

Marta Pudzianowska

Wpływ faz rozwojowych oraz metod
przechowywania na jakość szalotki
(*Allium ascalonicum* L.) uprawianej z
rozsady

Autoreferat pracy doktorskiej



Praca wykonana pod kierunkiem

Prof. dr. hab. Marka Gajewskiego
Katedra Roślin Warzywnych i Leczniczych

Recenzenci:

Dr hab. Robert Gruszecki
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Dr hab. Janina Gajc-Wolska
(prof. nadzw. SGGW)
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w
Warszawie

Warszawa, 2013

1. WSTĘP I CEL PRACY

Szalotka i cebula zwyczajna uważane były za odrębne gatunki z rodzaju *Allium*, jednak badania prowadzone od lat pięćdziesiątych XX wieku wskazują na przynależność tych warzyw do jednego gatunku (*Allium cepa* L.). Pomimo różnic w sposobie rozmnażania i wzrostu szalotka i cebula zwyczajna charakteryzują się podobną budową organów generatywnych, a po skrzyżowaniu wydają płodne potomstwo. Szalotka nie cieszy się w Polsce tak dużą popularnością, jak cebula zwyczajna, pomimo jej walorów prozdrowotnych i kulinarnych. Wprowadzenie nowych, rozmnażanych generatywnie odmian szalotki upraszcza jej produkcję, co może wpłynąć na upowszechnienie uprawy i konsumpcji tego warzywa na terenie Polski. Szalotka i cebula zwyczajna mogą być przeznaczone zarówno na zbiór pęczkowy, jak i na zbiór cebul dojrzałych, z wykształconą suchą łuską okrywającą. Warzywa te, a zwłaszcza szalotka, dobrze się przechowują. Dzięki temu można spożywać je w różnej formie przez cały rok. Nowoczesne metody przechowywania, do których zalicza się przechowywanie w kontrolowanej atmosferze, pozwalają na utrzymanie wartości handlowej i prozdrowotnej przechowywanych warzyw. Aby osiągnąć jak najlepsze efekty poszukuje się optymalnych warunków składu atmosfery dla poszczególnych gatunków warzyw, w tym warzyw cebulowych.

Celem niniejszej pracy było scharakteryzowanie zmian jakościowych i ilościowych zachodzących w roślinach szalotki w czasie wegetacji i po zbiorze, a także porównanie wybranych heterozyjnych odmian szalotki pomiędzy sobą oraz z heterozyjną odmianą cebuli zwyczajnej. Cel ten realizowano poprzez obserwacje zmian zawartości niektórych związków w cebulach i szczyptorze szalotki wybranych odmian, porównanie plonowania, cech jakościowych i zawartości niektórych związków w cebulach pięciu odmian szalotki i jednej odmiany cebuli zwyczajnej zebranych w fazie dojrzałości fizjologicznej oraz zbadanie zmian zachodzących w cebulach szalotki i cebuli zwyczajnej w czasie przechowywania w atmosferze o różnym składzie gazowym. Podjęto także próbę prześledzenia zmian aktywności przeciwutleniającej cebul i szczyptoru szalotki i cebuli zwyczajnej w czasie wegetacji oraz cebul tych warzyw w czasie przechowywania.

2. MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło pięć odmian szalotki ('Conservor F₁', 'Matador F₁', 'Bonilla F₁', 'Ambition F₁', 'Olympus F₁') oraz jedna odmiana cebuli zwyczajnej ('Hyduro F₁'). Do poszczególnych zadań badawczych wybrano różną liczbę odmian. Doświadczenie polowe było prowadzone na polu doświadczalnym Katedry Roślin Warzywnych i Leczniczych SGGW w Warszawie zlokalizowanym w Warszawie, w Wilanowie – Zawadach.

Plantacja została założona poprzez posadzenie rozsady, którą przygotowano w szklarniach Wydziału Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Rozsadę posadzono do gruntu w rozstawie 4×20 cm w terminie od połowy kwietnia do pierwszego tygodnia maja (w zależności od roku badań) (Tabela 1). Doświadczenie polowe zostało założone w układzie bloków losowanych w trzech powtórzeniach. Powtórzenie stanowiło poletko o powierzchni 1,5 m². Zbioru cebul szalotki dokonano czterokrotnie w czasie wegetacji (Tabela 2). Oprócz doświadczenia polowego prowadzonego na polu doświadczalnym Katedry, cebule szalotki i cebuli

zwyczajnej pozyskano również z pola firmy Bejo Zaden Polska, znajdującego się w miejscowości Konotopa k. Ożarowa Mazowieckiego.

Doświadczenie przechowalnicze przeprowadzono w chłodni doświadczalnej Katedry Roślin Warzywnych i Leczniczych. Zdrowe cebule przechowywano przez siedem miesięcy w chłodni w temperaturze od 0 do 1°C i wilgotności względnej 75%, w komorach o różnym składzie atmosfery oraz w chłodni zwykłej. Tabela 3 przedstawia zastosowane składy atmosfery w poszczególnych komorach. Doświadczenie założono w trzech powtórzeniach, jedno powtórzenie stanowiły 2 kg cebul.

Tabela 1. Terminy siewu i sadzenia roślin – pole doświadczalne SGGW, Wilanów - Zawady

Rok	Termin siewu	Termin sadzenia
2008	13-14 marca	15-16 kwietnia
2009	23-24 marca	28-29 kwietnia
2011	11-14 marca	4-6 maja

Tabela 2. Terminy prowadzenia obserwacji

Zbiór:	
I	początek formowania się cebul (12, 14 tygodni od siewu)
II	cebule w połowie procesu formowania (14, 16 tygodni od siewu)
III	cebule w pełni wyrosnięte, liście zielone (16, 18 tygodni od siewu)
IV	dojrzałość końcowa (18, 20 tygodni od siewu)
V	cebule po dosuszeniu

Tabela 3. Stężenie CO₂ i O₂ w poszczególnych komorach

Kombinacja składu gazowego	Stężenie (%)	
	CO ₂	O ₂
Chłodnia zwykła	0	21
I	5	5
II	5	2
III	2	5
IV	2	2

2.1. ZADANIA BADAWCZE

- **Zadanie 1.** Analiza gromadzenia się wybranych związków biologicznie czynnych oraz aktywności przeciwutleniającej cebul i szczypioru odmian szalotki (sezony 2009, 2011; SGGW, Wilanów - Zawady).
- **Zadanie 2.** Wpływ odmiany szalotki i cebuli zwyczajnej na masę roślin bezpośrednio po zbiorze i plon cebul po dosuszeniu (sezony 2008, 2009, 2011; SGGW, Wilanów - Zawady).
- **Zadanie 3.** Analiza zróżnicowania cech, składu chemicznego i jakości sensorycznej cebul (sezony 2008, 2009, 2010, 2011; SGGW, Wilanów – Zawady, Bejo Zaden, Konotopa).
- **Zadanie 4.** Wpływ warunków przechowywania na skład chemiczny i jakość cebul (sezony 2008/2009, 2009/2010; SGGW, Wilanów – Zawady).

2.2. METODY POMIARÓW I ANALIZ CHEMICZNYCH ORAZ SENSORYCZNYCH W DOŚWIADCZENIACH

Ocenę i analizę materiału badawczego przeprowadzono w pracowniach chemicznych i pracowni analizy sensorycznej Katedry Roślin Warzywnych i Leczniczych SGGW w Warszawie.

Określono:

1. Plon cebul na podstawie masy roślin bezpośrednio po zbiorze (IV termin) oraz masy cebul po dosuszeniu (V termin) (kg m^{-2}).
2. Cechy jakościowe cebul: jędrność cebul (HPE), sucha masa cebul (%).
3. Wykonano analizy chemiczne:
 - a) zawartość ekstraktu w cebulach ($^{\circ}\text{Bx}$);
 - b) zawartość cukrów ogółem (mg g^{-1} św.m.);
 - c) ostrość cebul i szczypioru wyrażona ilością kwasu pirogronowego wytworzonego enzymatycznie ($\mu\text{mole g}^{-1}$ św.m.);
 - d) zawartość flawonoidów HPLC ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ s.m.);
 - e) aktywność przeciwutleniająca:
 - i) FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power) ($\text{mmole Fe}^{2+} 100 \text{ g}^{-1}$ s.m.).
 - ii) DPPH ($\text{mg TE } 100^{-1} \text{ g s.m.}$).

Analizy chemiczne przeprowadzono w trzech powtórzeniach analitycznych.

4. Przeprowadzono analizę sensoryczną cebul.

Analizę sensoryczną cebul przeprowadzono przy użyciu analizy profilowej (Quantitative Description Analysis – QDA), zgodnie z normą PN-ISO 11035 (Analiza sensoryczna – Identyfikacja i wybór deskryptorów do ustalenia profilu sensorycznego z użyciem metod wielowymiarowych). W ocenie wykorzystano 10 wyróżników. Obok wyróżników jednostkowych przedmiotem oceny była ocena ogólna jakości (Tabela 4).

