

Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Oddział w Jadwisinie, 05-140 Serock
e-mail: m.grudzinska@ihar.edu.pl

MAGDALENA GRUDZIŃSKA, ZBIGNIEW CZERKO

**Olejki eteryczne z mięty pieprzowej i kminku
jako naturalne inhibitory kiełkowania bulw ziemniaka
oraz ich wpływ na cechy sensoryczne bulw
po ugotowaniu**

Essential oils of peppermint and caraway as natural sprout inhibitors in potato tubers during storage and their effect on sensory quality after cooking

Streszczenie. Celem pracy było określenie działania naturalnych inhibitorów kiełkowania na bulwy ziemniaka w czasie przechowywania oraz ich wpływ na cechy organoleptyczne ziemniaków po ugotowaniu. Materiałem doświadczalnym było pięć odmian ziemniaka przydatnych do przetwórstwa spożywczego. Ziemniaki po zbiorze umieszczono w doświadczalnej przechowalni, doprowadzając temperaturę w komorze do 8°C. W czasie przechowywania ziemniaki były zaprawiane olejkami eterycznymi z mięty pieprzowej i kminku. W badanym materiale obserwowano początek kiełkowania bulw oraz wzrost kielków po zabiegach olejkami eterycznymi. Po przechowywaniu ziemniaki gotowano i wykonywano ocenę sensoryczną, w której uwzględniono: rozgotowanie powierzchni, konsystencję, mączystość, strukturę miąższu, smak i zapach. Wykazano, że hamowanie kiełkowania po zastosowaniu preparatu z mięty pieprzowej i kminku zależało istotnie od odmiany. Preparat z mięty pieprzowej najskuteczniej hamował kiełkowanie bulw odmiany Bursztyn (59,3% skuteczności), a z kminku bulw odmiany Stasia (60% skuteczności). Niezależnie od zastosowanego preparatu zapobiegającego kiełkowaniu bulwy odmiany Gwiazda cechowały się podobnym stanem rozgotowania powierzchni co bulwy niezaprawiane. Zastosowane naturalne inhibitory wzrostu kielków nie zmieniły struktury miąższu oraz mączystości bulw badanych odmian ziemniaka. Zaprawianie naturalnym preparatem z mięty pieprzowej istotnie pogorszyło smak i zapach ziemniaków po ugotowaniu wszystkich ocenianych odmian.

Słowa kluczowe: ziemniak, przechowywanie, ocena sensoryczna, mięta, kminek, kiełkowanie, naturalny inhibitor

WSTĘP

Ziemniaki do przetwórstwa na produkty smażone uprawiane są w systemie konwencjonalnym intensywnym. W Polsce pod pojęciem konwencjonalnego intensywnego systemu produkcji roślinnej rozumie się uprawę o wysokim poziomie stosowania agrochemikaliów. Po tak intensywnej chemicznej uprawie ziemniaki przechowywane są w zakresie temperatur 6–8°C i zaprawiane chemicznym środkiem hamującym ich kiełkowanie. Substancją czynną większości środków ograniczających wzrost kiełków jest chloroprofam i hydrazyd maleinowy w postaci soli potasowej lub cholinowej. Zabieg w czasie długotrwałego przechowywania surowca powtarzany jest kilkukrotnie. W konsekwencji prowadzi to do zanieczyszczenia środowiska pozostałościami po aplikacji w przechowalniach, gdzie aplikowany środek częściowo przedostaje się kanałami wentylacyjnymi do atmosfery [Czerko 2014].

Zgodnie z opublikowaną w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r., która ustanawia normy na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów oraz zachęca do stosowania alternatywnych niechemicznych metod w rolnictwie, podejmowane są badania nad wprowadzeniem naturalnych środków – olejków eterycznych, np. z mięty pieprzowej, kminku, goździków, rozmarynu, kopru, które mogą skutecznie ograniczyć kiełkowanie bulw w czasie przechowywania [Kalt i in. 1999, Frazier i in. 2000, Cizkova i in. 2000, Gomes-Castillo i in. 2013, Costa i in. 2007, Czerko i in. 2010, Czerko 2014, Grudzińska i Zgórska 2013].

Celem pracy było określenie działania naturalnych inhibitorów kiełkowania bulw ziemniaka po przechowywaniu oraz określenie ich wpływu na cechy sensoryczne ziemniaków po ugotowaniu.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem doświadczalnym było pięć odmian ziemniaka jadalnego: dwie odmiany z grupy wczesnych (Gwiazda, Hubal), dwie odmiany z grupy średnio wczesnych (Bursztyn, Stasia) i jedna odmiana z grupy średnio późnych (Gustaw). Badania prowadzono w latach 2014–2015. Materiał uprawiano na polu doświadczalnym IHAR-PIB Oddział w Jadwisinie. Pole doświadczalne prowadzono z zachowaniem zasad standardowej agrotechniki. Stosowano nawóz zielony – gorczycę białą w ilości 35 t·ha⁻¹ jako międzyplon wysiewany jesienią oraz nawożenie mineralne N – 48 kg·ha⁻¹, P₂O₅ – 40 kg·ha⁻¹ i K₂O – 120 kg·ha⁻¹ odpowiednio do zasobności gleby. Wykonano zabiegi chemicznej ochrony przed chwastami, szkodnikami oraz chorobami wg zaleceń Instytutu Ochrony Roślin. Bulwy zbierano w pełnej dojrzałości fizjologicznej.

