

WPLYW PROMIENIOWANIA MIKROFALOWEGO NA CIEMNIENIE MIĄSZU BULW ZIEMNIAKA

Tomasz Jakubowski, Paulina Wrona

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu mikrofal na ciemnienie surowego miąższu bulw ziemniaka. Badaniami objęto 6 bardzo wczesnych odmian ziemniaka (Arielle, Denar, Felka Bona, Lord, Rosara i Velox), które przechowywano przez okres 7 miesięcy. Do napromieniania bulw ziemniaka wykorzystano generator wytwarzający mikrofałe o częstotliwości 2,45 GHz. Ocenę stopnia ciemnienia miąższu wykonano według 9-stopniowej skali duńskiej. Uzyskane wyniki badań nie potwierdzają tego, że mikrofałe istotnie wpływały na proces ciemnienia surowego miąższu bulw ziemniaka.

Słowa kluczowe: ziemniak, bulwa, ciemnienie, mikrofałe

WSTĘP

Zdaniem większości badaczy [Lisińska 2006, Zgórska i Zielińska 2005, Zgórska i Sowa-Niedziałkowska 2005, Zgórska i in. 2006, Zgórska i Grudzińska 2012, Murnice i in. 2011] jakość ziemniaka jadalnego determinowana jest głównie przez kolejne cechy bulw: zawartość suchej masy i skrobi, zawartość cukrów redukujących i sumy cukrów, typ kulinarny oraz skłonność do ciemnienia miąższu bulw po ugotowaniu i bulw surowych. Spośród wymienionych wyżej cech niewątpliwie, uwzględniając bezpośrednie wykorzystanie (spożycie) oraz procesy przygotowania i wytwarzania produktów spożywczych z ziemniaka (chipsy, frytki czy susz ziemniaczany), duże znaczenie ma ciemnienie miąższu bulw surowych. Za ciemnienie małe uznaje się bulwę, której surowy miąższ osiąga ocenę $> 6,5^\circ$ (odwrócona skala 9-stopniowa) [Zgórska i in. 2010]. Niepożądane zabarwienie produktu spożywczego może być przyczyną zmniejszenia jego wartości rynkowej lub nawet go z rynku dyskwalifikować [Ibarz i in. 1999, Kidmose i Hansen 1999]. Gabriel [1974] oraz Nourian i in. [2003] wymieniają następujące przyczyny wpływające na zmianę barwy miąższu bulw ziemniaka: ingerencja patogenów i szkodników oraz niedobór składników mineralnych w okresie wegetacji, uszkodzenia

Adres do korespondencji – Corresponding author: Tomasz Jakubowski, Paulina Wrona, Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków, e-mail: tomasz.jakubowski@ur.krakow.pl, paulina.wrona@ur.krakow.pl