Tabela 4. Lista wyróżników stosowanych przy ocenie profilowej cebul, wraz z definicjami

Wyróżniki	Definicje wyróżników	Określenia skali
Zapach ostry, łzawiący	nota dająca drażniące wrażenie podczas wachania próbki	niewyczuwalny – b. intensywny
Zapach cebulowy	zapach charakterystyczny dla surowej cebuli	niewyczuwalny – b. intensywny
Zapach obcy	zapach nietypowy dla cebuli	niewyczuwalny – b. intensywny
Twardość	opór, jaki stawia próbka (plasterek cebuli) podczas nagryzania jej zębami	miękką – twarda
Soczystość	wrażenie odbierane w czasie oceny doustnej plasterka cebuli	mało soczysta – b. soczysta
Smak ostry, piekący	uczucie pieczenia, szczypania, występujące w jamie ustnej po spróbowaniu próbki	niewyczuwalny – b. intensywny
Smak surowej cebuli	smak charakterystyczny dla surowej cebuli	niewyczuwalny – b. intensywny
Smak słodki	smak podstawowy	niewyczuwalny – b. intensywny
Smak gorzki	smak podstawowy	niewyczuwalny – b. intensywny
Smak obcy	smak nietypowy dla surowej cebuli	niewyczuwalny – b. intensywny
Ocena ogólna jakości	ogólne wrażenie sensoryczne odbierane przy ocenie próbki, obejmujące oceniane wcześniej wyróżniki zapachu, tekstury i smaku	jakość zła – jakość .b dobra

2.3. ANALIZA STATYSTYCZNA WYNIKÓW

Wyniki doświadczeń opracowano statystycznie metodą analizy wariancji przy poziomie istotności $p=0,05$, wykorzystując program Statgraphics 4.1. Do porównania wartości średnich wykorzystano test Tukey'a. Średnie dla czynników doświadczeń różniące się istotnie przy poziomie istotności $p=0,05$ według testu HSD Tukey'a oznaczano odmiennymi literami. Do wyznaczenia współczynników korelacji pomiędzy cechami jakościowymi, składem chemicznym i oceną sensoryczną wykorzystano program Statistica 10.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

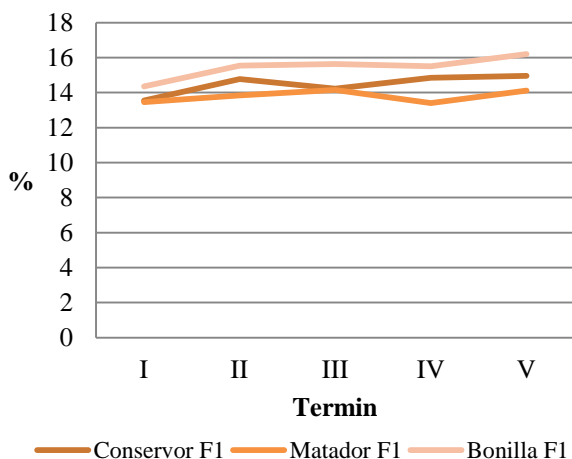
3.1. ANALIZA DYNAMIKI GROMADZENIA NIEKTÓRYCH ZWIĄZKÓW BIOLOGICZNIE CZYNNYCH W CEBULI I SZCZYPIORZE ODMIAN SZALOTKI

Zaobserwowano jedynie niewielkie zmiany suchej masy cebul szalotki badanych odmian w poszczególnych terminach, zarówno w czasie wegetacji, jak i po dosuszeniu cebul (Rysunek 1). W piśmiennictwie światowym brakuje informacji na temat zmian suchej masy w organach szalotki w czasie wegetacji. Obserwacje, które przeprowadził **De Visser (1994)** na cebuli zwyczajnej wykazały, że sucha masa cebul wzrastała w czasie całego okresu wegetacji. Badane odmiany szalotki nie różniły się pomiędzy sobą pod względem suchej masy cebul oraz jej zmian w okresie prowadzenia obserwacji. Dane literaturowe dotyczące suchej masy cebul szalotki ograniczają się do końcowego etapu dojrzewania cebul (**Tendaj i Piusińska-Siedlecka, 2005**). W przypadku obserwacji prowadzonych przez te autorki pod koniec okresu wegetacji sucha masa cebul populacji rozmnażanej wegetatywnie wzrastała tylko nieznacznie lub nie wzrastała wcale. Sucha masa cebul tej populacji wynosiła od 18,2% do 20,0%, była zatem wyższa niż sucha masa cebul odmian badanych w niniejszej pracy pod koniec wegetacji.

Zawartość cukrów ogółem w cebulach badanych odmian szalotki wahała się w czasie wegetacji, nie obserwowano jednak wyraźnych tendencji wzrostowych ani spadkowych. Wzrost zawartości cukrów ogółem obserwowano na początku prowadzenia obserwacji (pomiędzy I a II terminem) u wszystkich badanych odmian oraz po dosuszeniu cebul u odmian 'Conservor F₁' i 'Matador F₁' (Rysunek 2). W kontrolowanych warunkach, przy dniu trwającym 12 godzin **Van Gestel i in. (2005)** zaobserwowali wzrost zawartości cukrów w cebulach i szczypiorze cebuli zwyczajnej pomiędzy 43. a 85. dniem rozwoju roślin. **Wall i in. (1999)** stwierdzili w główkach cebuli zwyczajnej wzrost zawartości związków cukrowych pomiędzy 30. a 15. dniem przed dojrzaniem cebul, po którym nastąpił spadek ich zawartości. Zawartość cukrów ogółem w cebulach populacji szalotki rozmnażanej wegetatywnie zmieniała się pod koniec okresu wegetacji niewiele, a jej zawartość była nieco wyższa niż zawartość cukrów ogółem w cebulach badanych odmian (**Tendaj i Piusińska-Siedlecka, 2005**).

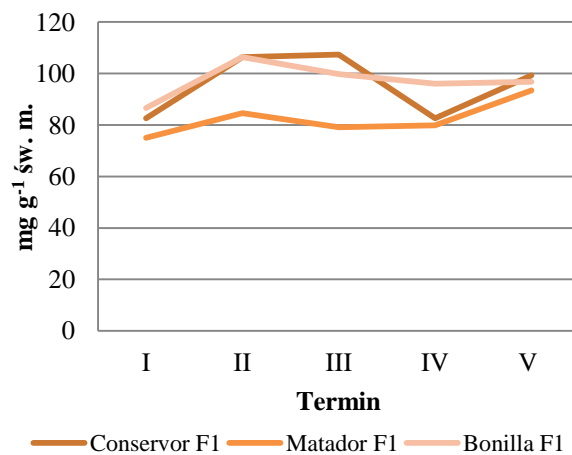
Ostrość cebul wyrażona ilością kwasu pirogronowego wydzielonego w czasie reakcji enzymatycznego przekształcania prekursorów w aktywne związki siarkowe była wyższa, gdy cebule były dojrzałe, niż gdy ich wzrost dopiero się rozpoczynał. Zmiany ostrości poszczególnych odmian przebiegały w różnym tempie (Rysunek 3). Różnice pomiędzy odmianami cebuli zwyczajnej pod względem zmian zawartości prekursorów związków siarkowych w czasie wegetacji zaobserwowali **Lancaster i in. (1984)**. Zmiany ostrości cebul zachodzące w czasie dosuszania cebul badanych w niniejszej pracy odmian były różne, w zależności od odmiany. Zaobserwowano wzrost ostrości cebul odmian 'Conservor F₁' i 'Bonilla F₁' oraz spadek ostrości cebul odmiany 'Matador F₁'. Zmniejszanie się ostrości cebul odmiany 'Matador F₁' może być związane z przekształcaniem po zbiorze prekursorów związków siarkowych w γ -glutamilo peptydy, które nie są przekształcane przez enzym alliinazę, nie można ich więc wykryć za pomocą zastosowanej metody oznaczania ostrości. W przypadku ostrości szczypioru wyrażonej ilością kwasu pirogronowego wytworzonego enzymatycznie stwierdzono wzrost ostrości szczypioru odmian 'Conservor F₁' i 'Bonilla F₁' w ciągu całego okresu wegetacji (Rysunek 4). Jest to zjawisko zaskakujące, ponieważ blaszki liściowe stanowią źródło związków siarkowych dla cebul. Związki te są translokowane

do cebul pod koniec wegetacji, lecz spadek ich zawartości w szczypiorze cebuli zwyczajnej obserwowano już we wcześniejszych fazach rozwoju roślin (Lancaster i in., 1986). Być może translokowanie związków siarkowych do cebul tych odmian zachodzi, kiedy szczypior zaczyna się załamywać i zasychać, a okres ten nie został uwzględniony w niniejszej pracy.



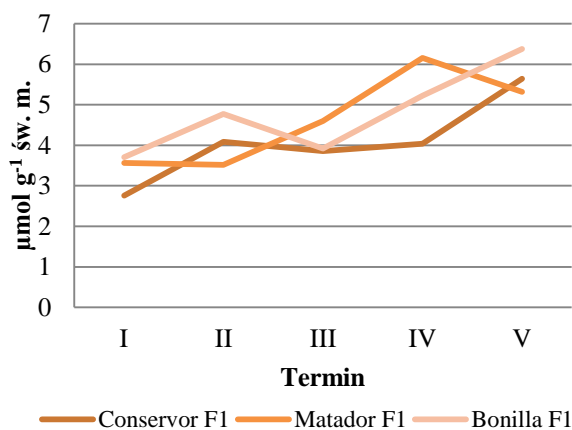
Rysunek 1. Sucha masa cebul badanych odmian w czasie wegetacji (średnie z lat 2009, 2011)

NIR_{0,05}(I) 3,91
 NIR_{0,05}(II) 5,31
 NIR_{0,05}(III) 3,29
 NIR_{0,05}(IV) 4,42
 NIR_{0,05}(V) 4,56



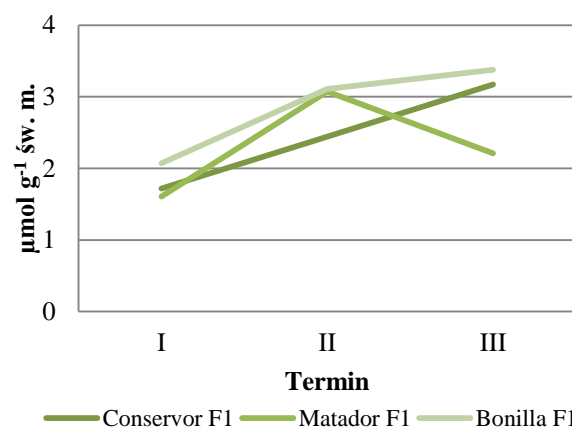
Rysunek 2. Zawartość cukrów ogółem w cebulach badanych odmian w czasie wegetacji (średnie z lat 2009, 2011)

NIR_{0,05}(I) 37,18
 NIR_{0,05}(II) 34,83
 NIR_{0,05}(III) 28,97
 NIR_{0,05}(IV) 32,60
 NIR_{0,05}(V) 37,29



Rysunek 3. Ilość kwasu pirogronowego wytworzonego enzymatycznie w cebulach badanych odmian w czasie wegetacji (średnie z lat 2009, 2011)