Bezpośrednio po zbiorze bulwy ziemniaków umieszczono w doświadczalnej przechowalni w następujących warunkach: w okresie przygotowawczym przez pierwsze dwa tygodnie po zbiorze utrzymywano temperaturę 15°C, przy wilgotności względnej 90–95%; w ciągu następnych dwóch tygodni temperaturę stopniowo obniżano do 8°C, zachowując taką samą wilgotność.

Zastosowano następujące kombinacje przechowywania bulw: 1) ziemniaki przechowywane w temperaturze 8°C, niezaprawiane inhibitorem wzrostu kiełków – próba kontrolna; 2) ziemniaki przechowywane w temperaturze 8°C zaprawiane inhibitorami naturalnymi (olejki eteryczne otrzymane z kminku oraz mięty pieprzowej). Stężenie substancji czynnej zarówno w przypadku mięty pieprzowej, jak i kminku wynosiło 85% (jednorazowa dawka substancji wynosiła 3,6 ml·100 kg⁻¹ bulw). Bulwy ziemniaków zaprawiane były przy użyciu atomizera drobnokroplistego. Początek oraz częstotliwość stosowania inhibitorów naturalnych wynikały z intensywności kiełkowania bulw danej odmiany. Aplikację olejków eterycznych stosowano tak, aby nie było wzrostu kiełków powyżej 2 mm (stan rozbudzony) [Reust 1986]. Ilość oraz terminy aplikacji olejkami eterycznymi przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Terminy aplikacji inhibitorów kiełkowania bulw ziemniaka w czasie przechowywania w temperaturze 8°C

Table 1. Application terms sprout inhibitors of potato tubers during storage at 8°C

Terminy aplikacji Application dates	Odmiany/ Cultivars									
	Gwiazda		Hubal		Bursztyn		Stasia		Gustaw	
	K	M	K	M	K	M	K	M	K	M
30 X							+	+		
13 XI			+	+	+	+	+	+	+	+
27 XI			+	+	+	+	+	+	+	+
04 XII	+	+			+					
11 XII	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18 XII	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
31 XII	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
08 I	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16 I	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
05 II	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12 II	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19 II	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26 II	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
05 III	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19 III	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
03 IV	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16 IV	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30 IV	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
09 V	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ilość zabiegów Number of applications	16	16	17	17	18	17	18	18	17	17

Objaśnienia/ Explanatory notes: K – zaprawianie kminkiem/ treatment caraway; M – zaprawianie mięta/ treatment peppermint

Obserwacje początku kiełkowania prowadzono na bulwach przechowywanych w skrzynkach z przegrodami (każda z 30 bulw leżała oddzielnie) umieszczonych w komorze przechowalniczej w temperaturze 8°C. Ocenę wykonywano co 10 dni, a za początek kiełkowania przyjęto termin, w którym 80% bulw miało rozbudzone kielki (długość kielków około 2 mm) [Reust 1986].

Po przechowywaniu próby bulw (ok. 20 sztuk) z każdej odmiany ziemniaka i kombinacji doświadczenia myto i obierano nożykiem szczelinowym (1,7 mm). Ziemniaki gotowano metodą tradycyjną (wkładając je do wrzącej wody) do miękkości, stosując standardowe proporcje 0,5 kg bulw i 0,7 dm³ wrzącej wody bez dodatku soli.

Oceny organoleptycznej ugotowanych bulw ziemniaka dokonano według instrukcji stosowanej przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU). Ocena obejmowała następujące cechy: rozgotowanie powierzchni (tendencja do rozpadań się bulw) w skali 4-stopniowej (1 – powierzchnia niezmięciona, 4 – warstwa korowa rozgotowana); konsystencja (zwięzłość) – odporność na działanie siły mechanicznej w skali 4-stopniowej (1 – zwięzła, 4 – miękka, bulwa rozsypuje się); mączystość – tendencja do rozsypywania się w skali 4-stopniowej (1 – niemączyste, 4 – bardzo mączyste); struktura miąższu – ziarnistość w skali 4-stopniowej (1 – delikatny, gładki, 4 – szorstki, włóknisty); smak i zapach w skali 9-stopniowej (od 1 do 3 ziemniak nienadający się do konsumpcji, 8–9 ziemniak o bardzo dobrym smaku i odpowiednim zapachu). Oceny dokonywał 5-osobowy zespół.

Istotność wpływu badanych czynników na analizowane cechy (udział skiełkowanych bulw badanych odmian ziemniaka po zaprawianiu naturalnymi inhibitorami) określono przy zastosowaniu n-czynnikowych analiz wariancji, stosując test kontrastów Tukeya. Natomiast określenie wpływu naturalnych inhibitorów na poszczególne cechy sensoryczne wykonano przy użyciu nieparametrycznej analizy wariancji. Do testowania różnic między średnimi rangami wykorzystano test Kruskala-Wallisa. Analizę statystyczną wyników wykonano programem Statistica 12.

