

OCENA PODATNOŚCI BULW ZIEMNIAKA NAPROMIENIOWANYCH MIKROFALAMI NA CIEMNIENIE POWDERZENIOWE

Tomasz Jakubowski

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Badano wpływ promieniowania mikrofalowego na powstawanie uszkodzeń wewnętrznych przechowywanych bulw ziemniaka określonych przez wielkość ciemnienia powderzeniowego. W przyjętych w doświadczeniu dawkach i czasach ekspozycji nie stwierdzono istotnego wpływu promieniowania mikrofalowego na powstawanie uszkodzeń wewnętrznych bulw ziemniaka.

Słowa kluczowe: ziemniak, mikrofałe, ciemnienie powderzeniowe

Wstęp

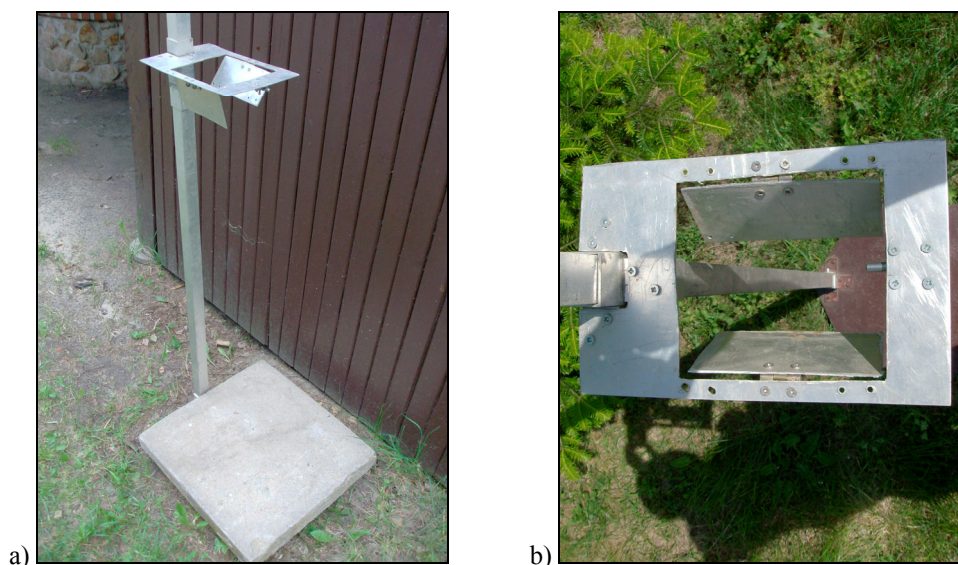
W trakcie procesów technologicznych (zbiór, załadunek, transport i przechowywanie) materiał roślinny może ulegać uszkodzeniom mechanicznym, które w zdecydowanej większości przypadków są efektem obciążeń dynamicznych. Zgodnie z definicją, obciążenie klasyfikujemy jako dynamiczne gdy jego przyłożenie powoduje rozchodzenie się w materiale naprężenia w postaci fali. Uszkodzenia te to najczęściej nacięcia, otarcia czy obicia. Ograniczenie dwóch pierwszych wymaga zastosowania odpowiednich elementów i materiałów mających styczność z materiałem roślinnym natomiast eliminacja powstawania obić jest o wiele trudniejsza i w praktyce sprowadza się do minimalizacji strat. Jako straty należy rozumieć zarówno ubytki ilościowe masy uszkodzonego materiału jak i ubytki jakościowe. Ubytki jakościowe są trudne do oszacowania ponieważ mogą być nie zauważone we wstępnych procesach technologicznych, a mają duże znaczenie dla producentów i przetwórców ponieważ stanowią o przydatności materiału roślinnego do przechowywania, a w dalszej kolejności do przetwarzania i spożycia. Bulwy ziemniaka podczas zbioru, obróbki i w przechowalni poddane są działaniu sił mechanicznych czego efektem mogą być uszkodzenia zewnętrzne i wewnętrzne. W chwili obecnej, do określania uszkodzeń mechanicznych materiału roślinnego, głównie stosuje się metody polegające obciążaniu w warunkach quasi-statycznych co przeważnie powoduje uszkodzenie jego struktury. Przebieg jak i skutki obciążenia dynamicznego różnią się znacznie od przebiegów i skutków obciążenia w warunkach quasi-statycznych [Thronton i in. 1998, Molema 1999, Pecan 2003, Marks i in. 2000, 2005]. Urządzenia i metody stosowane dotychczas w badaniach dotyczących uszkodzeń mechanicznych materiału roślinnego (w tym również bulw ziemniaka) w warunkach laboratoryjnych i polowych zostały opisane w pracach Czerko i in.