mechaniczne w trakcie zbioru i transportu, nagłe zmiany warunków mikroklimatu w trakcie przechowywania bulw oraz nieprawidłowe przygotowanie surowca do produkcji (obieranie, krajanie itp.). Na zmianę zabarwienia miąższu wpływa melanina będąca efektem utleniania tyrozyny przy katalitycznym działaniu enzymu tyrozynazy. Na redukcję zawartości tyrozyny i składników azotowych w bulwach wpływ ma nawożenie potasem, co w efekcie może powodować zmniejszenie ciemnienia miąższu. Ciemnienie miąższu bulwy ziemniaka może być powodowane zarówno reakcjami enzymatycznymi, jak i nieenzymatycznymi [Zgórska i in. 2006]. Reakcje enzymatyczne powodowane są aktywnością enzymów oksydazowych, a nieenzymatyczne działaniem czynników zewnętrznych (temperatura, tlen, odczyn pH oraz obecność metali katalizujących jak Fe czy Cu) [Wszelaczyńska 2004]. W przypadku ciemnienia miąższu wywołanego procesami nieenzymatycznymi ciemnienie ma swoją przyczynę w karbonylowo-aminowej reakcji Maillarda (reakcja grup karbonylowych aldehydów i ketonów, głównie cukrów redukujących, z grupami aminowymi, iminowymi oraz amidowymi aminokwasów i białek). Uwzględniając obiekt badań, podkreślić należy, że wg Amrein i in. [2003] oraz Tajner-Czopek i in. [2008] w trakcie procesu Maillarda powstają szkodliwe akrylamidy (wynik reakcji między asparaginą i cukrami redukującymi). W literaturze polskojęzycznej odnaleźć można informacje na temat wpływu różnych czynników na ciemnienie miąższu bulw ziemniaka: herbicydu *Sencor 70 WP* [Sawicka i Diallo 1997], syntetycznych regulatorów wzrostu (*Mival* i *Modus 250 ME*) [Sawicka 2002], metrybutyny [Urbanowicz 2010] czy odporności odmian ziemniaka na niektóre patogeny [Styszko i Ohanowicz 1998]. Literatura obcojęzyczna jest obszerniejsza w tej tematyce, badano m.in. zagadnienia związane z działaniem enzymu oksydazy polifenolowej oraz brązowienie enzymatyczne jako efekt stosowania metod fizycznych w odniesieniu do roślin uprawnych i sadowniczych [Mesquita i Queiroz 2013, Lombardo i in. 2012, Maskan 2000, 2001, Avila i Silva 1999, Feng i Tang 1998, Partington i Bolwell 1996, Mastrocola i Lerici 1991]. Wyniki badań Zgórskiej i Grudzińska [2012] dotyczące zmian wybranych cech jakościowych ziemniaka w czasie przechowywania wskazują, że intensywność ciemnienia miąższu bulw surowych zależy od odmiany i czasu ich przechowywania. W pracach Marksa [2005a, b] oraz Jakubowskiego [2008, 2009] odnaleźć można informacje o pozytywnym wpływie metod fizycznych (pole elektryczne i magnetyczne oraz promieniowanie mikrofalowe) na niektóre procesy zachodzące w trakcie przechowywania bulw ziemniaka. Mając na uwadze powyższe, celem pracy było zbadanie wpływu promieniowania mikrofalowego na ciemnienie miąższu bulw ziemniaka po ich przechowywaniu.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2008–2010 z wykorzystaniem 6 bardzo wczesnych odmian ziemniaka jadalnego (Arielle, Denar, Felka Bona, Lord, Rosara i Velox). Materiał do badań uzyskano z doświadczenia polowego zlokalizowanego na glebie lekkiej, piasek słabo gliniasty, klasa bonitacyjna IIIa (określona według rolniczej przydatności gleb jako gleba góraska dobra). Gleba w obrębie poletek doświadczalnych posiadała odczyn lekko kwaśny (pH = 5,8) i cechowała się średnią zawartością fosforu