WYNIKI I DYSKUSJA

Termin rozpoczęcia kiełkowania i tempo przyrostu kielków podczas przechowywania zależą głównie od odmiany, temperatury przechowywania [Hidalgo i Echardi 1983, Celis-Gamboa i in. 2004, Daniels-Lake i in. 2007].

W tabeli 2 przedstawiono terminy rozpoczęcia kiełkowania, długość kielków pięciu odmian ziemniaka przechowywanych w temperaturze 8°C bez zastosowania inhibitorów kiełkowania oraz procent bulw skiełkowanych w próbie. Spośród pięciu badanych odmian ziemniaka jadalnego przechowywanego w temperaturze 8°C najwcześniej (w pierwszej dekadzie listopada) rozpoczęły kiełkowanie bulwy odmiany Bursztyn i Stasia, a najpóźniej odmian Hubal i Gustaw (w pierwszej dekadzie stycznia). Różnica w terminie rozpoczęcia kiełkowania pomiędzy bulwami badanych odmian wynosiła 50 dni. W badaniach Sharma i in. [2012] różnice w terminach kiełkowania bulw pomiędzy dwoma odmianami wynosiły od 99 do 114 dni. Tak duże różnice odmianowe autorzy [Susnoschi 1981, Ezekiel i Singh 2000, Sowa-Niedziałkowska i Zgórska 2005] tłumaczą warunkami składowania. Przechowywanie ziemniaków w wyższej temperaturze (8–10°C) powoduje istotne skrócenie czasu fizjologicznego uspienia bulw i prowadzi do intensywnego wzrostu kielków [Czerko i in. 2010, Asmamaw i Tekalign 2010].

Tabela 2. Termin rozpoczęcia kiełkowania bulw ziemniaka wybranych odmian oraz długość kiełków ziemniaków po 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 8°C bez stosowania inhibitorów kiełkowania

Table 2. The starting date of sprouting potato tubers and the length of selected varieties of potato after 7 months storage at 8°C without the use of sprout inhibitors

Odmiana Cultivar	Początek Kiełkowania Beginning of sprouting	Długość kiełków po przechowywaniu Length of sprouts (mm)	Procent skielkowanych bulw w próbie The percentage of sprouted tubers in the sample
Gwiazda	2d XII*	30	100
Hubal	1d I	25	100
Bursztyn	1d XI	55	100
Stasia	1d XI	76	100
Gustaw	1d I	30	100

Objaśnienia/ Explanatory notes: * 2d XII – druga dekada grudnia/ second decade of December

Tabela 3. Procentowy udział skielkowanych bulw ziemniaka po zaprawianiu naturalnymi inhibitorami kiełkowania

Table 3. Percentage of potato tubers sprouted after the treatment natural inhibitors of sprouting

Odmiana Cultivar	Bulwy zaprawiane olejkami eterycznymi Tubers treatment essential oils					
	z mięty pieprzowej/ of peppermint			z kminku/ of caraway		
	kiełków brak non-sprouted	długość kiełków length of sprouts (mm)		kiełków brak non-sprouted	długość kiełków length of sprouts (mm)	
		0–5	6–10		0–5	6–10
Gwiazda	28,6	8,2	63,2	26,5	8,2	65,3
Hubal	19,2	21,7	59,1	56,1	19,8	24,1
Bursztyn	59,3	19,8	20,9	27,2	16,3	56,5
Stasia	38,2	16,3	45,5	60,5	8,4	31,1
Gustaw	19,5	15,0	65,5	44,9	14,1	41,0
Średnia/ Mean	33,0	16,2	50,8	43,0	13,4	43,6
Odmiana/ Cultivar (C)			**			
Zaprawianie/ Treatment (T)			*			

Objaśnienia/ Explanatory notes: ** wysoka istotność $\alpha \leq 0,001$ / high significance $\alpha \leq 0,001$; * istotne $\alpha \leq 0,001$ / significance $\alpha \leq 0,001$

Długość kiełków po długotrwałym przechowywaniu (do pierwszej dekady maja) w temperaturze 8°C wynosiła od 25 mm u odmiany Hubal, której stan fizjologicznego rozbudzenia odnotowano w pierwszej dekadzie stycznia, do 76 mm u odmiany Stasia, która rozpoczęła kiełkowanie w listopadzie. W prezentowanych badaniach obserwowano, że długotrwałe przechowywanie oraz regularne zaprawianie wpłynęły w istotny sposób na stan pobudzenia oraz długość kiełków w zaprawianych bulwach odmian ziemniaka jadalnego (tab. 3). Najlepszą efektywnością w ograniczaniu kiełkowania cechował się

preparat z mięty pieprzowej zastosowany do zaprawiania bulw odmiany Bursztyn (ok. 60% bulw nie miało kiełków). Podobne działanie obserwowano w bulwach odmiany Hubal i Stasia zaprawianych preparatem z kminku – odpowiednio 56% i 60% bulw nieskiełkowanych.