[2005], Baranowskiego i in. [2005] oraz Gołackiego i in. [2006]. Wytrzymałość biologiczna perydermy bulwy ziemniaka oraz jej odporności na obciążenia statyczne (wywołane przy użyciu penetrometru statyczno-sprężynowego) w powiązaniu z oddziaływaniem promieniowania mikrofalowego na materiał roślinny oraz metodyka badań zostały omówione w pracach Marksa i in. [2006, 2008] oraz Jakubowskiego [2009]. Poznanie mechanizmów powstawania uszkodzeń bulw ziemniaka w warunkach obciążeń dynamicznych jest uzasadnione, gdyż może przyczynić się do zmniejszenia strat przechowalniczych. Zdaniem Gołackiego i in. [2006] do badań wrażliwości materiałów roślinnych na uszkodzenia najbardziej przydatne wydają się być wskaźniki bazujące na wytrzymałości, a nie na zmianach fizjologicznych w uszkodzonych tkankach. Efekt obciążeń dynamicznych może być natury fizycznej i chemicznej. Fizyczna natura rozumiana jest jako mechaniczne zniszczenie tkanek, natomiast chemiczna to brunatnienie i powstawanie ciemnych plam będące wynikiem udaru mechanicznego wzbudzającego reakcje enzymów. W przypadku nieznacznego obciążenia nie powodującego rozległych uszkodzeń ścian komórkowych, a przez to uwolnienia płynów komórkowych, często nie dochodzi do odbarwienia. Z badań Marksa i in. [2005] oraz z badań własnych autora [Jakubowski 2008] wynika, że napromieniowanie mikrofalami bulw ziemniaka przed ich przechowywaniem zmniejsza, w porównaniu z próbą kontrolną, ubytki masy bulw oraz stopień porażenia przez *Rhizoctonia solani* Kühn po okresie ich przechowywania. Istnieje prawdopodobieństwo, że mikrofały mogą również wpływać na inne procesy występujące w trakcie przechowywania bulw ziemniaka. W związku z powyższym celem pracy było zbadanie wpływu promieniowania mikrofalowego na powstawanie uszkodzeń wewnętrznych bulw ziemniaka określonych przez wielkość ciemnienia poudarzeniowego w trzech okresach przechowywania (3, 10 i 30 dni).

Zakres pracy i metoda badań

Badania przeprowadzono w roku 2008. W doświadczeniu wykorzystano oryginalny przyrząd (rys. 1), który umożliwiał opuszczanie bulw ziemniaka w zakresie wysokości do 200 cm. Przyrząd wyposażony był w zapadnię, której zadaniem było ograniczenie ruchu rotacyjnego opuszczanej bulwy oraz niwelacja przyspieszenia początkowego jakie mogło powstać gdyby bulwę zrzucano ręcznie. W doświadczeniu wykorzystano bulwy trzech bardzo wczesnych odmian ziemniaka: Felka Bona, Rosara i Velox. Zastosowano trzy okresy przechowywania: 3, 10 i 30 dni oraz jeden poziom napromieniowania mikrofalami o częstotliwości 2,45 GHz w czasie 20 s (moc urządzenia generującego mikrofały 100 W). Liczba bulw w próbie wynosiła 180 dla każdej odmiany z czego 90 poddano stymulacji mikrofalowej a pozostałe 90 stanowiło próbę kontrolną. Liczba bulw przeznaczonych do przechowywania wynosiła 30 dla każdej odmiany i okresu przechowywania. Aby dokonać uszkodzenia bulw ziemniaka zrzucano je z wysokości 100 cm na betonową płytę. Bezpośrednio przed zrzutem bulwy napromieniowano mikrofalami i określono ich masę. Wysokość z jakiej zrzucano bulwę ziemniaka dobrano kierując się informacjami podanymi przez Czerko i in. [2005] którzy prowadzili badania na linii obróbczej ziemniaków jadalnych i w przechowalni gdzie wysokość spadków wynosiła 30-120 cm, a średnia wartość siły maksymalnej na tych spadkach wynosiła 40–90 N. Również większość rolniczych przyczep transportowych skonstruowana jest w ten sposób, że odległość od dna skrzyni ładunkowej