i potasu oraz wysoką magnezu. Wszelkie prace agrotechniczne na poletkach doświadczalnych (w każdym roku badań) prowadzono zgodnie z wytycznymi prawidłowej uprawy przewidzianymi dla roślin ziemniaka. W każdym roku, bezpośrednio po zbiorze, do badań pobierano po 100 bulw ziemniaka (średniej wielkości) każdej odmiany (ze względu na możliwość wystąpienia wad miąższu ziemniaka liczebność bulw w próbach była większa niż zalecana przez metodykę dla tego typu badań). Do oceny stopnia ciemnienia surowych bulw ziemniaka, w każdej z kombinacji doświadczenia, zgodnie z przyjętą metodyką [Roztropowicz 1999], przyjmowano po 10 wizualnie zdrowych bulw. Doświadczenie obejmowało trzy replikacje dla każdej kombinacji oraz próbę kontrolną (nienapromieniowaną mikrofalami). Dla kombinacji doświadczenia, w których napromieniano bulwy ziemniaka mikrofalami, ustalono czas działania i moc generatora mikrofal na 10 s i 100 W. Taki dobór parametrów pracy generatora podyktowany był wynikami wcześniejszych badań autora [Jakubowski 2008], w których dla prezentowanych parametrów, stwierdzono pozytywny efekt działania mikrofal na niektóre procesy towarzyszące przechowywaniu bulw ziemniaka. Badania prowadzono dwuetapowo, w etapie I oceny dokonano przed przechowywaniem (bezpośrednio po zbiorze), a w etapie II po 7-miesięcznym okresie przechowywania. Napromieniowanie bulw ziemniaka przeprowadzono w pierwszym tygodniu po zbiorze, po czym próby (wraz z próbą kontrolną) kierowano do przechowalni. Materiał do badań przechowywano w chłodni z automatyczną regulacją temperatury (w zakresie 5–6°C, przy wilgotności 90–95%) w drewnianych skrzynkach (w pojedynczych warstwach) tak, aby zapewnione były jednolite warunki wymiany ciepła i masy bulw ziemniaka z otoczeniem [Wachowicz 2007]. Do napromieniania bulw ziemniaka wykorzystano generator wytwarzający mikrofałe o częstotliwości 2,45 GHz. W celu napromieniowania bulwy ziemniaka mikrofalami umieszczano ją we wnętrzu komory generatora. Urządzenie miało możliwość działania w zakresie mocy 100–1000 W i wyposażone było w precyzyjny wyłącznik czasowy. Zasadniczym elementem generatora był magnetron zbudowany z bloku anodowego z wnękami próżniowymi, których liczba i kształt implikowały żadaną charakterystykę lampy mikrofalowej. Mikrofałe transportowane były do wnętrza szczelnej komory (pełniące funkcję siatki Faradaya), wyposażonej w obrotowe dno, poprzez falowód [Dvurechenskaya i in. 2010]. Ocenę stopnia ciemnienia surowych bulw ziemniaka przeprowadzono po 7-miesięcznym okresie ich przechowywania, w oparciu o metodykę opisaną przez Roztropowicz [1999] (zgodnie ze skalą duńską zalecaną przez *European Association for Potato Research*). Umyte i wysuszone bulwy krojono ostrym nożem poprzez wykonanie szybkiego pociągnięcia ostrza wzdłuż osi wierzchołek-stolon (oś podłużna bulwy). Uzyskane w ten sposób połówki bulw, rozciętą powierzchnią na zewnątrz, układano na białym tle. Ocenę ciemnienia wykonano dwukrotnie, po 10 min oraz po 4 godz. od momentu przekrojenia bulw, według odwróconej skali dziewięciostopniowej (9 – barwa niezmieniona, 1 – ciemnienie najsilniejsze) [Pająk i Fortuna 2010, Tomaszewska i Neryng 2007, Zapotoczny i Zielińska 2005, PN-ISO 4121:1998]. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy założonym poziomie istotności $\alpha = 0,05$ z wykorzystaniem pakietu STATISTICA 9.1.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Ze względu na niespełnienie założeń analizy wariancji co do normalności rozkładu badanych zmiennych w obliczeniach statystycznych wykorzystano testy nieparametryczne. Aby określić istotność różnic między poszczególnymi kombinacjami doświadczenia, zastosowano test mediany oparty o wartość statystyki χ^2 oraz test Kruskala-Wallisa (nieparametryczny odpowiednik analizy wariancji dla wielu prób niezależnych) dla wielokrotnych porównań średnich rang w próbach.

Nie stwierdzono, aby:

- rok, w którym prowadzono badania, wpływał istotnie na oceniony stopień ciemnienia bulw badanych odmian ziemniaka ($\chi^2 = 0,3$ przy $p = 0,89$),
- promieniowanie mikrofalowe, w przyjętej w doświadczeniu częstotliwości i czasie jego działania, modyfikowało ciemnienie miąższu bulw ($\chi^2 = 0,9$ przy $p = 0,76$),
- wartość stopnia ciemnienia w badanych próbach ulegała zmianie po 10 min obserwacji bez względu na etap badań ($\chi^2 = 4,8$, $p = 0,09$).