Naturalne preparaty zarówno z mięty, jak i z kminku, zastosowane w doświadczeniu nie dały spodziewanego efektu działania na bulwy odmiany Gwiazda, ponieważ 63% bulw miało kiełki o długości od 6 do 10 mm. Według Czerko i in. [2012] preparaty te po zastosowaniu w końcowym okresie przechowywania nie hamują efektywnie wzrostu kiełków na bulwach. Zastosowanie preparatu z kminku (średnio dla pięciu odmian bulw ziemniaka) dało lepszy efekt działania o ok. 10% niż preparat z mięty. Według Martina i in. [2014] sposób zastosowania preparatu z mięty ma szczególne znaczenie. Zdaniem tych autorów lepsze efekty daje stosowanie preparatu poprzez parowanie lub zamglawianie na gorąco.

Zmiany jakości surowca w czasie długotrwałego przechowywania w znacznej mierze rzutują na wrażenia sensoryczne, a w rezultacie na ocenę wszystkich wyróżników jakości bulw. Z punktu widzenia konsumenta ważne jest, aby ziemniaki charakteryzowały się dobrym smakiem, zapachem oraz odpowiednim wyglądem po ugotowaniu.

W tabeli 4 przedstawiono zmiany rozgotowania powierzchni bulw badanych odmian ziemniaka po ugotowaniu w zależności od zastosowanego naturalnego inhibitora kiełkowania.

Tabela 4. Rozgotowanie powierzchni bulw ziemniaka po przechowywaniu surowca w zależności od stosowanych inhibitorów kiełkowania

Table 4. Overcooked of potato tubers after storage depending on the application of the sprout inhibitors

Odmiana Cultivar	Bulwy niezaprawiane (próba kontrolna) Tubers untreatment (control)	Bulwy zaprawiane olejkami eterycznymi Tubers treatment essential oils		\bar{X}
		z mięty pieprzowej of peppermint	z kminku of caraway	
Gwiazda	1,0 ^a	1,2 ^a	1,1 ^a	1,1 A
Hubal	1,0 ^a	1,2 ^a	2,2 ^{abc}	1,4 AB
Bursztyn	3,4 ^c	1,8 ^{ab}	2,0 ^{ab}	2,4 C
Stasia	2,6 ^{bc}	1,0 ^a	1,0 ^a	1,5 AB
Gustaw	2,8 ^{bc}	2,2 ^{abc}	1,2 ^a	2,0 BC
Średnia/ Mean	2,1 B	1,4 A	1,5 AB	
Odmiana/ Cultivar (C)		***		
Zaprawianie/ Treatment (T)		***		

Objaśnienia/ Explanatory notes: *** bardzo wysoka istotność $\alpha \leq 0,001$ / very high significance $\alpha \leq 0,001$

Analiza statystyczna wyników rozgotowania powierzchni wykazała istotne różnicowanie odmianowe pod względem ocenianej cechy. Niezmienioną, błyszczącą jak u surowego ziemniaka powierzchnią cechowały się bulwy odmiany Gwiazda i Hubal, natomiast większą część powierzchni spękanej obserwowano w przypadku bulw odmiany Bursztyn. Według Burtona [1989], Martensa i Thybo [2000] oraz Liu i in. [2007] znaczną rolę w kształtowaniu tej cechy odgrywa zawartość i ziarnistość skrobi. Zdaniem Jarvi-

sa i in. [1992] oraz Bordoloi i in. [2012] zbyt wysoka zawartość skrobi zwiększa stopień rozgotowania, ponieważ skrobia pęcznieje i powoduje zniszczenie struktur komórkowych.

Zastosowanie naturalnych inhibitorów kiełkowania wpłynęło na stan rozgotowania powierzchni bulw. Istotne zmiany obserwowano w ziemniakach zaprawianych zarówno miętą pieprzową, jak i kminkiem. Aplikacja naturalnych preparatów na bulwy ograniczyła stan rozgotowania powierzchni bulw odmiany Bursztyn i Stasia (tab. 4). Niezależnie od zastosowanego preparatu zapobiegającego kiełkowaniu bulwy odmiany Gwiazda cechowały się podobnym stanem rozgotowania powierzchni co bulwy niezaprawiane (niezmieniona, błyszcząca powierzchnia). Tendencja do rozgotowania powierzchni miąższu wiąże się z wysyceniem blaszki środkowej ścian komórkowych substancjami pektynowymi – protopektyną i pektyną rozpuszczalną w wodzie. W ścianie komórkowej tkanki roślinnej frakcja tworząca blaszkę środkową odgrywa rolę usztywniającą i wzmacniającą [McComb i McCready 1952]. Bush i McCann [1999] dodają, że ściany komórek bulw ziemniaka nie są jednorodną strukturą, a pektynowy skład ściany jest rozmieszczony przestrzennie [Bordoloi i in. 2012].

Długotrwałe przechowywanie i związane z nim procesy fizjologiczne (oddychanie i transpiracja) oraz regularne kilkunastokrotne zaprawianie preparatami mogło doprowadzić do minimalnego naruszenia struktury ścian komórkowych, co w konsekwencji mogło spowodować rozgotowanie powierzchni bulw u niektórych odmian ziemniaka.