do podłoża wynosi 100 cm. Czas napromieniowania bulw mikrofalami i moc urządzenia generującego promieniowanie dobrano wg badań własnych autora [Jakubowski 2008], przyjęty w doświadczeniu czas ekspozycji pozwala na zmniejszenie strat przechowywanych bulw ziemniaka. Zgodnie z metodyką podaną przez Roztropowicz [1999] uszkodzone bulwy ziemniaka przechowywano w drewnianych skrzynkach w chłodni w temperaturze 6-8°C.



Rys. 1. Przyrząd do opuszczania bulw ziemniaka a) widok ogólny, b) zapadnia
Fig. 1. Device for potato tuber dropping: a) general view, b) drop pit

Po zadanym okresie przechowywania oceniono w bulwach głębokość nekroz (w skali pięciostopniowej 1- nekroza do głębokości 3,5 mm, 5 - nekroza powyżej 8,8 mm głębokości) oraz obliczono indeks ciemnienia poudzerzeniowego (*ICP*) wg wzoru [1] podanego poniżej. Wartość *ICP* jest miarą podatności bulwy na powstawanie tej wady. Dokonano oceny *ICP* wg czterostopniowej skali opracowanej przez Zgórską [za Roztropowicz 1999].

$$ICP = \frac{x1 + 2 \cdot 2 + 3 \cdot 3 + 4 \cdot 4 + 5 \cdot 5}{5n} 100 \quad (1)$$

gdzie:

- x1-x5 – liczba bulw z plamami w skali 1 do 5,
- n – liczba bulw w próbie.

W pracy przyjęto założenie robocze, że promieniowanie mikrofalowe istotnie modyfikuje proces powstawania uszkodzeń wewnętrznych bulw ziemniaka reprezentowanych przez wielkość ciemnienia poudzerzeniowego. W związku z powyższym sformułowano dwie hipotezy istotności:

- H_0 – nie ma istotnej różnicy między medianami wielkości ciemnienia poudzerzeniowego w próbach bulw ziemniaków napromieniowanych mikrofalami i próbach kontrolnych w trakcie ich przechowywania,
- H_1 – są istotne różnice między medianami wielkości ciemnienia poudzerzeniowego w próbach bulw ziemniaków napromieniowanych mikrofalami i próbach kontrolnych w trakcie ich przechowywania.

W celu określenia istotnych różnic między badanymi próbami uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

Wyniki badań i ich omówienie

W tabeli 1 przedstawiono procent bulw ziemniaka w których zaobserwowano występowanie uszkodzeń wewnętrznych reprezentowanych przez poudzerzeniowe ciemnienie miąższu w odniesieniu do okresu przechowywania użytych w doświadczeniu odmian i stymulacji mikrofalowej. Zauważalny jest proporcjonalny wzrost odsetek bulw z ciemnieniem poudzerzeniowym w stosunku do długości okresu ich przechowywania. W tabeli 2 przedstawiono wartości indeksu ciemnienia poudzerzeniowego (*ICP*) z uwzględnieniem okresu przechowywania i użytych w doświadczeniu odmian ziemniaka. Ocena wartości *ICP* wskazuje, że przedmiotowa wada miąższu badanych odmian ziemniaka ujawnia się dopiero po 30 dniowym okresie przechowywania. Ciemnienie poudzerzeniowe bulw przechowywanych przez okres 3 i 10 dni, zgodnie z przyjętą skalą [Roztropowicz 1999], oceniono jako małe a bulw przechowywanych przez okres 30 dni jako średnie.

