czasie przechowywania w normalnej atmosferze w wyższych temperaturach, tj. 4, 12 i 20 °C (Chope i in. 2007a).

Stwierdzono różnice między odmianami w zawartości cukrów ogółem przed przechowaniem. Najwyższą zawartość cukrów ogółem stwierdzono u odmiany ‘Kristine’, a najniższą u odmiany ‘Grabowska’. Zawartość cukrów prostych była natomiast najwyższa u odmiany ‘Grabowska’. U odmiany ‘Kristine’ po przechowaniu w atmosferze 2% CO₂ – 2% O₂, w normalnej atmosferze i w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu stwierdzono spadek zawartości cukrów w stosunku do zawartości przed przechowaniem. U odmiany ‘Grabowska’ zawartość cukrów ogółem pozostała w kontrolowanych atmosferach na niezmiennym poziomie, natomiast w normalnej atmosferze i w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu istotnie się zmniejszyła. U odmiany ‘Polanowska’ wystąpił wzrost zawartości cukrów ogółem w atmosferze 2% CO₂ – 2% O₂ i 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm etylenu i istotny spadek zawartości cukrów ogółem w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu (tab. 2). U wszystkich badanych odmian stwierdzono po przechowaniu wzrost zawartości cukrów prostych. Najwyższy wzrost – 33% stwierdzono dla odmiany ‘Polanowska’ przechowywanej w normalnej atmosferze i w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu, dla odmiany ‘Kristine’ – 30% w atmosferze 3% CO₂ – 5% O₂ z dodatkiem etylenu, a dla odmiany ‘Grabowska’ – 14% w atmosferze 3% CO₂ – 5% O₂ (tab. 3). Zmiany zawartości cukrów po przechowaniu, zarówno spadki, jak i wzrosty wykazali Chope i in. (2007b). Po 42 dniach przechowywania w normalnej atmosferze wzrost zawartości cukrów ogółem z 5,16% do 8,17% stwierdzili u odmiany ‘SS1’, a spadek z 10,21% do 7,7% u odmiany ‘Renate’ i z 11,71% do 10,87% u odmiany ‘Carlos’. Natomiast po 42 dniach przechowywania w kontrolowanej atmosferze zawierającej 5% CO₂ i 3% O₂ zawartość cukrów ogółem u wszystkich odmian pozostała na prawie niezmiennym poziomie w stosunku do zawartości przed przechowaniem. Spadek zawartości cukrów ogółem po 26 tygodniach przechowywania cebuli w przechowalni z grawitacyjnym obiegiem powietrza wykazał Adamicki (2005) u cebuli traktowanej hydrazidem kwasu maleinowego i u nietraktowanej.

Tabela 3. Zawartość cukrów prostych (%) w cebuli przed przechowaniem i po 6 miesiącach przechowania w temperaturze 3 °C (średnie z trzech lat badań)
 Table 3. Contents of reducing sugars (%) in onion before storage and after 6 months of storage at temperature 3 °C (means of 3 years)

Warunki przechowywania Treatment	Odmiana; Cultivar			Średnia Mean
	'Polanowska'*	'Grabowska'	'Kristine'	
Przed przechowaniem Before storage	3,6 eB	4,2 cA	3,7 dB	3,8 d
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂	4,2 d	4,6 b	4,4 c	4,4 c
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂ + C ₂ H ₄	4,4 c	4,6 b	4,6 b	4,5 bc
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂	4,4 c	4,8 a	4,4 c	4,5 bc
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂ + C ₂ H ₄	4,6 b	4,6 b	4,8 a	4,7 a
Normalna atmosfera; Air	4,8 a	4,6 b	4,6 b	4,7 a
Normalna atmosfera + C ₂ H ₄ Air + C ₂ H ₄	4,8 a	4,6 b	4,5 bc	4,6 ab
Średnia; Mean	4,4 B	4,6 A	4,4 B	

Objaśnienie patrz tabela 1; Note see Table 1

Tabela 4. Zawartość witaminy C (mg·100 g⁻¹ ś.m.) w cebuli przed przechowaniem i po 6 miesiącach przechowania w temperaturze 3 °C (średnie z trzech lat badań)
 Table 4. Contents of vitamin C (mg·100 g⁻¹ f.w.) in onion before storage and after 6 months of storage at temperature 3 °C (means of 3 years)