Tabela 5. Struktura miąższu ugotowanych bulw ziemniaka po przechowywaniu surowca w zależności od stosowanych inhibitorów kiełkowania

Table 5. The structure of cooked potato tubers after storage depending on the application of the sprout inhibitors

Odmiana Cultivar	Bulwy niezaprawiane (próba kontrolna) Tubers untreated (control)	Bulwy zaprawiane olejkami eterycznymi Tubers treatment essential oils		\bar{X}
		z mięty pieprzowej of peppermint	z kminku of caraway	
Gwiazda	3,0 ^{bc}	2,2 ^{ab}	2,4 ^b	2,5 AB
Hubal	2,2 ^{ab}	1,8 ^a	2,0 ^a	2,0 A
Bursztyn	2,8 ^{bc}	3,4 ^{cd}	2,4 ^b	2,8 AB
Stasia	2,4 ^b	1,8 ^a	2,4 ^b	2,2 A
Gustaw	3,8 ^d	2,4 ^b	2,8 ^{bc}	3,0 B
Średnia/ Mean	2,8A	2,3A	2,3A	
Odmiana/ Cultivar (C)		**		
Zaprawianie/ Treatment (T)		n.i.		

Objaśnienia/ Explanatory notes: ** wysoka istotność $\alpha \leq 0,045$ / high significance $\alpha \leq 0.045$; n.i. – nieistotne/ not significance

W tabeli 5 przedstawiono ocenę struktury miąższu ugotowanych bulw ziemniaka po przechowywaniu surowca w temperaturze 8°C bez stosowania i z zastosowaniem inhibitorów kiełkowania. Czynniki odmianowy miał decydujący wpływ na strukturę miąższu bulw. Dość delikatną strukturą miąższu cechowały się bulwy odmiany Hubal (2,2 pkt) i Stasia (2,4 pkt), natomiast szorstką i włóknistą odmiany Gwiazda (3,0 pkt) i Gustaw

(3,8 pkt). O delikatności struktury miąższu bulw według Zia-ur-Rehmana i in. [2003] oraz Gołubowskiej i Lisińskiej [2005] decyduje zawartości celulozy, pektyn, hemicelulozy i lignin. Tajner-Czopek i in. [2002] dodają, że ilość tych składników w bulwach może być regulowana długością okresu wegetacji. Im dłuższy jest okres wegetacji, tym więcej w bulwach ziemniaka znajduje się celulozy, hemicelulozy i lignin. Zastosowane w badaniach inhibitory nie różnicowały omawianej cechy.

Z tendencją do rozgotowania powierzchni i struktury ugotowanych ziemniaków nierozłącznie wiąże się inna cecha – mączystość, która często związana jest z pęcznieniem i kleikowaniem skrobi, jak również z trwałością związków pektynowych [Jarvis i Dancan 1992, McComber i in. 1994].

Największą mączystością odznaczały się bulwy odmiany Bursztyn (3,0 pkt), natomiast najmniejszą ziemniaki odmian Gwiazda (2,0 pkt), Hubal (2,2 pkt) i Stasia (2,2 pkt) (tab. 6.) Stosowanie olejków eterycznych jako inhibitorów kiełkowania nie wpłynęło w istotny sposób na mączystość bulw badanych odmian.

Tabela 6. Mączystość ugotowanych bulw ziemniaka po przechowywaniu surowca w zależności od stosowania inhibitorów kiełkowania

Table 6. Mealiness cooked potato tubers after storage depending on the application of the sprout inhibitors

Odmiana Cultivar	Bulwy niezaprawiane (próba kontrolna) Tubers untreated (control)	Bulwy zaprawiane olejkami eterycznymi Tubers treatment essential oils		\bar{X}
		z mięty pieprzowej of peppermint	z kminku of caraway	
Gwiazda	2,0 ^{ab}	2,6 ^c	1,8 ^a	2,1 A
Hubal	2,2 ^b	2,4 ^{bc}	3,0 ^d	2,5 B
Bursztyn	3,0 ^d	1,8 ^a	2,6 ^c	2,4 AB
Stasia	2,2 ^b	1,8 ^a	2,2 ^b	2,0 A
Gustaw	2,6 ^{ab}	2,8 ^{cd}	2,6 ^c	2,6 B
Średnia Mean	2,4 A	2,2 A	2,4 A	
Odmiana/ Cultivar (C)		***		
Zaprawianie/ Treatment (T)		n.i		

Objaśnienia/ Explanatory notes: *** bardzo wysoka istotność $\alpha \leq 0,001$ / very high significance $\alpha \leq 0,001$; n.i. – nieistotne/ not significance

Konsystencja bulw ugotowanych jest jedną z ważniejszych cech wpływających na konsumencką akceptację. Odpowiednia konsystencja bulw ziemniaka, począwszy od związanej do rozsypującej się, jest związana z właściwościami chemicznymi surowca [Jarvis i Dancan 1992, Grudzińska i in. 2004, Liu i in. 2007] oraz dobrze dobranymi parametrami technologicznymi w procesie produkcyjnym [Gołubowska i Lisińska 2005, Rytel i in. 2006].