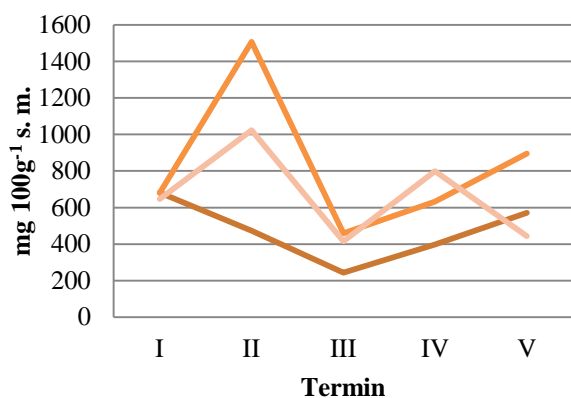
NIR_{0,05}(I) 1,66
 NIR_{0,05}(II) 0,71
 NIR_{0,05}(III) 1,23
 NIR_{0,05}(IV) 1,56
 NIR_{0,05}(V) 1,81



Rysunek 4. Ilość kwasu pirogronowego wytworzonego enzymatycznie w szczypiorze badanych odmian w czasie wegetacji (średnie z lat 2009, 2011)

NIR_{0,05}(I) 0,56
 NIR_{0,05}(II) 0,64
 NIR_{0,05}(III) 1,19

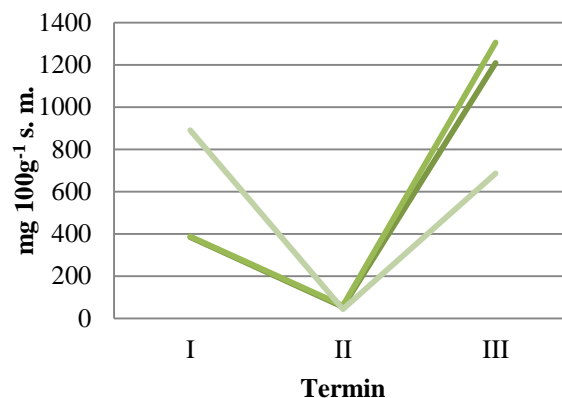
Zarówno w cebulach, jak i szczypiarze szalotki badanych odmian zidentyfikowano cztery związki flawonoidowe: 3,4'-di-O-glukozyd kwercetyny, 4'-O-glukozyd kwercetyny (spireozyd), 3-O-glukozyd kwercetyny (izokwercetynę) i kwercetynę. Dwa pierwsze związki dominowały zarówno w cebulach, jak i w szczypiarze. Te same związki flawonoidowe zidentyfikowali w cebulach populacji szalotki rozmnażanej wegetatywnie **Zielińska i in. (2008)**. **Bonaccorsi i in. (2008)** stwierdzili, że dominującymi związkami w cebulach francuskiej i włoskiej populacji szalotki były, podobnie jak w niniejszej pracy, 3,4'-di-O-glukozyd kwercetyny i 4'-O-glukozyd kwercetyny (spireozyd). Poszczególne zidentyfikowane w badanych odmianach szalotki związki flawonoidowe charakteryzowały się różnym przebiegiem zmian ich zawartości w cebulach i szczypiarze w czasie wegetacji (Rysunek 5 i 6). Poszczególne odmiany również różniły się od siebie pod względem kierunku i tempa zmian gromadzenia tych związków. W II terminie prowadzenia analiz, gdy zawartość dwóch głównych związków flawonoidowych w cebulach dwóch badanych odmian ('Matador F₁', Bonilla F₁') była wysoka, stwierdzono najniższą, w ciągu okresu wegetacji, zawartość tych związków w szczypiarze szalotki badanych odmian. Zmiany zawartości flawonoidów w cebuli i szczypiarze szalotki mogą być związane z procesami fizjologicznymi zachodzącymi w roślinie, w wyniku których może zachodzić translokowanie tych związków pomiędzy organami. Stwierdzono, że flawonole, grupa związków flawonoidowych występujących w szalotce, pełnią różnorodne funkcje w roślinie. Odpowiadają między innymi za sygnalizację chemiczną i ochronę przed uszkodzeniami wynikającymi z działania promieniowania ultrafioletowego (**Gould i Lister, 2006**). Przyczyny translokowania flawonoidów pomiędzy organami wymagają dalszych badań. Zawartość flawonoidów w cebulach dwóch badanych odmian szalotki wzrosła w czasie dosuszania cebul, w cebulach trzeciej ('Bonilla F₁') natomiast spadła. **Horbowicz (1999)** oraz **Horbowicz i Kotlińska (2001)** stwierdzili wzrost zawartości flawonoidu, kwercetyny, po dosuszeniu w cebulach zarówno populacji szalotki, jak i odmian cebuli zwyczajnej.



— Conservor F1 — Matador F1 — Bonilla F1

Rysunek 5. łączna zawartość zidentyfikowanych związków flawonoidowych w cebulach badanych odmian w czasie wegetacji (średnie z lat 2009, 2011)

NIR_{0,05}(I) 197,81
 NIR_{0,05}(II) 304,75
 NIR_{0,05}(III) 115,79
 NIR_{0,05}(IV) 323,70
 NIR_{0,05}(V) 207,20

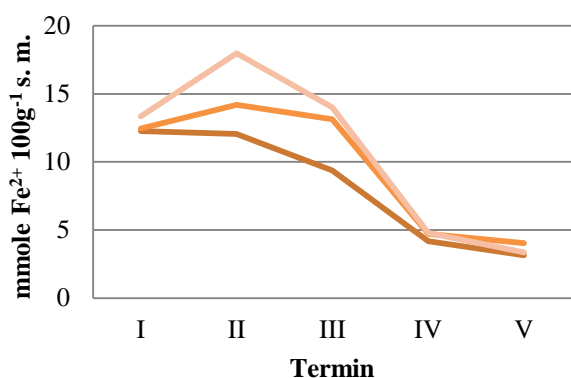


— Conservor F1 — Matador F1 — Bonilla F1

Rysunek 6. łączna zawartość zidentyfikowanych związków flawonoidowych w szczypiarze badanych odmian w czasie wegetacji (średnie z lat 2009, 2011)

NIR_{0,05}(I) 68,76
 NIR_{0,05}(II) 37,39
 NIR_{0,05}(III) 253,43

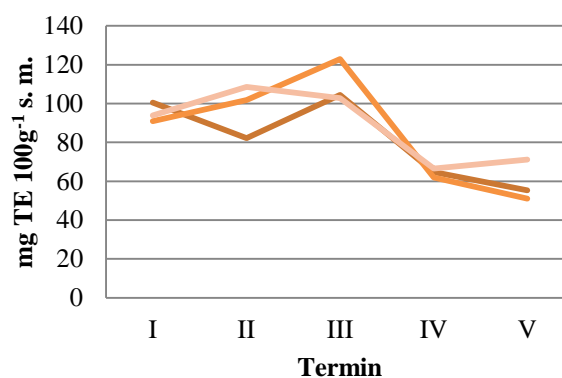
Badane odmiany szalotki charakteryzowały się różnym przebiegiem zmian całkowitej aktywności przeciwutleniającej, w zależności od metody jej pomiaru. Najwyższą aktywnością przeciwutleniającą mierzoną za pomocą metody FRAP charakteryzowały się cebule w II terminie prowadzenia obserwacji (Rysunek 7), natomiast najwyższą aktywnością mierzoną za pomocą metody DPPH charakteryzowały się cebule odmiany 'Bonilla F₁' w II terminie i odmian 'Conservor F₁' oraz 'Matador F₁' w III terminie prowadzenia obserwacji (Rysunek 8). Analiza korelacji wykazała duży związek pomiędzy zawartością flawonoidów a aktywnością przeciwutleniającą mierzoną metodą FRAP po zbiorze (Tabela 5). Współczynniki korelacji pomiędzy aktywnością przeciwutleniającą mierzoną tą metodą a zawartością w cebulach związków flawonoidowych były dość wysokie, zwłaszcza w przypadku 3,4'-di-O-glukozydu kwercetyny i 4'-O-glukozydu kwercetyny (spireozydu). Zależności pomiędzy zawartością flawonoidów a aktywnością przeciwutleniającą mierzoną metodą DPPH były słabsze, jedynie pomiędzy zawartością 3-O-glukozydu kwercetyny (izokwercetyny) a aktywnością przeciwutleniającą mierzoną za pomocą tej metody zaobserwowano umiarkowanie silną zależność. Według **Zielińskiej i in. (2008)** za aktywność przeciwutleniającą cebul szalotki odpowiada głównie 4'-O-glukozyd kwercetyny, w mniejszym stopniu kwercetyna i 3-O-glukozyd kwercetyny, natomiast 3,4'-di-O-glukozyd kwercetyny praktycznie nie wykazuje właściwości przeciwutleniających. Korelacja pomiędzy aktywnością przeciwutleniającą mierzoną za pomocą metody DPPH do zawartości tylko 3-O-glukozydu kwercetyny może wynikać z tego, że za pomocą tej metody można określić aktywność tylko najbardziej reaktywnych przeciwutleniaczy w badanym ekstrakcie, ze względu na dość wolny przebieg reakcji redukcji rodnika DPPH. Ponieważ w metodzie FRAP reakcja przebiega szybciej, za pomocą tej metody można określić aktywność największej liczby składników ekstraktu o charakterze przeciwutleniaczy (**Bartoń i in., 2005**). Na związek aktywności przeciwutleniającej cebul szalotki z zawartością flawonoidów wskazują również wyniki badań prowadzonych przez **Vu i in. (2013)**.