Wyniki uzyskane w trakcie doświadczenia są zmiennymi mierzalnymi o charakterze jakościowym, co było przesłanką do zastosowania testów nieparametrycznych. Zastosowano test mediany oraz test sum rang Kruskala-Wallisa jako nieparametryczny odpowiednik analizy wariancji dla wielu prób z klasyfikacją pojedynczą a następnie testy post-hoc będące porównaniami wielokrotnymi średnich rang dla badanych prób. Test Kruskala-Wallisa zakłada, że rozważana cecha ma rozkład typu ciągłego, i że została zmierzona na skali interwałowej. W tym przypadku oceniana jest hipoteza, że porównywane próby zostały pobrane z populacji o tym samym rozkładzie lub rozkładów o tej samej medianie. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia są zmiennymi mierzalnymi zawierającymi się w przedziale 0-5 gdzie przedział ów podyktowany jest wielkością skali pomiarowej. W sytuacji, gdy skala pomiarowa zawiera ograniczenia i niektóre przypadki mogą znaleźć się na krańcach skali, wskazane jest zastosowanie testu mediany, który jest mniej dokładną wersją wspomnianego testu *ANOVA* Kruskala-Wallisa w tym sensie, że obliczenia są zestawiane w oparciu o tablicę kontyngencji. Użyty w obliczeniach program *STATISTICA 8.0* oblicza w każdej z prób liczbę przypadków, które wypadają powyżej lub poniżej wspólnej mediany oraz wylicza wartość statystyki chi-kwadrat dla wyników tablicy kontyngencji 2^k prób. Zastosowanie testów istotności w przedstawionej kolejności pozwoli na poprawną weryfikację postawionej hipotezy badawczej i poprawne wnioskowanie statystyczne. Analiza wariancji, na założonym poziomie istotności $\alpha=0,05$, nie pozwoliła na odrzucenie przyjętej hipotezy H_0 . W związku z powyższym nie potwierdzono istotnego wpływu promieniowania mikrofalowego (o częstotliwości 2,45 GHz i czasie ekspozycji 20 s) na powstawanie uszkodzeń wewnętrznych bulw ziemniaka reprezentowanych przez wielkość ciemnienia poudzerzeniowego.

Ocena podatności bulw...

Tabela 1. Procent bulw ziemniaka w których wystąpiło ciemnienie poudzerzeniowe [%]

Table 1. Percent of potato tubers, in which impact darkening was observed [%]

Okres przechowywania	Odmiana	Próba kontrolna		Próby napromieniowane mikrofalami	
		Występowanie ciemnienia poudzerzeniowego			
		nie	tak	nie	tak
3 dni	Felka Bona	93,3%	6,7%	96,7%	3,3%
	Rosara	93,3%	6,7%	93,3%	6,7%
	Velox	90,0%	10,0%	93,3%	6,7%
10 dni	Felka Bona	90,0%	10,0%	93,3%	6,7%
	Rosara	86,3%	13,7%	90,0%	10,0%
	Velox	86,7%	13,3%	93,3%	6,7%
30 dni	Felka Bona	83,3%	26,7%	86,7%	23,3%
	Rosara	83,3%	26,7%	83,3%	26,7%
	Velox	86,7%	23,3%	83,3%	26,7%

Tabela 2. Wartości indeksu ciemnienia poudzerzeniowego (ICP)

Table 2. Values of impact darkening index (IDI)