Analiza statystyczna wyników wykazała istotne zróżnicowanie odmianowe pod względem ocenianej cechy (tab. 7.) Ziemniaki odmian Hubal i Stasia przechowywane w 8°C bez stosowania inhibitorów kiełkowania po ugotowaniu cechowały się dość związłą konsystencją, ugotowane bulwy rozpadały się na dwie części (1,8 pkt). Konsystencja

mięszu bulw odmiany Bursztyn i Gustaw po ugotowaniu była miękka (bulwy rozpadały się bez nakłuwania widelcem) (2,8 pkt).

Tabela 7. Konsystencja ugotowanych bulw badanych odmian ziemniaka po przechowywaniu surowca w zależności od stosowanych inhibitorów kiełkowania

Table 7. The consistency of cooked potato tubers after storage depending on the application of the sprout inhibitors

Odmiana Cultivar	Bulwy niezaprawiane (próba kontrolna) Tubers untreated (control)	Bulwy zaprawiane olejkami eterycznymi Tubers treatment essential oils		\bar{X}
		z mięty pieprzowej of peppermint	z kminku of caraway	
Gwiazda	2,2 ^{ab}	2,0 ^{ab}	1,8 ^{ab}	2,0 A
Hubal	1,8 ^{ab}	2,2 ^{ab}	2,2 ^{ab}	2,0 A
Bursztyn	2,8 ^b	1,8 ^{ab}	1,8 ^{ab}	2,1 A
Stasia	1,8 ^{ab}	2,6 ^{ab}	2,0 ^{ab}	2,1 A
Gustaw	2,8 ^b	2,2 ^{ab}	1,2 ^a	2,0 A
Średnia/ Mean	2,2 B	2,1 AB	1,8 A	
Odmiana/ cultivar (C)		n.i.		
Zaprawianie/ treatment (T)		**		

Objaśnienia/ Explanatory notes: ** istotne $\alpha \leq 0,037$ / significance $\alpha \leq 0.037$; n.i. – nieistotne/ not significance

Stosowanie olejków eterycznych z mięty pieprzowej i kminku wpłynęło istotnie na konsystencję badanych odmian bulw ziemniaka po ugotowaniu (tab. 7). Po kilkunastokrotnym zaprawianiu inhibitorem ziemniaki odmiany Bursztyn po obróbce termicznej cechowały się zwięźlejszą konsystencją (1,8 pkt) niż niezaprawiane. Odwrotną zależność obserwowano w bulwach odmiany Stasia, gdzie ziemniaki zaprawiane mięta pieprzową po ugotowaniu rozpadały się na kilka części, a niezaprawiane były zwięzłe.

Smak i zapach bulw są zależne m.in. od ich składu chemicznego [Zgórska i in. 2006, Kumar i Ezekiel 2009, Amer i in. 2014] oraz od warunków długotrwałego przechowywania [Grudzińska i in. 2004, Zgórska i Grudzińska 2012]. Nadmiar cukrów i popiołu pogarsza smak, natomiast wolne aminokwasy i nukleotydy oraz witamina C poprawiają smakowość. Niekorzystnie na tę cechę oddziałuje zawartość glikoalkaloidów, nadając bulwom gorzki smak.

W tabeli 8 przedstawiono ocenę smaku i zapachu ugotowanych bulw ziemniaka, które przed obróbką kulinarną były przechowywane w temperaturze 8°C z zastosowaniem i bez zastosowania naturalnych inhibitorów kiełkowania. W prezentowanych badaniach najlepszym smakiem i odpowiednim zapachem cechowały się bulwy odmiany Gwiazda i Bursztyn (próba kontrolna 6,8 pkt) (tab. 8), natomiast najniżej oceniono bulwy odmiany Gustaw (6,2 pkt).

Tabela 8. Smak i zapach ugotowanych bulw ziemniaka po przechowywaniu w zależności od stosowanych inhibitorów kiełkowania

Table 8. Taste and smell of cooked potato tubers after storage depending on the application of the sprout inhibitors

Odmiana Cultivar	Bulwy niezaprawiane (próba kontrolna) Tubers untreatment (control)	Bulwy zaprawiane olejkami eterycznymi Tubers treatment essential oils		\bar{X}
		z mięty pieprzowej of peppermint	z kminku of caraway	
Gwiazda	6,8 ^b	5,8 ^{ab}	6,6 ^b	6,4 A
Hubal	6,4 ^b	6,0 ^{ab}	6,8 ^b	6,4 A
Bursztyn	6,8 ^b	4,9 ^{ab}	6,2 ^{ab}	5,9 AB
Stasia	6,4 ^{ab}	6,0 ^{ab}	5,8 ^{ab}	5,7 AB
Gustaw	6,2 ^{ab}	4,1 ^a	5,5 ^{ab}	5,2 B
Średnia/ Mean	6,3A	5,3B	6,1A	
Odmiana/ Cultivar (C)		***		
Zaprawianie/ Treatment (T)		***		

Objaśnienia/ Explanatory notes: *** bardzo wysoka istotność $\alpha \leq 0,011$ / very high significance $\alpha \leq 0.011$

Zaprawianie bulw ziemniaka olejkami eterycznymi wpłynęło istotnie na oceniane cechy. Zaobserwowano pogorszenie smaku i zapachu wszystkich bulw badanych odmian zaprawianych miętą pieprzową oraz bulw odmiany Stasia i Gustaw zaprawianych kminkiem.