Tabela 1. Wynik analizy wariancji Kruskala-Wallisa – porównanie stopnia ciemnienia przechowywanych bulw ziemniaka z uwzględnieniem odmiany (II etap badań)

Table 1. The result of analysis of Kruskal-Wallis variance – compare the degree of darkening of stored potato tubers including variety (the second stage of research)

Odmiana Cultivar	Ranga – Rank		Odmiana i stopień ciemnienia Cultivar and degree of darkening					
	suma sum	średnia mean	Arielle	Felka Bona	Denar	Lord	Rosara	Velox
Arielle	30618,00	255,1500			*		*	*
Felka Bona	30898,00	257,4833			*		*	*
Denar	58642,00	488,6833	*	*		*		*
Lord	31457,00	262,1417			*		*	*
Rosara	56418,00	470,1500	*	*		*		*
Velox	51527,00	429,3917	*	*	*	*	*	*

*różnice statystycznie istotne

Oceniony (po 4 godz. obserwacji) stopień ciemnienia bulw zależał istotnie ($\chi^2 = 117,2$ przy $p = 0$) od odmiany ziemniaka uwzględnionej w doświadczeniu. Wynik testu Kruskala-Wallisa ($H = 192,5$ przy $p = 0$), poprzez wielokrotne porównania średnich rang w próbach, wskazał na różnice między poszczególnymi odmianami ziemniaka co do stopnia ciemnienia bulw (tab. 1). Stopień ciemnienia różnił się także istotnie (tab. 2) w bulwach ziemniaka ocenianych (po 4 godz. obserwacji) przed i po okresie ich przechowywania ($\chi^2 = 12,5$ przy $p = 0,0004$). Stopień ciemnienia bulw przed przechowywaniem (8,61) był istotnie wyższy w odniesieniu do bulw po ich 7-miesięcznym

przechowywaniu (7,79). Ze względu na niewielką różnicę (9%) między ocenionym stopniem ciemnienia bulw badanych odmian ziemniaka (oraz wartość wyliczonej statystyki χ^2) przed i po okresie ich przechowywania istotność tej różnicy sprawdzono dodatkowo testem Manna-Whitney'a (tab. 3). Test ten jest najmocniejszą nieparametryczną alternatywą dla testu t dla prób niezależnych (wykazuje większą moc przy odrzuceniu hipotezy zerowej niż test t). Wartość testu Z (Manna-Whitney'a) była istotna i wynosiła 3,4 ($p = 0,001$), co potwierdziło wcześniejszy wynik analizy odnośnie różnic w stopniach ciemnienia bulw ziemniaka ocenianych przed i po okresie ich przechowywania.

Tabela 2. Oceniony stopień ciemnienia surowego miąższu bulw ziemniaka badanych odmian
Table 2. The assessed degree of darkening of studied raw potato tuber flesh cultivars

Stopień ciemnienia Degree of darkening		Stopień ciemnienia (przed przechowywaniem) Degree of darkening (before storage)	Zawartość w ś. m. Content in d.m.		Odmiana Cultivar
Przed przechowywaniem Before storage	po przechowywaniu after storage		skrobia starch %	kwas askorbinowy ascorbic acid mg%	
za Nowackim [2009]					
7,9	7,5	8,1	11,9	14,9	Arielle
7,9	7,4		b.d.		Felka Bona
8,8	8,1	8,6	11,7	19	Denar
8,0	7,5	8,1	12,2	16	Lord
8,6	8,2		b.d.		Rosara
8,6	8,1	7,9	12,5	18	Velox

Tabela 3. Wynik test U Manna-Whitney'a – porównanie stopnia ciemnienia (zmienna zależna) bulw badanych odmian ziemniaka przed i po okresie ich przechowywania
Table 3. Result of U Mann-Whitney test – compare the degree of darkening (dependent variable) of studied potato tubers before and after the storage period