Warunki przechowywania Treatment	Odmiana; Cultivar			Średnia Mean
	'Polanowska'*	'Grabowska'	'Kristine'	
Przed przechowaniem Before storage	6,4 aA	6,1 cA	6,6 cA	6,4 b
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂	6,5 a	6,0 c	9,3 a	7,3 a
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂ + C ₂ H ₄	5,8 ab	5,9 c	8,7 ab	6,8 ab
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂	5,4 bc	6,5 bc	9,3 a	7,1 ab
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂ + C ₂ H ₄	6,1 ab	6,1 c	8,4 b	6,9 ab
Normalna atmosfera; Air	4,8 c	8,2 a	8,5 ab	7,2 ab
Normalna atmosfera + C ₂ H ₄ Air + C ₂ H ₄	5,9 ab	7,3 b	9,3 a	7,5 a
Średnia; Mean	5,8 C	6,6 B	8,6 A	

Objaśnienie patrz tabela 1; Note see Table 1

Tabela 5. Zawartość fenoli ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ś.m.) w cebuli przed przechowaniem i po 6 miesiącach przechowania w temperaturze $3 \text{ }^\circ\text{C}$ (średnie z trzech lat badań)
 Table 5. Contents of phenols ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ f.w.) in onion before storage and after 6 months of storage at temperature $3 \text{ }^\circ\text{C}$ (means of 3 years)

Warunki przechowywania Treatment	Odmiana; Cultivar			Średnia Mean
	'Polanowska'*	'Grabowska'	'Kristine'	
Przed przechowaniem Before storage	87,4 aA	72,0 cB	92,7 aA	84,0 a
KA; CA 2% CO_2 – 2% O_2	79,9 ab	83,0 a	94,9 a	85,9 a
KA; CA 2% CO_2 – 2% O_2 + C_2H_4	75,8 b	79,2 abc	94,0 a	83,0 a
KA; CA 3% CO_2 – 5% O_2	72,9 b	82,1 ab	93,4 a	82,8 a
KA; CA 3% CO_2 – 5% O_2 + C_2H_4	76,8 b	77,8 abc	100,8 a	85,1 a
Normalna atmosfera Air	81,6 ab	83,2 a	93,1 a	86,0 a
Normalna atmosfera + C_2H_4 Air + C_2H_4	73,3 b	72,8 bc	101,0 a	82,4 a
Średnia; Mean	78,2 B	78,6 B	95,7 A	

Objaśnienie patrz tabela 1; Note see Table 1

Tabela 6. Zawartość azotanów ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ś.m.) w cebuli przed przechowaniem i po 6 miesiącach przechowania w temperaturze $3 \text{ }^\circ\text{C}$ (średnie z trzech lat badań)
 Table 6. Contents of nitrates ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ f.w.) in onion before storage and after 6 months of storage at temperature $3 \text{ }^\circ\text{C}$ (means of 3 years)

Warunki przechowywania Treatment	Odmiana; Cultivar			Średnia Mean
	'Polanowska'*	'Grabowska'	'Kristine'	
Przed przechowaniem Before storage	25,9 aB	25,5 aB	27,3 aA	26,2 a
KA; CA 2% CO_2 – 2% O_2	17,1 d	21,3 c	21,8 de	20,1 e
KA; CA 2% CO_2 – 2% O_2 + C_2H_4	16,3 e	21,3 c	25,5 b	21,0 cd
KA; CA 3% CO_2 – 5% O_2	21,0 b	20,9 c	23,3 c	21,7 bc
KA; CA 3% CO_2 – 5% O_2 + C_2H_4	16,7 de	23,3 b	26,1 b	22,0 b
Normalna atmosfera; Air	19,9 c	20,1 d	21,3 e	20,4 de
Normalna atmosfera + C_2H_4 Air + C_2H_4	16,4 de	21,1 c	22,3 d	19,9 e
Średnia; Mean	19,0 C	21,9 B	23,9 A	

Objaśnienie patrz tabela 1; Note see Table 1

Adamicki (1980) stwierdził nieco wyższą zawartość cukrów prostych w cebuli przechowywanej w normalnej atmosferze w porównaniu z kontrolowanymi atmosferami o różnej zawartości tlenu i dwutlenku węgla, natomiast zawartość cukrów ogółem była wyraźnie wyższa w cebuli przechowywanej w kontrolowanych atmosferach niż w atmosferze normalnej w temperaturze 1 i 5 °C. Pöldma i in. (2012) wykazali różną reakcję odmian cebuli na przechowanie w tych samych warunkach. Po przechowaniu trzech odmian cebuli 'Hercules', 'Hyred' i 'Exhibition' w temperaturze 2 ± 1 °C, zarówno w normalnej, jak i w kontrolowanej atmosferze zawierającej 1% O₂ i 5% CO₂ obserwowali spadek zawartości cukrów ogółem u odmiany 'Hercules' i istotny wzrost u odmiany 'Exhibition'. Natomiast u odmiany 'Hyred' zawartość cukrów ogółem pozostała na tym samym poziomie.

Zawartość witaminy C przed przechowaniem była u wszystkich odmian na podobnym poziomie i wynosiła: 6,1 mg·100 g⁻¹ u odmiany 'Grabowska', 6,4 mg·100 g⁻¹ u odmiany 'Polanowska' i 6,6 mg·100 g⁻¹ u odmiany 'Kristine'. U odmiany 'Polanowska' stwierdzono niewielkie spadki zawartości witaminy C w czasie przechowywania, ale istotne zmniejszenie zawartości witaminy C w stosunku do zawartości przed przechowaniem obserwowano w normalnej atmosferze i w atmosferze 3% CO₂ – 5% O₂. Natomiast u odmiany 'Kristine' notowano wzrost zawartości witaminy C we wszystkich obiektach. Najwyższą zawartość witaminy C u tej odmiany oznaczono po przechowaniu w atmosferze 2% CO₂ – 2% O₂, 3% CO₂ – 5% O₂ i w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu. U odmiany 'Grabowska' nastąpił wzrost zawartości witaminy C w stosunku do zawartości przed przechowaniem w normalnej atmosferze i w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu. W pozostałych obiektach zawartość witaminy C utrzymywała się na poziomie zbliżonym do zawartości przed przechowaniem (tab. 4). Podobnie jak u odmiany 'Grabowska' Adamicki (1979) wykazał niewielkie różnice w zawartości witaminy C w cebuli odmiany 'Sochaczewska' przechowywanej w różnych wariantach kontrolowanych atmosfer i nieco wyższą zawartość witaminy C w cebuli przechowywanej w atmosferze normalnej. Różnice w zawartości witaminy C między odmianami oraz warunkami przechowywania cebuli wykazali także Ilić i in. (2009). Autorzy stwierdzili nieco większe spadki zawartości witaminy C po 186 dniach przechowywania cebuli w przechowalni z grawitacyjnym obiegiem powietrza niż w przechowywanej w chłodni w temperaturze 0–2 °C. Zawartość witaminy C po przechowaniu w chłodni wynosiła w za-

leżności od odmiany $11,1 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ i $14,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, natomiast po przechowaniu w przechowalni z grawitacyjnym obiegiem powietrza odpowiednio: $10,9$ i $12,3 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Niewielkie spadki zawartości witaminy C po 26 tygodniach przechowywania cebuli w przechowalni z grawitacyjnym obiegiem powietrza obserwował również Adamicki (2005).

Zawartość fenoli w cebuli przed przechowaniem była najniższa u odmiany 'Grabowska' i wynosiła $72,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, u odmiany 'Polanowska' – $87,4 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, a u odmiany 'Kristine' była najwyższa – $92,7 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, ale różnice między odmianą 'Grabowska' i 'Kristine' były statystycznie nieistotne. U odmiany 'Polanowska' nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości związków fenolowych po przechowaniu w atmosferze $2\% \text{ CO}_2 - 2\% \text{ O}_2$ i w normalnej atmosferze w stosunku do zawartości przed przechowaniem. W pozostałych obiektach nastąpił spadek zawartości związków fenolowych. U odmiany 'Grabowska' obserwowano wzrost zawartości fenoli w atmosferze $2\% \text{ CO}_2 - 2\% \text{ O}_2$, $3\% \text{ CO}_2 - 5\% \text{ O}_2$ i w normalnej atmosferze. U odmiany 'Kristine' nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości związków fenolowych między warunkami przechowywania (tab. 5). Różnice w zawartości fenoli między odmianami wykazali również Downes i in. (2010), którzy stwierdzili wyższą zawartość fenoli u odmiany 'Sherpa' niż u odmiany 'Wellington'. Natomiast Tendaj i in. (2014) nie wykazali istotnych różnic w zawartości kwasów fenolowych między odmianami cebuli zwyczajnej i szalotki, chociaż nieco wyższą zawartość stwierdzili autorzy u cebuli zwyczajnej odmiany 'Wolska' i u szalotki odmiany 'Matador F₁'.

Cebula posiada niską zdolność do gromadzenia azotanów. Przed przechowaniem notowano u odmiany 'Kristine' nieco wyższą zawartość azotanów ($27,3 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) niż u odmiany 'Polanowska' ($25,9 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) i 'Grabowska' ($25,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). We wszystkich obiektach wystąpił spadek zawartości azotanów po przechowaniu. U odmiany 'Polanowska' zawartość azotanów obniżyła się w większym stopniu niż u pozostałych dwóch odmian. Większe spadki zawartości azotanów wystąpiły u tej odmiany w obiektach z dodatkiem etylenu. W przypadku odmiany 'Kristine' i 'Grabowska' większy spadek zawartości azotanów obserwowano w atmosferach bez dodatku etylenu (tab. 6).

PODSUMOWANIE

Przed przechowaniem cebula odmian 'Polanowska' i 'Kristine' charakteryzowała się wyższą zawartością cukrów ogółem, witaminy C

i związków fenolowych niż odmiana 'Grabowska'. Po przechowaniu najwyższą zawartość witaminy C i związków fenolowych stwierdzono w cebuli odmiany 'Kristine', natomiast zawartość cukrów ogółem była na takim samym poziomie jak u odmiany 'Polanowska'. W cebuli przechowywanej w normalnej atmosferze i w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu nastąpił istotny spadek zawartości cukrów ogółem, natomiast najwyższą zawartość cukrów prostych stwierdzono w cebuli składowanej w atmosferze zawierającej 3% CO₂ – 5% O₂ oraz w normalnej atmosferze.

Korzystnie na poziom zawartości witaminy C wpłynęło przechowywanie w atmosferze 2% CO₂ – 2% O₂ i w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu. Po przechowywaniu, w porównaniu z cebulą świeżą, obserwowano także spadek zawartości azotanów w cebuli, przy czym najwyższy spadek stwierdzono podczas przechowywania w atmosferze 2% CO₂ – 2% O₂, w normalnej atmosferze i w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu.

Literatura

- Adamicki F. 1980. Wpływ kontrolowanej atmosfery na przechowanie, jakość i wartość biologiczną cebuli. Praca doktorska, Instytut Warzywnictwa Skierniewice, 92 s.
- Adamicki F. 2005. Effects of pre-harvest treatments and storage conditions on quality and shelf-life of onions. *Acta Horticulturae* 688: 229–238. DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.688.31.
- Cheng A., Chen X., Jin Q., Wang W., Shi J., Liu Y. 2013. Comparison of phenolic content and antioxidant capacity of red and yellow onions. *Czech Journal of Food Sciences* 31(5): 501–508.
- Chope G.A., Terry L.A., White P.J. 2006. Effect of controlled atmosphere storage on abscisic acid concentration and other biochemical attributes of onion bulbs. *Postharvest Biology and Technology* 39: 233–242. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2005.10.010.
- Chope G.A., Terry L.A., White P.J. 2007a. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the physical and biochemical characteristics of onion cv. SS1 bulbs during storage. *Postharvest Biology and Technology* 44: 131–140. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.11.012.
- Chope G.A., Terry L.A., White P.J. 2007b. The effect of the transition between controlled atmosphere and regular atmosphere storage on bulbs of onion cultivars SS1, Carlos and Renate. *Postharvest Biology and Technology* 44: 228–239. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.12.018.
- Doruchowski W., Małachowski A. 1982. Cebula zwyczajna – *Allium cepa* L. W: Szczegółowa uprawa warzyw. PWRiL, Warszawa, s. 156–193.

- Downes K., Chope G.A., Terry L.A. 2010. Postharvest application of ethylene and 1-methylcyclopropene either before or after curing affects onion (*Allium cepa* L.) bulb quality during long term cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 55: 36–44. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2009.08.003.
- Grzelak K., Milala J., Król B., Adamicki F., Badełek E. 2009. Content of quercetin glycosides and fructooligosaccharides in onion stored in a cold room. *European Food Research and Technology* 228: 1001–1007. DOI: 10.1007/s00217-009-1018-z.
- Hallmann E., Rembiałkowska E. 2007. Zawartość wybranych składników odżywczych w czerwonych odmianach cebuli z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2(51): 105–111.
- Horbowicz M., Kotlińska T. 1998. Zróżnicowanie zawartości flawonoli w niektórych uprawnych i dzikich gatunkach z rodzaju *Allium*. *Zeszyty Problemove Postępów Nauk Rolniczych* 463: 529–537.
- Horbowicz M. 2000. Występowanie, biosynteza i właściwości biologiczne flawonoli. *Postępy Nauk Rolniczych* 47(2): 3–18.
- Horbowicz M., Grzegorzewska M. 2000. Effect of maturity stage and post-harvest drying on carbohydrate composition and storability of onion. *Folia Horticulturae* 12(1): 65–75.
- Ilić Z., Milenković L., Djurovka M., Trajković R. 2009. The effect of long-term storage on quality attributes and storage potential of different onion cultivars. *Acta Horticulturae* 830: 635–642. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.830.92.
- Miller E., Malinowska K., Gałęcka E., Mrowicka M., Kędziora J. 2008. Rola flawonoidów jako przeciwutleniaczy w organizmie człowieka. *Polski Merkurusz Lekarski* 24(144): 556–560.
- Mysiak B., Tendaj M. 2006. Content of flavonoids in some *Allium* species grown for green bunching. *Vegetable Crops Research Bulletin* 65: 105–110.
- Ostrzycka J., Perłowska M. 1992. Zmiany w zawartości suchej masy, ekstraktu i cukrów w zewnętrznych, środkowych i wewnętrznych łuskach mięsistych cebuli w czasie przechowywania. *Biuletyn Warzywniczy* 39: 13–23.
- Pijanowski E., Mroźewski S., Horubała A. 1964. *Technologia produktów owocowych i warzywnych*, t. I. PWRiL, Warszawa, 719 s.
- PN-A-75101-07:1990. Przetwory owocowe i warzywne – Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych – Oznaczanie zawartości cukrów i ekstraktu bezcukrowego.
- Pöldma P., Moor U., Merivee A., Tõnutare T. 2012. Effect of controlled atmosphere storage on storage life of onion and garlic cultivars. *Acta Horticulturae* 945: 63–69. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.945.7.
- Roldán E., Sánchez-Moreno C., de Ancos B., Pilar Cano M. 2008. Characterisation of onion (*Allium cepa* L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. *Food Chemistry* 108: 907–916. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.11.058.
- Rumpel J. 2003. *Uprawa cebuli*. Hortpress, Warszawa, 107 s.

- Szajdek A, Borowska J. 2004. Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość* 4(41) Supplement: 5–28.
- Tendaj M., Mysiak B. 2010. Zawartość niektórych składników chemicznych w cebulach szalotki po zbiorze i długotrwałym przechowywaniu. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 9(2): 75–83.
- Tendaj M., Mysiak B., Gruszecki R. 2014. Plon cebul i zawartość wybranych składników pokarmowych u kilku odmian cebuli zwyczajnej i szalotki. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio EEE* 24(1): 1–8.
- Vinson J.A., Hao Y., Su X., Zubik L. 1998. Phenol antioxidant and quality in foods: vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3630–3634. DOI: 10.1021/jf980295o.
- Wierzbička B., Kuskowska M. 2002. Wpływ wybranych czynników na zawartość witaminy C w warzywach. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 1(2): 49–57.