— Conservor F1 — Matador F1 — Bonilla F1

Rysunek 7. Aktywność przeciwutleniająca metanolowych ekstraktów z cebuli badanych odmian w czasie wegetacji mierzona za pomocą metody FRAP (średnie z lat 2009, 2011)

NIR_{0,05}(I) 13,79
 NIR_{0,05}(II) 15,23
 NIR_{0,05}(III) 9,25
 NIR_{0,05}(IV) 3,64
 NIR_{0,05}(V) 2,68










— Conservor F1 — Matador F1 — Bonilla F1

Rysunek 8. Aktywność przeciwutleniająca metanolowych ekstraktów z cebuli badanych odmian w czasie wegetacji mierzona za pomocą metody DPPH (średnie z lat 2009, 2011)

NIR_{0,05}(I) 4,88
 NIR_{0,05}(II) 15,98
 NIR_{0,05}(III) 18,14
 NIR_{0,05}(IV) 13,91
 NIR_{0,05}(V) 9,57

Tabela 5. Współczynniki korelacji dla zależności pomiędzy zawartością zidentyfikowanych związków flawonoidowych a aktywnością przeciwutleniającą cebul po zbiorze

Zawartość	Aktywność przeciwutleniająca	
	FRAP	DPPH
3,4'-di-O-glukozydu kwercetyny	0,83	0,21
4'-O-glukozydu kwercetyny (spireozydu)	0,51	-0,40
3-O-glukozydu kwercetyny (izokwercetyny)	0,76	0,55
Kwercetyny	0,71	0,18
Flawonoidów, łącznie	0,73	-0,05

 wartość wsp. korelacji poniżej -0,75	 wartość wsp. korelacji od 0,3 do 0,5
 wartość wsp. korelacji od -0,5 do -0,75	 wartość wsp. korelacji od 0,5 do 0,75
 wartość wsp. korelacji od -0,3 do -0,5	 wartość wsp. korelacji powyżej 0,75
 wartość wsp. korelacji od -0,3 do 0,3	

Wartości pogrubione oznaczają korelacje istotne przy $p=0,05$

3.2. PORÓWNANIE DOJRZAŁYCH CEBUL BADANYCH ODMIAN SZALOTKI I CEBULI ZWYCZAJNEJ

Średni plon cebul badanych odmian szalotki i cebuli zwyczajnej wynosił od $0,60 \text{ kg m}^{-2}$ ('Olympus F_1 ') do $2,22 \text{ kg m}^{-2}$ ('Conservor F_1 ') (Tabela 6). Według danych literaturowych plon cebul szalotki uprawianych w różnych miejscach znacznie się różnił i wynosił od $0,035 \text{ kg m}^{-2}$ do $4,37 \text{ kg m}^{-2}$ (Kauffman i in., 2000; Tendaj, 2005; Tendaj i Mysiak, 2008; Francke, 2009). Średni plon cebul cebuli zwyczajnej uzyskany w prowadzonym w ramach niniejszej pracy doświadczeniu nie różnił się istotnie od plonu cebul badanych odmian szalotki, jednak w sezonie 2009, w którym panowały niekorzystne warunki, cebula zwyczajna odmiany 'Hyduro F_1 ' osiągnęła najwyższy plon.

Tabela 6. Masa roślin po zbiorze i plon cebul po dosuszeniu badanych odmian szalotki i cebuli zwyczajnej w poszczególnych latach (kg m^{-2})

Odmiana	Masa roślin bezpośrednio po zbiorze				Plon po dosuszeniu			
	Rok			średnia	Rok			średnia
	2008	2009	2011		2008	2009	2011	
Conservor F_1	5,46	0,59	2,66	2,90 b	4,36	0,18	2,13	2,22 c
Matador F_1	2,45	0,47	1,52	1,48 a	2,00	0,14	1,87	1,34 abc
Bonilla F_1	4,97	0,13	1,84	2,31 ab	4,02	0,10	1,45	1,86 bc
Ambition F_1	2,36	0,82	b. d.	1,59 a	1,74	0,24	b. d.	0,99 ab
Olympus F_1	3,50	0,73	b. d.	2,12 ab	0,90	0,29	b. d.	0,60 a
Hyduro F_1	2,99	0,95	2,05	2,00 ab	1,85	0,49	1,84	1,39 abc

b. d. – brak danych

Wszystkie badane odmiany szalotki charakteryzowały się wyższą suchą masą cebul niż cebula zwyczajna odmiany 'Hyduro F_1 '. Najwyższą suchą masą cebul spośród badanych odmian szalotki charakteryzowały się odmiany 'Bonilla F_1 ' i 'Olympus F_1 ' (Tabela 7). Sucha masa cebul tych odmian była zbliżona do suchej masy cebul populacji szalotki rozmnażanych wegetatywnie (Tendaj i Mysiak, 2010; Woldetsadik i Workneh, 2010).

Badane odmiany szalotki charakteryzowały się wyższą zawartością ekstraktu w cebulach niż cebula zwyczajna odmiany 'Hyduro F_1 '. Zawartość ekstraktu wynosiła w cebulach badanych odmian od 11,9 do 16,9°Bx (Tabela 7). Zawartość ekstraktu w cebulach populacji szalotki rozmnażanych wegetatywnie, zbieranej w podobnej fazie dojrzałości do cebul

zebranych w prezentowanej pracy, według **Woldestadik i Workneh (2010)** wynosiła 13,8°Bx. Zawartość ekstraktu w główkach cebuli zwyczajnej odmiany 'Hyduro F₁' wynosiła, w zależności od miejsca uprawy 8,60 i 11,60°Bx (Tabela 7). Odmiany cebuli zwyczajnej różnią się pomiędzy sobą pod względem zawartości ekstraktu w cebulach. Zawartość ekstraktu w cebulach może wynosić od około 6°Bx do ponad 20°Bx (**Randle i in., 1995; Randle, 2000; Dhumal i in., 2007; Lee i in., 2009**).

Zawartość cukrów ogółem była wyższa w cebulach badanych odmian szalotki, niż w główkach cebuli zwyczajnej. Zawartość cukrów ogółem w cebulach szalotki badanych odmian wynosiła 94,7-123,0 mg g⁻¹ św. m. (Tabela 7). Znacznie niższą niż w niniejszej pracy zawartość cukrów w cebulach szalotki odmian 'Matador F₁', 'Bonilla F₁' i 'Ambition F₁' stwierdziły **Tendaj i Mysiak (2010)**. Wynosiła ona 57,70-67,90 mg g⁻¹ świeżej masy. Średnia zawartość cukrów ogółem w główkach cebuli zwyczajnej odmiany 'Hyduro F₁' wynosiła, w zależności od miejsca uprawy, 56,60 i 83,3 mg g⁻¹. Według innych autorów zawartość cukrów ogółem w główkach cebuli zwyczajnej różni się, w zależności od odmiany i może wynosić od około 50 do nawet około 160 mg g⁻¹ (**Vavrina i Smittle, 1993; Dhumal i in., 2007; Lee i in., 2009**). Tak duże różnice w zawartości cukrów ogółem mogą być jednak częściowo wynikiem zastosowania różnych metod oznaczania tych związków (**Davis i in., 2007**).

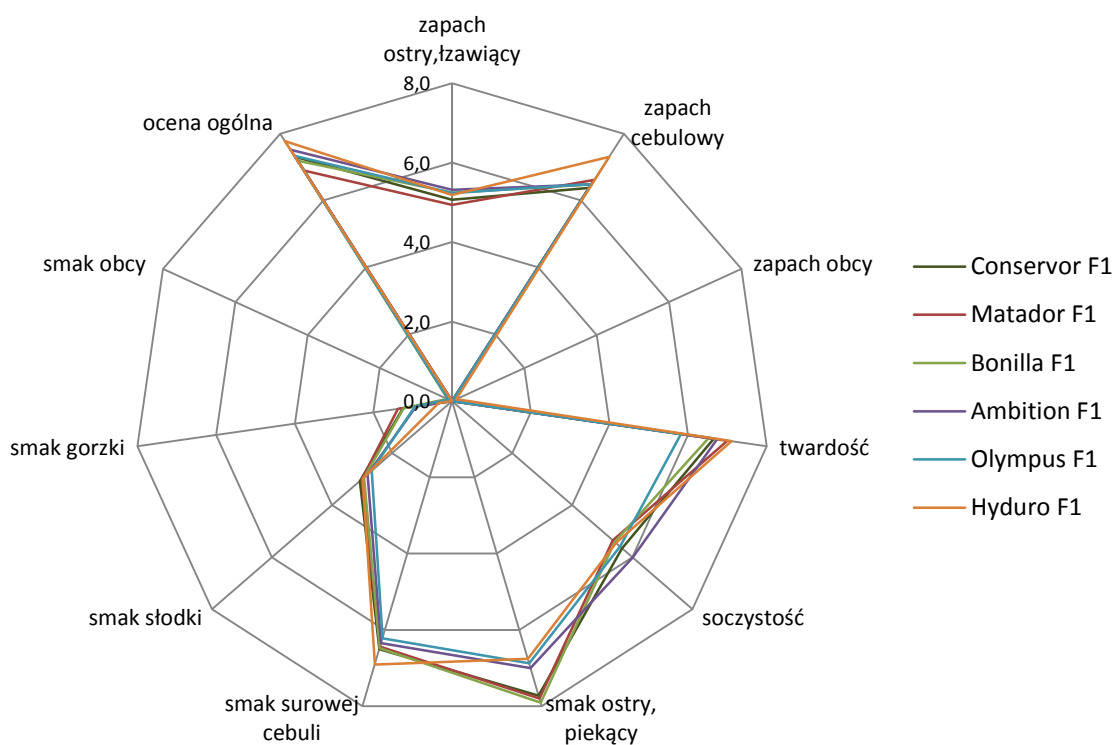
Badane odmiany, zarówno szalotki, jak i cebuli zwyczajnej nie różniły się istotnie pomiędzy sobą pod względem ostrości wyrażonej ilością kwasu pirogronowego wytworzonego enzymatycznie (Tabela 7). Otrzymane wyniki stoją w sprzeczności z danymi literaturowymi. Według **Resemann i Carle (2003)** ostrość cebul szalotki odmiany 'Matador F₁' była około dwukrotnie wyższa niż cebul odmian cebuli zwyczajnej 'Copra', 'Golden Bear' i 'Sturon'. Ostrość cebul odmiany 'Matador F₁' w niniejszej pracy wynosiła 5,83 i 6,85 μmol g⁻¹ św. m. kwasu pirogronowego, w zależności od miejsca uprawy, podczas gdy w badaniach **Resemann i Carle (2003)** wynosiła dla tej odmiany 10,34-11,47 μmol g⁻¹ św. m. kwasu pirogronowego. Niższa niż w literaturze ostrość cebul szalotki jest zaskakująca ze względu na typ gleby, na której uprawiane były rośliny. Gleby ciężkie, gliniaste, do których należy mada rzeczna, charakteryzują się wysoką zawartością przyswajalnego SO₄²⁻ (**Mengel i Kirkby, 1987**). Pozytywną korelację pomiędzy ilością siarki w podłożu a zawartością związków siarkowych w cebulach stwierdził **Randle i in. (1995)**. Również wysoka zawartość azotu w glebie zwiększa ostrość cebuli (**Randle, 2000**), a gleby gliniaste charakteryzują się wysoką zawartością azotu oraz wolniejszym wymywaniem azotu w głębi gleby (**Simmelsgaard, 1998; Gundersen i in., 1998**).