Zmienne grupujące i sumy rang Grouping variables and ranks sum		Wartości statystyk testu Manna-Whitney'a Mann-Whitney values			
Przed przechowywaniem Before storage	po przechowywaniu after storage	Wartość testu Z Z value	Poziom istotności testu P value	Skorygowane wartości Adjusted values	
				testu Z Z test	poziomu istotności testu P values
138957,0	120603	3,4	0,001	3,4	0,0006

Badane odmiany ziemniaka reprezentowały tę samą grupę wczesności, co nasuwać mogło hipotezę, że ich podatność na ciemnienie surowego miąższu bulw będzie podobna (statystycznie nieistotna). Mimo iż w doświadczeniu wykorzystano wyłącznie ziem-

niaki odmian bardzo wczesnych, to pod uwagę należy wziąć różną zawartość skrobi w bulwach (tab. 2). Zróżnicowanie w ocenionym stopniu ciemnienia między badanymi odmianami ziemniaka może zatem wynikać z różnego nasilenia reakcji chemicznych (np. procesy enzymatycznego brunatnienia) związanych z przemianami skrobi w inne związki, w wyniku których powstawać mogą pigmenty. Zawartość cukrów redukujących i sumy cukrów w bulwie (oraz ich akumulacja w czasie przechowywania) są cechami odmianowymi zależnymi między innymi od jej dojrzałości [Knowles i in. 2009]. Bulwy badanych odmian ziemniaka różniły się również zawartością kwasu askorbinowego (tab. 2) zapobiegającego procesom ciemnienia enzymatycznego (różnice te występowały zapewne także w zawartościach innych substancji redukujących, jak np. kwasów cytrynowego czy chlorogenowego). Taka interpretacja tłumaczy uzyskany wynik oceny ciemnienia miąższu, np. w przypadku odmiany Denar (odmiana wykazująca się najniższą podatnością na ciemnienie), której zawartość skrobi w bulwach wynosi blisko 12%, a kwasu askorbinowego aż 19% (w % ś.m.) [Nowacki 2009]. Jak wspomniano wcześniej, bulwy ziemniaka pobrane do badań pochodziły z poletek doświadczalnych o wysokiej zawartości magnezu. Obecność przyswajalnych form magnezu ma istotny wpływ na zawartość kwasów organicznych w bulwach. Zgodnie z wynikami badań Wszelaczyńskiej [2004] najkorzystniej na zawartość kwasów chlorogenowego i cytrynowego, w bulwach odmiany Mila, oddziaływała dawka 70 kg MgO [ha⁻¹], a koncentracja kwasu askorbinowego była największa po zastosowaniu 50 kg MgO [ha⁻¹]. Spodziewany był wynik doświadczenia, w którym uzyskano wyższy stopień ciemnienia bulw surowych, po okresie ich przechowywania (w odniesieniu do bulw przed przechowywaniem). Taki wynik podyktowany jest tym, że w trakcie przechowywania bulwa ziemniaka w wyniku transpiracji i oddychania traci wodę, co powoduje zwiększenie udziału suchej masy. Jednocześnie ubytek wody powoduje obniżenie turgoru bulwy i zwiększenie ciemnienia enzymatycznego [Murnice i in. 2011]. Dodatkowo w przechowywanej bulwie ziemniaka zachodzą procesy biochemiczne związane ze zmianami zawartości skrobi, co pociąga za sobą zwiększoną akumulację cukrów [Zgórska i Grudzińska 2012]. Jak wspomniano wcześniej, reakcja cukrów redukujących z grupami aminowymi, iminowymi oraz amidowymi aminokwasów i białek (reakcja Maillarda) wpływa na przebieg procesu ciemnienia bulwy. Również zdaniem Thompsona i in. [2008] zawartość cukrów redukujących i ich nagromadzenie w czasie przechowywania zależą od zawartości skrobi w bulwach (im niższa zawartość skrobi, tym wyższy poziom cukrów redukujących).

WNIOSKI

1. Nie stwierdzono istotnego wpływu promieniowania mikrofalowego oraz roku, w którym prowadzono badania na stopień ciemnienia surowego miąższu bulw ziemniaka odmian przyjętych w doświadczeniu.
2. Stopień ciemnienia surowego miąższu bulw zależał istotnie od terminu wykonania oceny (przechowywania) i badanej odmiany ziemniaka.

PIŚMIENNICTWO

- Amrein T., Bachmann S., Noti A., Bidermann M., Barbosa M., Biedermann-Brems S., 2003. Potential of acrylamide formation, sugars, free asparagine in potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 5556–5560.
- Avila I., Silva C., 1999. Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. *J. Food Eng.* 39, 161–166.
- Dvurechenskaya N., Zieliński R., Kubal S., 2010. Application of free-space transmission technique for shielding effectiveness measurement of special materials at 2,5–5 GHz, 5th International Conference on Broadband and Biomedical Communications, 15–17.
- Feng H., Tang J., 1998. Microwave finish drying of diced apples in a spouted bed. *J. Food Sci.*, 63, 679–683.
- Gabriel W., 1974. *Ziemniak*. PWRiL, Warszawa, 264–265.
- Ibarz A., Pagan J., Garza S., 1999 Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. *J. Food Eng.* 39, 415–422.
- Jakubowski T., 2008. Wpływ napromieniowania mikrofalowego na wybrane wskaźniki oceny przechowalniczej bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica* 162 (12(2)), 357–366.
- Jakubowski T., 2009. Wpływ napromieniowania mikrofalami bulw ziemniaka na zawartość niektórych związków biochemicznych i suchej masy. *Inżynieria Roln.* 1(110), 123–129.
- Kidmose U., Hansen M., 1999. The influence of postharvest storage, temperature and duration on quality of cooked broccoli florets. *J. Food Quality* 22, 135–146.
- Knowles N., Diskill J., Knowles L., 2009. Sweetening response of potato tubers of different maturity to conventional and nonconventional storage temperature regime. *Postharvest Biol. Technol.*, 52, 49–61.
- Lisińska G., 2006. Wartość technologiczna i konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 511, 81–94.
- Lombardo S., Pandino G., Mauromicale G., 2012. Nutritional and sensory characteristics of early potato cultivars under organic and conventional cultivation systems. *Food Chemistry* 133(4), 1249–1254.
- Marks N., 2005a. Wpływ impulsowego pola elektrycznego na straty przechowalnicze bulw ziemniaka. *Inżynieria Roln.* 10 (70), 303–309.
- Marks N., 2005b. Wpływ zmiennego pola magnetycznego na straty przechowalnicze bulw ziemniaka. *Inżynieria Roln.* 10(70), 295–302.
- Maskan M., 2000. Microwave/air and microwave finish drying of banana. *J. Food Eng.* 44, 71–78.
- Maskan M., 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *J. Food Eng.* 48, 169–175.
- Mastrocola D., Lericci C., 1991. Colorimetric measurements of enzymatic and non-enzymatic browning in apple purees. *Int. J. Food Sci.*(3), 219–229.
- Mesquita V., Queiroz C., 2013. Enzymatic Browning. *Biochemistry of Foods*, 387–418.
- Murnice I., Karklina D., Galoburda R., Santare D., Skrabule I., Costa H., 2011. Nutritional composition of freshly harvested and stored Latvian potato varieties depending on traditional cooking methods. *J. Food Compos. Analysis*, 24, 699–710.
- Nouriana F., Ramaswamy H., Kushalappab A., 2003. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *Food Sci. Technol.* 36(1), 49–65.
- Nowacki W., 2009. Charakterystyka krajowego rejestru odmian ziemniaka. *Wyd. IHAR Jadwisin*, 29.
- Pająk P., Fortuna T., 2010. Ocena właściwości fizykochemicznych i jakości sensorycznej wybranych żeli z owocami. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2(69), 85–94.