Bulwy napromieniowane mikrofalami									Próba kontrolna								
Odmiana ziemniaka																	
Felka Bona			Rosara			Velox			Felka Bona			Rosara			Velox		
Okres przechowywania [dni]																	
3	10	30	3	10	30	3	10	30	3	10	30	3	10	30	3	10	30
Wartość ICP																	
8,0	19,3	21,3	6,1	15,4	22,3	7,8	11,7	20,6	5,3	9,3	29,3	7,4	14,2	20,2	6,5	12,8	22,4
Ocena ICP (1-podatność bardzo duża, 4-podatność mała)																	
4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3

Użyte w doświadczeniu odmiany ziemniaka (Felka Bona, Rosara i Velox) nie modyfikowały istotnie wielkość ciemnienia poudzerzeniowego bulw w trakcie ich przechowywania. Krzysztofik [2003] badając odmiany ziemniaków Baszta i Irga stwierdziła istotny wpływ odmiany oraz gleby i zastosowanego nawozu na powstawanie ciemnienia poudzerzeniowego w warunkach polowych. Różnica w wynikach badań może być podyktowana różną wczesnością odmian użytych w omawianych doświadczeniach. Istotne różnice stwierdzono jednakże pomiędzy próbami bulw ziemniaka przechowywanymi przez różny okres czasu (tab. 3-5). Wyniki porównań wielokrotnych post-hoc wskazały, że wartości prawdopodobieństwa testowego dla prób gdzie bulwy ziemniaków przechowywane były przez okres 30 dni różnią się istotnie, zarówno ze względu na występowanie uszkodzenia jaki ze względu na głębokość plam, w stosunku do prób przechowywanych przez okres 3 i 10 dni. Taki wynik doświadczenia podyktowany zapewne jest wysokością temperatury (6-8°C) panującej w chłodni w trakcie przechowywania. Roztropowicz [1999], według której nekrozy powstałe w wyniku uszkodzeń mechanicznych widoczne są już po 3 dniach przechowywania bulw ziemniaka, wyniki swoich doświadczeń oparła o materiał, który przechowywany był w temperaturze 18-20°C.

Tabela 3. Arkusz wyników testu mediany wraz z wartością statystyki chi-kwadrat i wartością prawdopodobieństwa testowego (p)

Table 3. Sheet containing median test results with chi-square statistics value and test probability value (p)

Zmienna zależna		Okres przechowywania			Razem
		3 dni	10 dni	30 dni	
Głębokość plam Chi kwadrat=47,1 df=2 p=0,000	≤ mediany:obserwow.	153,0000	137,0000	96,0000	386,0000
	oczekiwane	128,6667	128,6667	128,6667	-
	obs.-ocz.	24,3333	8,3333	-32,6667	-
	>mediany:obserwow.	27,0000	43,0000	84,0000	154,0000
	oczekiwane	51,3333	51,3333	51,3333	-
	obs.-ocz.	-24,3333	-8,3333	32,6667	-
	Razem: obserwowane	180,0000	180,0000	180,0000	540,0000

Tabela 4. Arkusz wyników testu ANOVA rang Kruskala-Wallisa, H – wartość testu, p – poziom prawdopodobieństwa testowego

Table 4. Sheet containing ANOVA rang Kruskal-Wallis test results, H – test value, p – test probability level

Okres przechowywania	Suma rang	Zmienna zależna	Liczba ważnych przypadków
3 dni	42411,50	Głębokość plam H (2, N= 540) = 38,57214 p =,0000	180
10 dni	46934,50		180
30 dni	56724,00		180

Tabela 5. Arkusz wyników porównań wielokrotnych (z – wartość testu post-hoc, p – wartość prawdopodobieństwa testowego)

Table 5. Sheet containing results of repeated comparisons (z – post-hoc test value, p – test probability value)

Zmienna zależna	Okres przechowywania	Średnie rangi (R)					
Wartości z i p		3 - R:235,62		10 - R:260,75		30 - R:315,13	
		z	p	z	p	z	p
Głębokość plam	3 dni			1,527814	0,379676	4,834587	0,000004
	10 dni	1,527814	0,379676			3,306773	0,002831
	30 dni	4,834587	0,000004	3,306773	0,002831		