Profil sensoryczny badanych odmian szalotki różnił się od profilu odmiany cebuli zwyczajnej 'Hyduro F₁' (Rysunek 9). Szalotka odmian 'Matador F₁' i 'Bonilla F₁' charakteryzowała się większą intensywnością smaku ostrego, piekącego, niż cebula 'Hyduro F₁', pomimo braku różnic w ostrości wyrażonej ilością kwasu pirogronowego wytworzonego enzymatycznie. Wszystkie badane odmiany szalotki charakteryzowały się większą intensywnością zapachu cebulowego niż cebula zwyczajna, jednak różnica ta była istotna tylko w przypadku odmian 'Conservor F₁' i 'Ambition F₁'. Wszystkie odmiany szalotki charakteryzowały się większą intensywnością smaku gorzkiego niż cebula zwyczajna 'Hyduro F₁'. Porównanie cech sensorycznych szalotki odmiany 'Bonilla F₁' i cebuli zwyczajnej odmiany 'Hyduro F₁' przeprowadzili **Gajewski i in. (2004)**. Zarówno w niniejszej pracy, jak i w badaniach tych autorów odmiany te nie różniły się istotnie pod względem wyróżników zapachu ostrego, łzawiącego, zapachu obcego, twardości, soczystości, smaku surowej cebuli. W obu badaniach 'Bonilla F₁' charakteryzowała się większą intensywnością smaku ostrego,

piekącego, lepiej została również oceniona jakość ogólna cebul ‘Hyduro F₁’, jednak w badaniach prezentowanych w niniejszej pracy różnice te nie były istotne statystycznie.

Tabela 7. Wybrane parametry cebul badanych odmian szalotki i cebuli zwyczajnej (średnie z lat 2008, 2009, 2011 – SGGW, Wilanów - Zawady; 2009, 2010 – Bejo Zaden, Konotopa)

Odmiana	Sucha masa	Ekstrakt	Cukry ogółem	Ostrość
	%	°Bx	mg*g ⁻¹ św. m	μmol*g ⁻¹ św. m.
Wilanów – Zawady (SGGW)				
Conservor F ₁	14,86bc	12,6b	101,00b	5,33a
Matador F ₁	14,25bc	12,9b	94,69b	5,83a
Bonilla F ₁	17,30c	14,5b	96,90b	5,81a
Ambition F ₁	13,90b	11,9b	94,79b	6,39a
Olympus F ₁	16,89bc	14,8b	101,75b	6,24a
Hyduro F ₁	10,16a	8,6a	56,55a	6,25a
Konotopa (Bejo Zaden)				
Conservor F ₁	16,96C	14,9D	118,63C	4,78A
Matador F ₁	14,77B	13,1B	107,79B	6,85A
Bonilla F ₁	18,67D	13,9C	123,52C	6,27A
Ambition F ₁	15,30B	12,2A	102,52B	6,86A
Olympus F ₁	18,51D	16,9E	119,28C	5,79A
Hyduro F ₁	11,13A	11,6A	83,32A	5,59A



Rysunek 9. Porównanie jakości sensorycznej cebul badanych odmiany po zbiorze (średnie z lat 2008 i 2009)

3.3. WPŁYW SKŁADU ATMOSFERY NA JAKOŚĆ PRZECHOWYWANYCH CEBUL SZALOTKI I CEBULI ZWYCZAJNEJ

Ubytek masy cebul zależał od odmiany i składu atmosfery. Spośród badanych odmian największym średnim ubytkiem masy charakteryzowała się szalotka odmiany 'Conservor F₁' (6,36%). Najmniejszym ubytkiem masy charakteryzowała się cebula zwyczajna 'Hyduro F₁' (4,32%) (Tabela 8). Odmiany cebuli zwyczajnej wykazują duże zróżnicowanie pod względem wielkości ubytku masy cebul, który może wynosić od kilku do kilkunastu procent (**Kopsell i Randle, 1997; Gajewski i in., 2005**). Przechowywanie cebul w kontrolowanej atmosferze obniżyło ubytek masy we wszystkich testowanych kombinacjach. Najlepsze rezultaty uzyskano przechowując cebule badanych odmian w atmosferze zawierającej 2% CO₂ + 5% O₂ oraz 2% CO₂ + 2% O₂. Mniejszy ubytek masy cebul cebuli zwyczajnej przechowywanej w kontrolowanej atmosferze w porównaniu do cebuli przechowywanej w atmosferze normalnej zaobserwowali również **Uddin i MacTavish (2003)**.

Tabela 8. Ubytek masy cebul uprawianych na polu doświadczalnym SGGW po 7 miesiącach przechowywania (%) (średnie z lat 2008/2009 i 2009/2010)

Odmiana (A)	Ubytek masy (%)					Średnia (A)
	Skład atmosfery (B)					
	Kontrola	I	II	III	IV	
	NA	5%CO ₂ +5%O ₂	5%CO ₂ +2%O ₂	2%CO ₂ +5%O ₂	2%CO ₂ +2%O ₂	
Conservor F ₁	10,6	5,78	5,94	4,34	5,09	6,36c
Matador F ₁	9,02	4,78	5,35	3,79	4,26	5,44bc
Bonilla F ₁	8,44	4,68	5,85	3,70	3,70	5,27ab
Hyduro F ₁	7,15	3,88	4,27	3,08	3,20	4,32a
Średnia (B)	8,81c	4,78ab	5,35b	3,73a	4,06a	
NIR AxB p=0,05				n. i.		

NA – normalna atmosfera

Jędrność cebul szalotki i cebuli zwyczajnej obniżyła się po okresie przechowywania, zarówno w atmosferze normalnej, jak i kontrolowanej (Tabela 9). Najwyższą jędrność po przechowaniu zachowały cebule przechowywane w atmosferze zawierającej 5% CO₂ + 5% O₂. Spadek jędrności cebul cebuli zwyczajnej zaobserwowali również **Chope i in. (2006, 2007a)** oraz **Coolong i in. (2008)**. Po przechowaniu zaobserwowano też zmianę korelacji pomiędzy jędrnością a suchą masą i zawartością ekstraktu w cebulach badanych odmian z pozytywnej na negatywną (Tabela 14). Niska jędrność cebul, w których zawartość suchej masy wzrosła po przechowaniu może wynikać z obniżenia turgoru komórek na skutek transpiracji (**Coolong i in., 2008**). Spadek jędrności w czasie przechowywania cebuli zwyczajnej stwierdzili też **Chope i in. (2007b)**, jednak na jego wielkość nie miało wpływu zastosowanie kontrolowanej atmosfery.

Tabela 9. Jędrność cebul uprawianych na polu doświadczalnym SGGW, po zbiorze i po przechowaniu (średnie z lat 2008/2009 i 2009/2010)

Odmiana (A)	Jędrność (HPE)						Średnia (A)
	Po zbiorze	Termin (B)					
		Po przechowaniu					
		Skład atmosfery					
Kontrola	I	II	III	IV			
NA	5%CO ₂ +5%O ₂	5%CO ₂ +2%O ₂	2%CO ₂ +5%O ₂	2%CO ₂ +2%O ₂			
Conservor F ₁	79,08	79,38	76,69	75,17	77,91	77,00	77,54b
Matador F ₁	79,13	75,75	73,66	71,96	71,64	73,82	74,33a
Bonilla F ₁	80,33	71,13	75,75	71,96	72,85	72,18	74,03a
Hyduro F ₁	79,56	78,16	83,10	72,48	76,35	74,67	77,39b
Średnia (B)	79,52c	76,10ab	77,30bc	72,89ab	74,69ab	74,42a	
NIR AxB p=0,05				5,11			

NA – normalna atmosfera

Zmiany suchej masy cebul szalotki i cebuli zwyczajnej były różne w cebulach poszczególnych odmian. Sucha masa cebul pochodzących z pola doświadczalnego SGGW w Warszawie nie zmieniła się istotnie po przechowaniu w żadnej z badanych kombinacji składów atmosfery (Tabela 10). Według **Chope i in. (2007a)** na suchą masę cebul cebuli zwyczajnej po przechowaniu miała wpływ odmiana, nie stwierdzono natomiast wpływu zastosowania kontrolowanej atmosfery na jej zawartość. Brakuje w literaturze informacji dotyczących zmian suchej masy cebul szalotki przechowywanych w chłodni z kontrolowaną atmosferą. Sucha masa cebul szalotki przechowywanych w chłodni zwykłej, według **Horbowicza i Grzegorzewskiej (1995)**, zmniejszała się w czasie przechowywania, jednak w jednym z sezonów badań zaobserwowano jej wzrost, po którym nastąpił dalszy spadek. Z kolei **Tendaj i Mysiak (2010)** zaobserwowały spadek suchej masy cebul szalotki 'Ambition F₁', 'Bonilla F₁' i 'Matador F₁' przechowywanych w chłodni zwykłej w obu latach prowadzenia badań. **Coolong i in. (2008)** zaobserwowali, w zależności od odmiany, zarówno niewielki spadek, jak i wzrost suchej masy cebul w czasie przechowywania cebuli zwyczajnej przez 12 tygodni w chłodni zwykłej. Niewielki spadek suchej masy cebul odmian cebuli zwyczajnej zaobserwowali również **Jaime i in. (2001)**.

Tabela 10. Sucha masa cebul uprawianych na polu doświadczalnym SGGW, po zbiorze i po przechowaniu (średnie z lat 2008/2009 i 2009/2010)

Odmiana (A)	Sucha masa (%)						Średnia (A)
	Po zbiorze	Termin (B)					
		Po przechowaniu					
		Skład atmosfery					
Kontrola	I	II	III	IV			
NA	5%CO ₂ +5%O ₂	5%CO ₂ +2%O ₂	2%CO ₂ +5%O ₂	2%CO ₂ +2%O ₂			
Conservor F ₁	13,28	13,04	13,12	13,62	13,01	13,46	13,26b
Matador F ₁	13,24	13,95	15,56	14,35	14,80	14,75	14,44c
Bonilla F ₁	16,36	18,23	15,82	16,64	16,06	16,18	16,55d
Hyduro F ₁	9,81	9,80	10,93	10,78	11,15	16,18	11,44a
Średnia (B)	13,18a	13,76a	13,85a	13,85a	13,75a	15,14a	
NIR AxB p=0,05				0,96			

NA – normalna atmosfera

Podobnie, jak w przypadku suchej masy, cebule badanych odmian szalotki i cebuli zwyczajnej różniły się pod względem zmian zawartości ekstraktu. Na zawartość ekstraktu w cebulach pochodzących z pola doświadczalnego SGGW w Warszawie nie wpłynęło istotnie przechowywanie w żadnej z kombinacji składu atmosfery (Tabela 11). Brakuje, podobnie jak w przypadku zmian suchej masy cebul, danych literaturowych o wpływie kontrolowanej atmosfery na zawartość ekstraktu w cebulach szalotki. W badaniach prowadzonych przez **Chope i in. (2006)** przez ponad 200 dni zaobserwowano wahania zawartości ekstraktu w cebuli zwyczajnej przechowywanej w kontrolowanej atmosferze (5 kPa CO₂ + 3 kPa O₂). Przebieg tych zmian był różny u poszczególnych odmian. Według **Kopsell i Randle (1997)** wzrost zawartości ekstraktu może wynikać między innymi z rozkładu fruktanów o wysokim stopniu polimeryzacji do fruktozy, co tłumaczyłoby dość silną, ujemną korelację pomiędzy zawartością ekstraktu a jędrnością (Tabela 14), ze względu na zmianę potencjału wodnego i turgoru komórek (**Coolong i in., 2008**).

Tabela 11. Zawartość ekstraktu w cebulach uprawianych na polu doświadczalnym SGGW, po zbiorze i po przechowaniu (średnie z lat 2008/2009 i 2009/2010)

Odmiana (A)	Ekstrakt (°Bx)						Średnia (A)
	Po zbiorze	Termin (B)					
		Po przechowaniu					
		Skład atmosfery					
	Kontrola	I	II	III	IV		
	NA	5%CO ₂ +5%O ₂	5%CO ₂ +2%O ₂	2%CO ₂ +5%O ₂	2%CO ₂ +2%O ₂		
Conservor F ₁	12,60	12,48	11,58	12,35	12,15	11,90	12,18b
Matador F ₁	12,93	12,71	13,11	11,75	13,05	13,70	12,87b
Bonilla F ₁	14,53	16,43	15,11	15,04	14,96	14,46	15,09c
Hyduro F ₁	8,60	8,60	10,05	15,04	10,34	9,82	10,41a
Średnia (B)	12,17a	12,55a	12,46a	13,55a	12,62a	12,47a	
NIR AxB p=0,05							n.i.

NA – normalna atmosfera

Zmiany zawartości cukrów ogółem w cebulach w czasie przechowywania zależały od odmiany i składu atmosfery. Cebule z uprawy na polu doświadczalnym SGGW w Warszawie nie różniły się istotnie średnią zawartością cukrów ogółem w poszczególnych kombinacjach składu atmosfery. Zmiany zawartości cukrów ogółem w cebulach poszczególnych odmian szalotki i cebuli zwyczajnej były zaś różne (Tabela 12). Zawartość cukrów ogółem w cebulach badanych odmian szalotki i cebuli zwyczajnej przechowywanych w normalnej atmosferze wzrosła. Spadek zawartości cukrów ogółem w cebulach odmian 'Ambition F₁', 'Bonilla F₁' i 'Matador F₁' przechowywanych w chłodni zwykłej zaobserwowały również **Tendaj i Mysiak (2010)**. Dane literaturowe dotyczące zmian zawartości cukrów ogółem w kontrolowanej atmosferze dotyczą cebuli zwyczajnej. **Chope i in. (2007a)** zaobserwowali różne kierunki zmian zawartości cukrów ogółem w cebulach cebuli zwyczajnej przechowywanych w kontrolowanej i normalnej atmosferze, w zależności od odmiany. Według **Yoo i in. (2012)** zawartość cukrów w cebuli zwyczajnej wahała się w czasie przechowywania przez pięć miesięcy zarówno w normalnej, jak i kontrolowanej atmosferze. Po pięciu miesiącach przechowywania zawartość tych związków w cebulach przechowywanych w kontrolowanej atmosferze była wyższa niż w tej samej temperaturze w atmosferze normalnej.

Tabela 12. Zawartość cukrów ogółem w cebulach uprawianych na polu doświadczalnym SGGW, po zbiorze i po przechowaniu (średnie z lat 2008/2009 i 2009/2010)

Cukry ogółem (mg g ⁻¹ św. m.)							
Odmiana (A)	Termin (B)						Średnia (A)
	Po zbiorze	Po przechowaniu					
		Skład atmosfery					
		Kontrola	I	II	III	IV	
	NA	5%CO ₂ +5%O ₂	5%CO ₂ +2%O ₂	2%CO ₂ +5%O ₂	2%CO ₂ +2%O ₂		
Conservor F ₁	88,88	89,38	78,27	91,13	83,29	90,20	86,86b
Matador F ₁	83,96	125,78	87,24	109,41	97,30	96,98	100,11c
Bonilla F ₁	87,89	107,37	97,15	98,12	114,80	101,72	101,18c
Hyduro F ₁	51,08	37,34	39,13	40,11	42,11	42,95	42,12a
Średnia (B)	77,95a	89,97a	75,44a	84,69a	84,38a	82,96a	
NIR AxB p=0,05				n.i.			

NA – normalna atmosfera

Kierunki zmian ostrości wyrażonej ilością wytworzonego enzymatycznie kwasu pirogronowego były różne po przechowaniu w poszczególnych składach atmosfery, jednak ostrość po przechowaniu nie różniła się istotnie od ostrości cebul po zbiorze (Tabela 13). Wyniki uzyskane przez innych autorów również wskazują na różne kierunki zmian ostrości cebul cebuli zwyczajnej w czasie przechowywania (**Horbowicz, 1998; Kopsell i Randle, 1997**). Zastosowanie kontrolowanej atmosfery w badaniach prowadzonych w ramach niniejszej pracy przyniosło różne efekty, zależnie od odmiany i składu atmosfery. **Chope i in. (2006)** stwierdzili spadek ostrości cebul cebuli zwyczajnej przechowywanych w kontrolowanej atmosferze. Z kolei **Abayomi i Terry (2009)** oraz **Yoo i in. (2012)** zaobserwowali początkowy spadek ostrości cebul cebuli zwyczajnej, po którym nastąpił znaczny wzrost. Różnice pomiędzy ostrością cebul cebuli zwyczajnej przechowywanych w chłodni zwykłej i dwóch kombinacjach atmosfery kontrolowanej (2% CO₂ + 2% O₂ i 2% CO₂ + 8% O₂) stwierdzili również **Uddin i MacTavish (2003)**.

Tabela 11. Ostrość cebul uprawianych na polu doświadczalnym SGGW, po zbiorze i po przechowaniu (średnie z lat 2008/2009 i 2009/2010)

Kwas pirogronowy (μmol g ⁻¹ św. m.)							
Odmiana (A)	Termin (B)						Średnia (A)
	Po zbiorze	Po przechowaniu					
		Skład atmosfery					
		Kontrola	I	II	III	IV	
	NA	5%CO ₂ +5%O ₂	5%CO ₂ +2%O ₂	2%CO ₂ +5%O ₂	2%CO ₂ +2%O ₂		
Conservor F ₁	5,51	6,47	5,51	4,92	6,19	5,77	5,73a
Matador F ₁	6,68	5,79	5,02	4,56	8,90	5,54	6,08ab
Bonilla F ₁	6,08	6,85	7,44	6,86	7,25	6,00	6,75ab
Hyduro F ₁	7,01	6,81	7,29	5,59	8,75	7,90	7,22b
Średnia (A)	6,32ab	6,48ab	6,31ab	5,48a	7,77b	6,30ab	
NIR AxB p=0,05				n.i.			

NA – normalna atmosfera

W niniejszej pracy stwierdzono silną, pozytywną korelację pomiędzy suchą masą cebul i zawartością ekstraktu w cebulach oraz umiarkowaną, pozytywną korelację pomiędzy suchą masą cebul i zawartością cukrów ogółem w cebulach po zbiorze i po przechowaniu (Tabela 14). **Jaime i in. (2001)** również zaobserwowali silną, pozytywną korelację pomiędzy suchą masą a zawartością ekstraktu w cebulach cebuli zwyczajnej. Stwierdzili też pozytywną korelację pomiędzy zawartością fruktanów i węglowodanów niebudulcowych a suchą masą cebul oraz negatywną korelację pomiędzy suchą masą a zawartością cukrów redukujących.

Tabela 14. Współczynniki korelacji dla zależności pomiędzy wybranymi parametrami jakości cebul a zawartością wybranych związków chemicznych po zbiorze

	Sucha masa	Jędrność (HPE)	Zawartość ekstraktu	Zawartość cukrów ogółem	Ostrość (kwas pirogronowy)
Po zbiorze					
Sucha masa	1,00	0,53	0,95	0,86	-0,68
Jędrność (HPE)	0,53	1,00	0,43	0,52	-0,48
Zawartość ekstraktu	0,95	0,43	1,00	0,86	-0,69
Zawartość cukrów ogółem	0,86	0,52	0,86	1,00	-0,66
Ostrość (kwas pirogronowy)	-0,68	-0,48	-0,69	-0,66	1,00
Po przechowaniu					
Sucha masa	1,00	-0,78	0,96	0,70	0,21
Jędrność (HPE)	-0,78	1,00	-0,76	-0,34	0,13
Zawartość ekstraktu	0,96	-0,76	1,00	0,68	0,11
Zawartość cukrów ogółem	0,70	-0,34	0,68	1,00	0,27
Ostrość (kwas pirogronowy)	0,21	0,13	0,11	0,27	1,00

 wartość wsp. korelacji poniżej -0,75	 wartość wsp. korelacji od 0,3 do 0,5
 wartość wsp. korelacji od -0,5 do -0,75	 wartość wsp. korelacji od 0,5 do 0,75
 wartość wsp. korelacji od -0,3 do -0,5	 wartość wsp. korelacji powyżej 0,75
 wartość wsp. korelacji od -0,3 do 0,3	Wartości pogrubione oznaczają korelacje istotne przy p=0,05

Skład gazowy atmosfery wpłynął istotnie na zawartość związków flawonoidowych w cebulach, trudno jednak nakreślić wyraźne tendencje zmian ich zawartości (Tabela 15). Według **Olsson i in. (2010)** na zmiany zawartości flawonoidów w cebulach cebuli zwyczajnej w czasie przechowywania może wpłynąć metoda dosuszania cebul, przy czym każda odmiana w badaniach tych autorów reagowała inaczej i brakowało, podobnie jak w niniejszej pracy, wyraźnych tendencji. Pomimo braku znacznych różnic pomiędzy badanymi odmianami szalotki i cebuli zwyczajnej pod względem średniej zawartości poszczególnych związków flawonoidowych w cebulach, po przeanalizowaniu różnic pomiędzy odmianami w poszczególnych kombinacjach składu gazowego atmosfery można stwierdzić, że cebule badanych odmian różniły się pod względem zawartości głównych związków flawonoidowych i wszystkich zidentyfikowanych flawonoidów łącznie. Według **Tendaj i Mysiak (2010)** oraz **Horbowicza i Kotlińskiej (2001)** zawartość flawonoidów ogółem po zbiorze była wyższa niż po przechowaniu dla wszystkich odmian, co stoi w sprzeczności z wynikami uzyskanymi w niniejszej pracy. W badaniach prowadzonych na cebuli zwyczajnej **Horbowicz (1999)** zaobserwował jednak wzrost ich zawartości w czasie przechowywania.

Tabela 12. Łączna zawartość flawonoidów w cebulach uprawianych na polu doświadczalnym SGGW, po zbiorze i po przechowaniu (średnie z lat 2008/2009 i 2009/2010)

Flawonoidy razem (mg 100g ⁻¹ s.m.)							
Odmiana (A)	Termin (B)						Średnia (A)
	Po zbiorze	Po przechowaniu					
		Skład atmosfery					
		Kontrola	I	II	III	IV	
		NA	5%CO ₂ +5%O ₂	5%CO ₂ +2%O ₂	2%CO ₂ +5%O ₂	2%CO ₂ +2%O ₂	
Conservor F ₁	470,66	1857,95	1331,07	971,01	1094,89	591,62	1052,87a
Matador F ₁	695,77	926,45	1637,74	1208,52	867,64	566,31	983,74a
Bonilla F ₁	663,92	861,54	1358,68	1346,46	804,29	523,47	926,39a
Hyduro F ₁	587,07	1099,35	1626,90	1372,61	1205,75	1319,03	1201,78a
Średnia (B)	604,36a	1166,32bcd	1488,60d	1224,65cd	993,14abc	750,11ab	
NIR AxB p=0,05				n.i.			

NA – normalna atmosfera

Badane odmiany szalotki różniły się od siebie aktywnością przeciwutleniającą mierzona za pomocą metod FRAP i DPPH, zarówno po zbiorze, jak i po przechowaniu (Tabela 16 i 17). Po zbiorze aktywność poszczególnych odmian była różna, w zależności od zastosowanej metody oznaczania aktywności, trudno więc ustalić, która odmiana charakteryzowała się największą aktywnością przeciwutleniającą. Różnice w aktywności przeciwutleniającej odmian cebuli zwyczajnej przy zastosowaniu różnych metod zaobserwowali **Kaur i in. (2009)**. Aktywność tych odmian była różna przy zastosowaniu metod o różnej zasadzie działania (FRAP i DPPH), podobna zaś, gdy zastosowane metody miały podobną zasadę działania (FRAP i CUPRAC – Cupric Reducing Antioxidant Capacity). Aktywność przeciwutleniająca zmieniała się w czasie przechowywania cebul, zależnie od odmiany i składu atmosfery. Brakuje w literaturze informacji na temat zmian aktywności przeciwutleniającej cebul szalotki i cebuli zwyczajnej w czasie przechowywania, zwłaszcza długotrwałego.

Tabela 13. Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów z cebul uprawianych na polu doświadczalnym SGGW, po zbiorze i po przechowaniu, mierzona za pomocą metody FRAP (średnie z lat 2008/2009 i 2009/2010)

FRAP (mmol Fe ²⁺ 100g ⁻¹ s.m.)							
Odmiana (A)	Termin (B)						Średnia (A)
	Po zbiorze	Po przechowaniu					
		Skład atmosfery					
		Kontrola	I	II	III	IV	
		NA	5%CO ₂ +5%O ₂	5%CO ₂ +2%O ₂	2%CO ₂ +5%O ₂	2%CO ₂ +2%O ₂	
Conservor F ₁	4,22	3,14	7,89	11,19	6,15	5,10	6,28c
Matador F ₁	4,96	4,34	3,90	4,48	3,63	3,91	4,20a
Bonilla F ₁	4,53	6,00	6,13	5,71	4,69	7,25	5,72b
Hyduro F ₁	5,41	5,17	7,93	9,07	4,69	8,35	6,77d
Średnia (B)	4,78a	4,66a	6,46b	7,61c	4,79b	6,15b	
NIR AxB p=0,05				1,31			

NA – normalna atmosfera

Tabela 14. Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów z cebul uprawianych na polu doświadczalnym SGGW, po zbiorze i po przechowaniu, mierzona za pomocą metody DPPH (średnie z lat 2008/2009 i 2009/2010)

Odmiana (A)	DPPH (mg TE 100g ⁻¹ s.m.)						Średnia (A)
	Termin (B)		Skład atmosfery				
	Po zbiorze	Po przechowaniu					
		Kontrola	I	II	III	IV	
	NA	5%CO ₂ +5%O ₂	5%CO ₂ +2%O ₂	2%CO ₂ +5%O ₂	2%CO ₂ +2%O ₂		
Conservor F ₁	278,21	216,75	254,82	260,69	276,05	208,26	249,13c
Matador F ₁	242,39	190,08	144,52	203,18	200,25	233,57	202,33a
Bonilla F ₁	259,09	223,99	231,07	168,60	217,10	296,92	232,79b
Hyduro F ₁	374,54	227,55	363,49	279,82	333,50	239,22	303,02d
Średnia (B)	288,56d	214,59a	248,47c	228,07ab	256,72c	244,49bc	
NIR AxB p=0,05							36,23

NA – normalna atmosfera

4. WNIOSKI

- Sucha masa, zawartość cukrów, ostrość i zawartość związków flawonoidowych w cebulach i szczypiarze szalotki badanych odmian zależy od terminu zbioru, podobnie jak aktywność przeciwutleniająca cebul i szczypioru.
- Aktywność przeciwutleniająca ekstraktów z cebul i szczypioru szalotki zależy od zastosowanej metody pomiaru, jednak ekstrakty z cebul w fazie pełnej dojrzałości charakteryzują się niższą aktywnością przeciwutleniającą niż z cebul zbieranych we wcześniejszych fazach wegetacji, niezależnie od metody pomiaru.
- Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością związków flawonoidowych w cebulach po dosuszeniu a aktywnością przeciwutleniającą ekstraktów z tych cebul są wyższe w przypadku zastosowania metody FRAP niż DPPH. Wskazuje to na większą „czułość” metody na związki flawonoidowe obecne w ekstrakcie.
- Na cechy jakościowe i skład chemiczny cebul badanych odmian szalotki i cebuli zwyczajnej miało wpływ miejsce prowadzenia uprawy.
- Niezależnie od miejsca uprawy cebule badanych odmian szalotki charakteryzują się wyższą suchą masą, zawartością ekstraktu i cukrów ogółem niż standardowa odmiana cebuli zwyczajnej ‘Hyduro F₁’.
- Zaobserwowano różnice intensywności niektórych wyróżników jakości sensorycznej pomiędzy badanymi odmianami szalotki i cebuli zwyczajnej.
- Przechowywanie cebul w kontrolowanej atmosferze wpływa na zmniejszenie ubytku masy cebul badanych odmian szalotki i cebuli zwyczajnej w porównaniu do przechowywania w warunkach atmosfery normalnej.
- Po przechowaniu, niezależnie od odmiany:
 - najmniejszym ubytkiem masy i najwyższą ostrością charakteryzowały się cebule przechowywane w atmosferze zawierającej 2% CO₂ + 5% O₂;
 - Najwyższą jędrnością charakteryzowały się cebule przechowywane w atmosferze zawierającej 5% CO₂ + 5% O₂;
 - Najwyższą aktywnością przeciwutleniającą mierzoną za pomocą metody FRAP charakteryzowały się cebule przechowywane w atmosferze zawierającej 5% CO₂ + 2% O₂.

9. Zaobserwowano istnienie korelacji pomiędzy niektórymi z badanych cech jakościowych, zawartością związków chemicznych i aktywnością przeciwutleniającą cebul po dosuszeniu. Zależności te zmieniają się jednak po przechowaniu cebul, ze względu na różne kierunki zmian zachodzące w cebulach po przechowaniu w różnych składach gazowych atmosfery.

5. BIBLIOGRAFIA

- Abayomi L.A.**, Terry L.A. 2009. Implications of spatial and temporal changes in concentration of pyruvate and glucose in onion (*Allium cepa* L.) bulbs during controlled atmosphere storage. *J. Sci. Food Agr.* 89(4): 683-687.
- Bartoń H.**, Fołta M., Zachwieja Z. 2005. Application of FRAP, ABTS and DPPH methods to estimation of antioxidant activity of food products. *Nowiny Lekarskie* 74(4): 510-513.
- Bonaccorsi P.**, Caristi C., Gargiulli C., Leuzzi U. 2008. Flavonol glucosides in *Allium* species: A comparative study by means of HPLC–DAD–ESI–MS–MS. *Food Chem.* 107(4): 1668-1673.
- 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 Biol. and Technol.* 39(3): 233-242.
- Chope G.A.**, Terry L.A., White P.J. 2007a. The effect of the transition between controlled atmosphere and regular atmosphere storage on bulbs of onion cultivars SS1, Carlos and Renate. *Postharvest Biol. and Technol.* 44: 228-239.
- Chope G.A.**, Terry L.A., White P.J. 2007b. 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(2): 131-140.
- Coolong T.W.**, Randle W.M., Wicker L. 2008. Structural and chemical differences in the cell wall regions in relation to scale firmness of three onion (*Allium cepa* L.) selections at harvest and during storage. *J. Sci. Food Agr.* 88(7): 1277-1286.
- Davis F.**, Terry L.A., Chope G.A., Faul C.F. 2007. Effect of extraction procedure on measured sugar concentrations in onion (*Allium cepa* L.) bulbs. *J. Agric. Food Chem.* 55(11): 4299-4306.
- De Visser C.L.M.** 1994. ALCEPAS, an onion growth model based on SUCROS87. II: Validation of the model. *J. Hortic. Sci.* 69(3): 519-525.
- Dhumal K.**, Datir S., Pandey R. 2007. Assessment of bulb pungency level in different Indian cultivars of onion (*Allium cepa* L.). *Food Chem.* 100(4): 1328-1330.
- Francke A.** 2009. Wielkość i struktura plonu szalotki w zależności od metody uprawy i odmiany. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych.* 539: 169-175.
- Gajewski M.**, Gajc-Wolska J., Weglarz Z., Radzanowska J. 2004. An approach to quantify sensory quality of onion cultivars (*Allium cepa* L.) and shallot (*Allium ascalonicum* L.) with profiling method. *Vegetable Crops Res. Bull.* 61: 39-49.
- Gajewski M.**, Dąbrowska B., Radzanowska J. 2005. Storability and sensory quality of some onion (*Allium cepa* L.) cultivars of Japan origin. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Rolnictwo* 515(86): 149-155.
- Gould K.S.**, Lister C. 2006. Flavonoids. Chemistry, Biochemistry and Health Implications. *Flavonoid Functions in Plants.* Ed. Andersen Ø.M., Markham K.R. Wyd. New York: Taylor and Francis Group.
- Gundersen P.**, Emmett B.A., Kjønås O.J., Koopmans C.J., Tietema A. 1998. Impact of nitrogen deposition on nitrogen cycling in forests: a synthesis of NITREX data. *Forest Ecol. Manag.* 101(1): 37-55.
- Horbowicz M.** 1999. Changes of the flavonols content during the vegetation period and storage. *Vegetable Crops Res. Bull.* 50: 81-91.
- Horbowicz M.**, Kotlińska T. 2001. Changes of flavonol content during vegetation period and storage of shallot (*Allium cepa* var. *aggregatum*). *Vegetable Crops Res. Bull.* 55: 81-90.
- Horbowicz M.** 1998. Wpływ stopnia dojrzałości cebuli na zmiany "ostrości" podczas przechowywania. *Biuletyn Warzywniczy* 48: 121-129.
- Horbowicz M.**, Grzegorzewska M. 1995. Wpływ warunków schładzania i przechowywania na zawartość węglowodanów rozpuszczalnych i suchej masy w cebuli. *Biuletyn Warzywniczy* 43: 45-57.
- Jaime L.**, Martín-Cabrejas M.A., Mollá E., López-Andréu F.J., Esteban R.M. 2001. Effect of storage on fructan and fructooligosaccharide of onion (*Allium cepa* L.). *J. Agric. Food Chem.* 49(2): 982-988.

- Kauffman F.**, Holke E., Grinberg E. 2000. Effect of Central European and West Siberian cultivars on the growth and yield of shallots (*Allium cepa* L. var. *ascalonicum* Backer). Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCXXIII, Ogrodn. 31(1): 307-312.
- Kaur C.**, Joshi S., Kapoor H.C. 2009. Antioxidants in onion (*Allium cepa* L.) cultivars grown in India. J. Food Biochem. 33(2): 184-200.
- Kopsell D.E.**, Randle W.M. 1997. Onion Cultivars Differ in Pungency and Bulb Quality Changes during Storage. HortScience 32(7): 1260-1263.
- Lancaster J.E.**, McCallion B.J., Shaw M.L. 1984. The levels of S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides during the growth of the onion (*Allium cepa* L.). J. Sci. Food Agr. 35(4): 415-420.
- Lancaster J.E.**, McCallion B.J., Shaw M.L. 1986. The dynamics of the flavour precursors, the S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides, during leaf blade and scale development in the onion (*Allium cepa*). Physiol. Plantarum 66(2): 293-297.
- Lee E.J.**, Yoo K.S., Jifon J., Patil B.S. 2009. Characterization of shortday onion cultivars of 3 pungency levels with flavor precursor, free amino acid, sulfur, and sugar contents. J. Food Sci. 74(6): C475-C480.
- Mengel K.**, Kirkby E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute.
- Olsson M.E.**, Gustavsson K.E., Vågen I.M. 2010. Quercetin and Isorhamnetin in Sweet and Red Cultivars of Onion (*Allium cepa* L.) at Harvest, after Field Curing, Heat Treatment, and Storage. J. Agric. Food Chem. 58(4): 2323-2330.
- Randle W.M.**, Lancaster J.E., Shaw M.L., Sutton K.H., Hay R.L., Bussard M.L. 1995. Quantifying Onion Flavor Compounds Responding to Sulfur Fertility-Sulfur Increases Levels of Alk(en)yl Cysteine Sulfoxides and Biosynthetic Intermediates. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(6): 1075-1081.
- Randle W.M.** 2000. Increasing nitrogen concentration in hydroponic solutions affects onion flavor and bulb quality. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 125(2): 254-259.
- Resemann J.**, Carle R. 2003. Comparative study on the interrelation between flavor related parameters of different onion cultivars (*Allium cepa* L.) and their applicability to forecasting onion oil yield. Journal of Food Agriculture and Environment 1: 104-111.
- Simmelsgaard S.E.** 1998. The effect of crop, N-level, soil type and drainage on nitrate leaching from Danish soil. Soil Use Manage. 14(1): 30-36.
- Tendaj M.**, Mysiak B. 2008. Plon i jakość cebul szalotki uprawianej z siewu i rozsady. Nowości Warzywnicze 47: 25-31.
- Tendaj M.**, Mysiak B. 2010. Contents of certain chemical components in shallot bulbs after harvest and long-term storage. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 9(2): 75-83.
- Tendaj M.**, Piusińska-Siedlecka M. 2005. Wpływ fazy dojrzałości zbiorczej na jakość plonu cebuli szalotki (*Allium cepa* L. var. *ascalonicum* Backer). Annales UMCS, Sec. EEE 15: 65-72.
- Tendaj M.** 2005. Shallot production and research in Poland. Vegetable Crops Res. Bull. 62: 55-60.
- Uddin M.M.**, MacTavish H.S. 2003. Controlled atmosphere and regular storage-induced changes in S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides and alliinase activity in onion bulbs (*Allium cepa* L. cv. Hysam). Postharvest Biol. and Technol. 28: 239-245.
- Van Gestel N.C.**, Nesbit A.D., Gordon E.P., Green C., Paré P.W., Thompson L., Peffley E.B., Tissue D.T. 2005. Continuous light may induce photosynthetic downregulation in onion—consequences for growth and biomass partitioning. Physiol. Plantarum 125(2): 235-246.
- Vavrina C.S.**, Smittle D.A. 1993. Evaluating sweet onion cultivars for sugar concentrations and pungency. HortScience 28(8): 804-806.
- Vu Q.H.**, Hang T.T.M., Yaguchi S., Ono Y., Pham T.M.P., Yamauchi N., Shigyo M. 2013. Assessment of biochemical and antioxidant diversities in a shallot germplasm collection from Vietnam and its surrounding countries. Genet. Resour. Crop Ev. 60(4): 1297-1312.
- Wall A.D.**, Wall M.M., Corgan J.N. 1999. Dehydrator onion bulb weight and water-soluble carbohydrates before and after maturity. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 124(6): 581-586.
- Woldetsadik S.K.**, Workneh T.S. 2010. Effects of nitrogen levels, harvesting time and curing on quality of shallot bulbs. African Journal of Agricultural Research 5(24): 3342-3353.
- Yoo K.S.**, Lee E.J., Patil B.S. 2012. Changes in Flavor Precursors, Pungency, and Sugar Content in Short-Day Onion Bulbs during 5-Month Storage at Various Temperatures or in Controlled Atmosphere. J. Food Sci. 77(2): C216-C221.
- Zielińska D.**, Wiczkowski W., Piskula M.K. 2008. Determination of the relative contribution of quercetin and its glucosides to the antioxidant capacity of onion by cyclic voltammetry and spectrophotometric methods. J. Agric. Food Chem. 56(10): 3524-3531.