WNIOSKI

1. Efekt hamowania kiełkowania bulw badanych odmian ziemniaka po zastosowaniu preparatów z mięty pieprzowej i kminku zależał istotnie od odmiany. Preparat z mięty pieprzowej najskuteczniej hamował kiełkowanie bulw odmiany Bursztyn (59,3% skuteczności), a z kminku – bulw odmiany Stasia (60% skuteczności).

2. Niezależnie od zastosowanego preparatu zapobiegającego kiełkowaniu bulw odmiany Gwiazda cechowały się podobnym stanem rozgotowania powierzchni co bulwy niezaprawiane.

3. Zastosowane naturalne inhibitory wzrostu kiełków nie zmieniły struktury miąższu oraz mączystości bulw badanych odmian ziemniaka.

4. Zaprawianie naturalnym preparatem z mięty pieprzowej istotnie pogorszyło smak i zapach ziemniaków po ugotowaniu wszystkich ocenianych odmian.

PIŚMIENNICTWO

- Amer F.S., Reddivari L., Madiwale G.P., Stone M., Holm D.G., Vanamala J., 2014. Effect of Genotype and Storage on Glycoalkaloid and Acrylamide Content and Sensory Attributes of Potato Chips. *Am. J. Potato Res.* 91, 632–641.
- Asmamaw Y., Tekalign T., 2010. Specific gravity, dry matter concentration, ph, and crisp-making potential of Ethiopian potato (*Solanum tuberosum L.*) cultivars as influenced by growing environment and length of storage under ambient conditions. *Potato Res.* 53, 95–109.

- Bordoloi A., Kaur L., Singh J., 2012. Parenchyma cell microstructure and textural characteristics of raw and cooked potatoes. *Food Chem.* 133(4), 1092–1100.
- Burton W.G. (ed.), 1989. *The potato* (3rd ed.). Longman Scientific and Technical, Harlow, 423–522.
- Bush M.S., McCann M.C., 1999. Pectic epitopes are differentially distributed in the cell walls of potato (*Solanum tuberosum*) tubers. *Physiol. Plant.* 107, 201–213.
- Cizkova H., Vacek J., Voldrich M., Sevcik R., Kratka J., 2000. Caraway essential oil as potential inhibitor of potato sprouting. *Rostlin. Vyr.* 46, 501–507.
- COBORU, 2013. *Metodyka oceny konsumpcyjnej odmian. Ziemniak.* NR/S/17/2013, Słupia Wielka.
- Celis-Gamboa C., Struik E.C., Jacobsen E., Vissew R.G.E., 2004. Sprouting of seed tubers during cold storage and its influence on tuber formation, flowering and the duration of the life cycle in a diploid population of potato. *Potato Res.* 46, 9–25.
- Costa E.S., Galhano C.I.C., Moreira Da Silva A.M.G., 2007. A new sprout inhibitor of potato tuber based on carvon/ β -cyclodextrin inclusion compound. *J. Incl. Phenom. Macro. Chem.* 57, 121–124.
- Czerko Z., Zgórska K., Grudzińska M., 2010. Czynniki ograniczające kiełkowanie ziemniaków podczas przechowywania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 577, 243–252.
- Czerko Z., Zgórska K., Grudzińska M., 2012. Porównanie odmian ziemniaka pod względem reakcji na stosowanie inhibitorów kiełkowania. *Biul. IIHAR* 266, 121–129.
- Czerko Z., 2014. Zapobieganie kiełkowaniu bulw w przechowalni przez aplikację CIPC w formie oprysku lub zamglawiania. *Ziem. Pol.* 3, 58–60.
- Daniels-Lake B.J., Prange R.K., 2007. The canon of potato science 41. Sprouting. *Potato Res.* 50, 379–382.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. *Dz.U. UE L.* 309 z 24.11.2009, 71–87.
- Ezekiel R., Singh B., 2000. Effect of tuber size, storage temperature and storage duration on sprout growth in seed potatoes (*Solanum tuberosum L.*). *Ind. J. Agric. Sci.* 70, 287–291.
- Frazier M.J., Kleikopf G.E., Brandt T.L., 2000. Spearmint oil and peppermint oil used as alternative sprout suppressants. *Am. J. Potato Res.* 72, 737–747.
- Gołubowska G., Lisińska G., 2005. Zmiany tekstury i zawartości związków pektynowych w ziemniakach podczas produkcji frytek. *ŻNTJ* 1(42), 63–70.
- Gomez-Castillo D., Cruz E., Iguaz A., Arroqui C., Virseda P., 2013. Effect of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars. *Postharv. Biol. Technol.* 82, 15–21.
- Grudzińska M., Zgórska K., 2013. Wpływ zastosowania S-karwonu jako naturalnego inhibitora wzrostu kiełków ziemniaka na jasność barwy chipsów ziemniaczanych. *ŻNTJ* 4(89), 161–169.
- Grudzińska M., Starus E., Zgórska K., 2004. Ocena cech konsumpcyjnych bulw ziemniaka w czasie przechowywania. *Inż. Rol.* 5(60), 127–146.
- Hidalgo O.A., Echandi E., 1983. Influence of temperature and length of storage on resistance of potato to tuber rot induced by *Erwinia chrysanthemp*. *Am. Potato J.* 50, 1–15.
- Jarvis M.C., Duncan H.J., 1992. The textural analysis of cooked potato. 1. Physical principles of the separate measurement of softness and dryness. *Potato Res.* 35, 83–91.
- Jarvis M.C., MacKenzie E., Duncan H.J., 1992. The textural analysis of cooked potato. 2. Swelling pressure of starch during gelatinisation. *Potato Res.* 35, 93–102.
- Kalt W., Prange R.K., Daniels-Lake B.J., 1999. Alternative compounds for the maintenance of processing quality of stored potatoes (*Solanum tuberosum L.*). *J. Food Proces. Preserv.* 23, 71–81.
- Kumar D., Ezekiel R., 2009. Changes in glycoalkaloids and phenolic contents in potato tubers stored under different conditions. *J. Food Sci. Technol.* 46(5), 480–483.