Prawdopodobnym jest, że niższa temperatura przechowywania spowalnia tempo przemian biochemicznych związanych z reakcją oksydoreduktazy w bulwie ziemniaka poprzez co nekrozy wynikające z uszkodzeń wewnętrznych widoczne są dopiero po dłuższym okresie czasu. Wyniki badań Zgórskiej [1985] wskazują, że niższa temperatura przechowywania powoduje zwiększenie wrażliwości bulw na powstawanie ciemnych plam. Jednakże metodyka doświadczenia prowadzonego przez tą Autorkę polegała na przechowywaniu bulw ziemniaka przez okres od 2-7 miesięcy a dopiero po tym okresie dokonywano uszkodzenia i oceny podatności na powstawanie ciemnienia poudzerzeniowego. Fakt nie stwierdzenia istotnego wpływu promieniowania mikrofalowego, w prezentowanym doświadcze-

niu, na występowanie ciemnienia poudzerzeniowego w przechowywanych bulwach ziemniaka powinien być traktowany jedynie jako wynik badań pilotażowych (w badaniach tych wykorzystano jedną częstotliwość fal przy stałej mocy generatora mikrofal i stałym czasie naświetlania). Należy mieć na uwadze, że w opisanym eksperymencie mikrofałe były absorbowane przez bulwę ziemniaka co wiąże się z dostarczeniem jej energii a w przypadku zastosowanej częstotliwości fal (2,45 GHz) również i z efektem termicznym. Taki stan rzeczy wpływać będzie na szereg przemian biochemicznych zachodzących w bulwie ziemniaka, również i na reakcje utleniania i redukcji katalizowaną przez oksydoreduktazy. Oksydoreduktazy katalizują wiele istotnych reakcji komórkowych zwłaszcza dotyczących utleniania biologicznego, które polega na łączeniu się wodoru z tlenem. W komórkach utlenia się jednak nie wodór cząsteczkowy lecz związany (przeważnie z koenzymami nikotynamidoadeninowymi), które go pobierają wprost od substratów biologicznych utleniań (glukozy, kwasów tłuszczowych, aminokwasów itp.). Biologiczne utlenianie wodoru polega na przeniesieniu elektronów nie wprost z wodoru na tlen, ale przez wiele biologicznych układów oksydoredukcyjnych. Oksydazy aktywują atomy tlenu do przyjęcia elektronów oderwanych od utlenianego substratu i katalizują połączenie powstałych jonów tlenkowych z protonami na cząsteczkę H_2O lub H_2O_2 . Enzymy te przenoszą wodór bezpośrednio na tlen atmosferyczny. Substratem są często mono- i polifenole. Duże znaczenie praktyczne ma oksydoreduktaza o-difenol:tlen zwana potocznie oksydazą fenolową. Typową reakcją katalizowaną przez ten enzym jest utlenianie pirokatechiny. Działaniu enzymu ulega również fenol jednowodorotlenowy, przy czym najpierw tworzy się pirokatechina. Oksydaza fenolowa jest metaloproteiną i zawiera miedź, która przyjmuje elektrony od dwufenoli i przekazuje na tlen cząsteczkowy [Nowotny 1972; Gabriel 1974; Thronton i in. 1998]. Jeśli absorbowane przez bulwę ziemniaka mikrofałe (w przyjętym w doświadczeniu czasie ekspozycji) przyspieszają procesy utleniania i redukcji katalizowaną przez oksydoreduktazy to będzie to miło wpływ na powstawanie w nich ciemnienia poudzerzeniowego. W takim przypadku, w kolejnych eksperymentach, należy raczej poszukiwać związków korelacyjnych między krótszymi czasami napromieniania (lub innymi częstotliwościami mikrofal) a wielkością ciemnienia poudzerzeniowego w przechowywanych bulwach ziemniaka.