- PN-ISO 4121:1998. Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.
- Partington J., Bolwell G., 1996. Purification of polyphenol oxidase free of the storage protein patatin from potato tuber. *Phytochemistry* 42(6), 1499–1502.
- Roztropowicz S., 1999. Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Wyd. IHAR Jadwisin, 5–50.
- Sawicka B., 2002. Syntetyczne regulatory wzrostu Mival i Moddus 250 ME w uprawie ziemniaka – wpływ regulatorów wzrostu na ciemnienie miąższu bulw surowych i gotowanych. *Biul. IHAR* 223/224, 301–313.
- Sawicka B., Diallo A.S., 1997. Ciemnienie miąższu bulw surowych ziemniaka w warunkach stosowania herbicydu Sencor 70 WP. *Biul. IHAR* 203, 187–197.
- Styszko L., Ohanowicz T., 1998. Relacje pomiędzy ciemnieniem miąższu bulw surowych i gotowanych a odpornością odmian ziemniaka na niektóre patogeny. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Roślin* 38(2), 515–517.
- Tajner-Czopek K., Kita A., Lisińska G., 2008. Zawartość akrylamidu we frytkach w zależności od temperatury i czasu smażenia. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 530, 371–379.
- Thompson A., Love S., Sowokinos J., Thornton M., Shock C., 2008. Review of the sugar end disorder in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Am. J. Pot. Res.*, 85, 375–386.
- Tomaszewska M., Neryng A., 2007. Wpływ środowiska obróbki cieplnej oraz warunków przechowywania na barwę gotowych produktów ziemniaczanych przygotowanych według technologii gwałtownego schładzania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3(52), 173–183.
- Urbanowicz J., 2010. Fitotoksyczna reakcja pięciu odmian ziemniaka na powschodowe stosowanie metrybuzyny – wpływ na wybrane cechy jakości bulw. *Biuletyn IHAR* 257/258, 197–205.
- Wachowicz E., 2007. Problemy modelowania procesów w przechowalni ziemniaków. *Inżynieria Roln.* 9(97), 261–268.
- Wszelaczyńska E., 2004. Wpływ nawożenia magnezem na zawartość kwasów organicznych i ciemnienie miąższu bulw ziemniaka odmiany Mila. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(1), 2004, 175–186.
- Zapotoczny P., Zielińska M., 2005. Rozważania nad metodyką instrumentalnego pomiaru barwy marchwi. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 1(42), 121–132.
- Zgórska K., Grudzińska M., 2010. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. *Ziemniak Polski* 3, 1–3.
- Zgórska K., Grudzińska M., 2012. Zmiany wybranych cech jakości bulw ziemniaka w czasie przechowywania. *Acta Agrophysica*, 19(1), 203–214.
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzińska M., 2006. Wpływ warunków przechowywania na niektóre cechy kulinarne i technologiczne bulw wybranych odmian ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 511, 567–578.
- Zgórska K., Sowa-Niedziałkowska G., 2005. Wpływ czynnika termicznego i odmianowego na zmiany jakościowe zachodzące w bulwach ziemniaka w czasie ich długotrwałego przechowywania. *Pamiętnik Puławski*, 139, 327–336.

INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION ON FLESH POTATO TUBER DARKENING

Abstract. The aim of this study was to determine the effect of microwaves on the darkening of raw potato flesh. The study included 6 very early potato varieties (Arielle,

Denarius, Felix Bona, Lord, Rosara and Velox), which were stored for a period of 7 months. For irradiation of potato tubers was used the generator produces microwaves at a frequency of 2.45 GHz. Assessment of the darkening degree of flesh was performed based on the 9 point Danish scale. The obtained results do not confirm that microwaves significantly affect the process of darkening the raw flesh potato tubers.

Key words: potato, tuber, darkening, microwaves

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.12.2012