- Liu Q., Tarn R., Lynch D., Skjoldt N.M., 2007. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Food Chem.* 105, 897–907.
- Martens H.J., Thybo A.K., 2000. An integrated microstructural, sensory and instrumental approach to describe potato texture. *Lebensm. Wiss. Technol.* 33, 471–482.
- Martin M., Bompeix G., Sardo A., 2014. Improving the use of spearmint oil, a natural sprout inhibitor from hot-fogging to vapour application, 19th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, 2014 Brussels, Belgium, July 6–11.
- McComb E.A., McCready R.M., 1952. Colorimetric determination of pectic substance. *Anal. Chem.* 24, 1630–1632.
- McComber D.R., Horner H.T., Chamberlin M.A., Cox D.F., 1994. Potato cultivar differences associated with mealiness. *J. Agric. Food Chem.* 42, 2433–2439.
- Reust W., 1986. Physiological age of potato. Definitions of terms (European Association for Potato Research Working Group). *Potato Res.* 29, 268–271.
- Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G., 2006. Konsystencja ziemniaków gotowanych i produktów smażonych w zależności od zawartości polisacharydów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511, 601–609.
- Sharma A.K., Venkatasalam E.P., Kumar V., 2012. Storability and sprouting behaviour of micro-tubers of some Indian potato cultivars. *Potato J.* 39, 31–38.
- Susnoschi M., 1981. Seed potato quality as influenced by high temperatures during the growth period. 1. Effect of storage temperature on sprout growth. *Potato Res.* 24, 371–379.
- Sowa-Niedziałkowska G., Zgórska K., 2005. Wpływ czynnika termicznego i odmianowego na zmiany ilościowe w czasie długotrwałego przechowywania bulw ziemniaka. *Pam. Puł.* 139, 233–243.
- Tajner-Czopek A., Kita A., Rytel E., Gołubowska G., 2002. Zawartość polisacharydów nieskrobiowych i ligniny w bulwach ziemniaka o różnej długości okresu wegetacji. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489, 291–300.
- Zia-ur-Rehman Z., Islam M., Shah W.H., 2003. Effect of microwave and conventional cooking on insoluble dietary fibre components of vegetables. *Food Chem.* 80, 237–240.
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzińska M., 2006. Wpływ ekspozycji świetlnej na zielnienie, akumulację chlorofilu i glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. *ŻNTJ* 1(46), 222–229.
- Zgórska K., Grudzińska M., 2012. Zmiany wybranych cech jakości bulw ziemniaka w czasie przechowywania. *Acta Agrophys.* 19(1), 203–214.

Summary. The aim of the study was to determine the effect of natural sprouting inhibitors on potato tubers during storage and their effect on potato sensory quality after cooking. Five varieties of potatoes suitable for processing were provided after harvest in the experimental storage at 8°C and a relative humidity of 90–95%. During storage, the potatoes were treated every 10 days with the essential oils of peppermint and caraway. During the study, we observed the beginning of sprouting and the growth of sprouts after treatment with essential oils. After storage, the potatoes were boiled. On boiled potatoes the assessment of sensory quality, which includes: overcooked surface, texture, mealiness, flesh texture, taste and smell, was carried out. The analysis showed that inhibition of potato sprouting after the application of peppermint and caraway significantly depended on the variety. The preparation of peppermint most effectively inhibited sprouting tubers of variety Bursztyn (59.3% efficiency), and caraway tubers of variety Stasia (60% efficiency). Independently of the kind of inhibitors, potato variety Gwiazda did not give positive results (only 27% efficiency). Potato tubers on which the preparations of peppermint and were most effective had a lower degree of overcooked surface. Treatments of the natural inhibitor of peppermint and caraway significantly worsened the taste and smell of cooked potato of all varieties.

Key words: potato, storage, sensory quality, peppermint, caraway, sprouting, natural inhibitor