Wnioski

1. W przyjętych w doświadczeniu dawkach i czasach ekspozycji nie stwierdzono istotnego wpływu promieniowania mikrofalowego na powstawanie uszkodzeń wewnętrznych bulw ziemniaka określonych przez ciemnienie poudzerzeniowe.
2. Czas przechowywania istotnie wpływał na ujawnianie uszkodzeń wewnętrznych bulw ziemniaka oraz głębokość plam wynikłych z ciemnienia poudzerzeniowego.

Bibliografia

- Baranowski P., Lipecki J., Mazurek W., Walczak RT. 2005. Detekcja uszkodzeń mechanicznych jabłek z wykorzystaniem termografii. *Acta Agrophysica*. 6(1). s. 19-29.
- Czerko Z., Nowacki W. 2005. Monitorowanie maszyn do obróbkiziemniaków za pomocą „bulwy elektronicznej” PMS-60. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 1(61). s. 49-55.
- Gabriel W. 1974. *Ziemniak*. PWRiL. s. 264.

- Golacki K., Rowiński P.** 2006. Dynamiczne metody pomiaru własności mechanicznych owoców i warzyw. *Acta Agrophysica*. 8(1). s. 69-82.
- Jakubowski T.** 2008. Wpływ promieniowania mikrofalowego na wybrane wskaźniki oceny przechowalniczej bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica* 162, vol. 12(2), s. 357-366.
- Jakubowski T.** 2009. Wytrzymałość biologiczna skórki bulw ziemniaka napromieniowanych mikrofalami. *Acta Agrophysica* 13(3). s. 685-693.
- Krzysztofik B.** 2003. Zmiany właściwości wewnętrznych bulw ziemniaka wynikające z czynników agrotechnicznych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9 (51). s. 119-126.
- Marks N., Krzysztofik B., Sobol Z.** 2000. Wpływ obciążenia bulw w masie na jej odporność mechaniczną. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 8(19). s. 141-147.
- Marks N., Lipiec J., Jakubowski T.** 2005. Ocena przydatności metod fizycznych do zwalczania przechowalniczych chorób bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(67). s. 169-175.
- Marks N., Krzysztofik B., Szmigiel A.** 2005. Zależność pomiędzy zawartością związków azotowych a podatnością bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia. *Inżynieria Rolnicza* 4 (64). s. 7-14.
- Marks N., Jakubowski T.** 2006. Wpływ promieniowania mikrofalowego na wytrzymałość statyczną bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 13(88). s. 365-375.
- Marks N., Jakubowski T.** 2008. Określenie zależności pomiędzy odpornością bulwy ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne a wielkością dawki promieniowania mikrofalowego. *Inżynieria Rolnicza* 1(99). s. 283-290.
- Molema G.J.** 1999. Mechanical force and subcutaneous tissue discolouration in potato. PhD thesis, Wageningen University, Netherlands. pp.1-117.
- Nowotny F.** 1972. *Technologia przetwórstwa ziemniaczanego*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. s. 46.
- Pecen J.** 2003. Selected physical properties of plant materials and their determination. *Acta Agrophysica*, 2(1), s. 139-149.
- Thronton M., Bhol W.** 1998. Preventing Potato Bruise Damage. University of Idaho. p. 2.
- Zgórska K.** 1985. Wpływ temperatury przechowywania i dojrzałości bulw na powstawanie ciemnej plamistości poudzierzeniowej. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*. Nr 33. s. 121-127.

ASSESSMENT OF SUSCEPTIBILITY TO IMPACT DARKENING FOR POTATO TUBERS IRRADIATED WITH MICROWAVES

Abstract. The research involved examination of microwave radiation impact on the occurrence of internal defects in stored potato tubers, determined by the size of spot darkened after impact. For doses and exposure times used in the experiment, no significant impact of microwave radiation on the occurrence of internal defects in potato tubers was observed.

Key words: potato, microwaves, impact darkening

Adres do korespondencji

Tomasz Jakubowski e-mail: tjakubowski@ar.krakow.pl
Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków