

WPLYW PROMIENIOWANIA MIKROFALOWEGO NA WYBRANE WSKAŹNIKI OCENY PRZECHOWALNICZEJ BULW ZIEMNIAKA

Tomasz Jakubowski

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Wydział Agrotechnologii, Uniwersytet Rolniczy
ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków
e-mail: tjakubowski@ar.krakow.pl

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wpływu promieniowania mikrofalowego na trwałość przechowalniczą bulw ziemniaka odmiany Velox, Felka Bona oraz Vineta. Zakresem pracy objęto straty masy przechowywanych bulw powstałe w wyniku transpiracji i oddychania, kiełkowania i działania chorób przechowalniczych typu *Rhizoctonia solani* i *Streptomyces scabies* oraz oceniono podatność bulw na uszkodzenia mechaniczne. Uzyskane wyniki badań wskazują, że promieniowanie mikrofalowe istotnie zmniejszało ubytki masy bulw ziemniaków z przyczyn parowania i transpiracji oraz powodowało zwiększenie masy kiełków. Bulwy ziemniaków badanych odmian w trakcie ich przechowywania pozytywnie zareagowały, mniejszym stopniem porażenia przez *Rhizoctonia solani*, na przyjęte w doświadczeniu dawki promieniowania mikrofalowego. Efektu takiego nie odnotowano w przypadku porażenia przez *Streptomyces scabies*. Nie stwierdzono istotnego wpływu promieniowania mikrofalowego, w przyjętych dawkach i czasach ekspozycji, na siłę przebicia perydermy bulwy ziemniaka odpowiadającej granicy jej wytrzymałości biologicznej.

Słowa kluczowe: promieniowanie mikrofalowe, bulwa ziemniaka, straty przechowalnicze

WSTĘP

Zdaniem wielu Autorów (Sowa-Niedziałkowska 2000, Chourasia i in. 2004, Sobol 2006, Zgórska i in. 2006), podczas długotrwałego przechowywania ziemniaków, w bulwach zachodzą procesy biochemiczne i fizyczne, które wywołują zmiany ilościowe polegające między innymi na zmniejszeniu masy bulw, zwiększeniu gęstości (zawartości suchej masy) i zmniejszeniu jędrności (uwidaczniane np. zwiększającymi się odkształceniami bulw podczas ich mechanicznego obciążania) oraz zmianach wartości naprężeń niszczących. Modyfikacje tych właściwości zachodzą wskutek oddychania, a przede wszystkim transpiracji i kiełkowania.

Tradycyjne zwalczanie strat powstałych w wyniku przechowywania bulw ziemniaka, polega głównie na profilaktycznym niszczeniu źródeł zakażenia oraz stosowaniu preparatów chemicznych zarówno podczas wegetacji roślin jak i przed zmagazynowaniem bulw w przechowalniach. Straty w wyniku rozwoju chorób przechowalniczych, przy założeniu 6-cio miesięcznego okresu przechowywania, wynoszą od 1% do około 11%, średnio około 6%, a suma strat i ubytków naturalnych (na skutek parowania, oddychania i kiełkowania) średnio wynosi około 15%. Zwalczanie chorób na etapie przechowywania bulw jest niezwykle istotne, bowiem porażone bulwy są nie tylko źródłem strat, ale również zakażenia plantacji (w przypadku przechowywania sadzeniaków) i obniżki cech jakościowych bulw przeznaczonych do przerobu i bezpośredniej konsumpcji. W przypadku sadzeniaków, oprócz strat bezpośrednich, choroby mogą powodować deformację kielków i opóźnienie wschodów. Nie wszystkie ze stosowanych obecnie metod ograniczających ubytki masy związane z procesami przechowalniczymi są dopuszczane do stosowania w rolnictwie ekologicznym. W związku z powyższym celowym jest poszukiwanie nowych, proekologicznych i łatwych w stosowaniu fizycznych metod ograniczania strat przechowalniczych bulw ziemniaka takich jak np. zastosowanie pola mikrofalowego (Marks i in. 2005, 2006).

Celem pracy było zbadanie wpływu promieniowania mikrofalowego na trwałość przechowalniczą bulw ziemniaków.

MATERIAŁ I ZAKRES PRACY

Materiał badawczy stanowiły bulwy ziemniaków Velox, Felka Bona (odmiany bardzo wczesne) oraz Vineta (odmiana wczesna). Przez 1 rok badano straty masy przechowywanych bulw powstałe w wyniku transpiracji i oddychania, kiełkowania i działania chorób przechowalniczych typu *Rhizoctonia solani* i *Streptomyces scabies*. Ze względu na fakt, że uszkodzenie perydermy bulwy ziemniaka powoduje zwiększenie ubytków naturalnych oraz większą podatność na choroby przechowalnicze dodatkowo oceniono podatność bulw na uszkodzenia mechaniczne określane poprzez wartość siły przebicia skórki odpowiadające granicy jej wytrzymałości biologicznej.

W trakcie badań, w celu określenia wybranych wskaźników oceny trwałości przechowalniczej bulw ziemniaka, wykonano następujące zadania badawcze:

- określono początkową masę bulw (M_p),
- określono końcową masę bulw wraz z kielkami (M_k),
- określono masę kielków oberwanych z bulw (M_{kiel}),
- określono stopień zainfekowania przez *Rhizoctonia solani* (R),
- określono stopień zainfekowania przez *Streptomyces scabies* (P),
- określono podatność bulw na uszkodzenia mechaniczne (F).

METODA BADAŃ

Liczebność prób, będących w fazie pełnej dojrzałości technicznej, wynosiła 30 sztuk bulw dla każdej kombinacji i odmiany. Bezpośrednio po zbiorze określono masę badanego materiału. Bulwy napromieniowano mikrofalami o częstotliwości 2,45 GHz i mocy urządzenia 100, 500 i 1000 W i czasach ekspozycji 10, 15 i 30 s co odpowiadało dawkom promieniowania mikrofalowego od 1000 do 30000 J. Bulwy przyjęte do badania miały masę od 45 do 65 g więc jednostkowa dawka promieniowania mikrofalowego jaką otrzymał badany materiał zawierała się w przedziale 15,39-666,7 J·g⁻¹. Materiał badawczy, po napromieniowaniu, przechowywano w sialowych workach w chłodni przez okres 5 miesięcy. Po okresie przechowywania określono masę bulw, masę kielków, stopień zainfekowania chorobami przechwalniczymi oraz podatność na uszkodzenia mechaniczne. Stopień zainfekowania mierzono w skali 9 stopniowej (1 – porażenie największe, 9 – porażenie najmniejsze) a uszkodzenia mechaniczne przy użyciu penetrometru statyczno-sprężynowego. Sposób postępowania w trakcie wyżej wymienionych badań szerzej omówiono w pracach Marksa i in. (2005, 2008). Straty powstałe w wyniku procesów transpiracji i oddychania oraz w wyniku kiełkowania bulw ziemniaka przedstawiono w procentach a straty chorobowe w stopniach zainfekowania. Ubytki powstałe w wyniku parowania i transpiracji (U_n) oraz straty w wyniku kiełkowania (U_{kiel}) w próbach bulw ziemniaków obliczono wg wzorów:

$$U_n = \frac{(M_p - M_k)}{M_p} \times 100\% \quad (1)$$

$$U_{kiel} = \frac{M_{kiel}}{M_p} \times 100\% \quad (2)$$

Do obliczeń statystycznych wartości wyrażone w procentach transformowano wg wzoru: $y = \arcsin(\text{wartość}\%)^{-0,5}$ na stopnie kątowe Bliss'a, a po wykonaniu analiz wartości retransformowano. Aby ocenić istotność różnic uzyskanych wyników na poziomie $\alpha = 0,05$ dane poddano analizie wariancji. Wykorzystując test Kołmogorowa-Smirnova, stwierdzono, że badane rozkłady spełniają warunki rozkładu normalnego. Stosując test F-Snedecora oceniono jednorodność wariancji w badanych próbach, a następnie testem t-Studenta określono istotne różnice pomiędzy badanymi kombinacjami doświadczenia.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizując informacje przedstawione w tabeli 1 oraz dane zobrazowane na rysunkach 1-5, stwierdzić można, że w przyjętych w doświadczeniu dawkach promieniowania mikrofalowego można zaobserwować jego wpływ na niektóre procesy przechowalnicze bulw badanych odmian ziemniaków. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia wskazują, że napromieniowanie mikrofalami o mocy 100 W i czasie działania 10 i 15 s pozwoliło na zmniejszenie ubytków masy powstających w wyniku oddychania i transpiracji bulw w trakcie ich przechowywania. Najmniejsze ubytki w wyniku oddychania i transpiracji, 2,1% w stosunku do próby kontrolnej, zaobserwowano w bulwach ziemniaków odmiany Felka Bona.

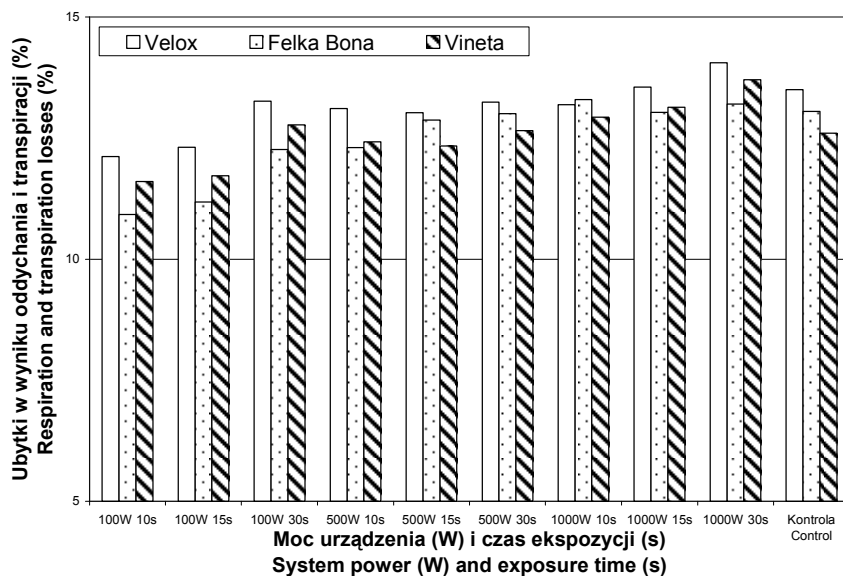
Największe straty w wyniku kiełkowania, 0,6% w stosunku do próby kontrolnej, zaobserwowano w bulwach ziemniaków odmiany Vineta, które poddano działaniu promieniowania mikrofalowego o mocy 100 W w czasie 10 s. Był to efekt oczekiwany i podobny do wyników doświadczenia dotyczącego reakcji sadzeniaków ziemniaka odmian Felka Bona eksponowanych w polu mikrofalowym w celu przyspieszenia procesów kiełkowania (Jakubowski 2007). Możliwym jest, że promieniowanie mikrofalowe, dające w odniesieniu do materiału biologicznego (uwodnionego) efekt termiczny, może również przyspieszać procesy kiełkowania, bez względu na temperaturę otoczenia. Należy zaznaczyć, że z punktu widzenia strat przechowalniczych kiełkowanie jest zjawiskiem negatywnym, jednakże w przypadku sadzeniaków daje efekt pozytywny w postaci przyspieszenia tempa wschodów.

Zgodnie z oczekiwaniami, promieniowanie mikrofalowe obniżyło straty w wyniku rozwoju chorób przechowalniczych wywołanych przez *Rhizoctonia solani* (za wyjątkiem próby bulw ziemniaków odmiany Vineta poddanej działaniu promieniowania mikrofalowego o mocy 1000 W w czasie 10 s). Wszystkie badane odmiany pozytywnie zareagowały, istotnym obniżeniem strat wywołanych przez *Rhizoctonia solani*, na promieniowanie mikrofalowe o mocy 100 W i czasach ekspozycji 10, 15 s. Najsilniej zareagowała odmiana Felka Bona gdzie stopień porażenia był o 32,1% mniejszy w porównaniu z próbą kontrolną. W przypadku porażenia bulw ziemniaka przez *Streptomyces scabies* istotnie mniejszy stopień porażenia, w porównaniu z próbą kontrolną, odnotowano jedynie w próbie bulw ziemniaka odmiany Felka Bona napromieniowanej mikrofalami o mocy 100 W i czasie ekspozycji 15 s. Tak różne reakcje na działanie czynnika mikrofalowego w stosunku do badanych chorób przechowalniczych może być tłumaczony ich etiologią. *Rhizoctonia solani* jest chorobą wywołaną bakteriami a *Streptomyces scabies* wywołaną grzybami. Mając na uwadze fakt, że jednym z efektów oddziaływania pola mikrofalowego na materiał biologiczny jest uszkodzanie błon komórkowych to istotnie różne będą efekty promieniowania na komórki grzybów i bakterii różniące się ana-

Tabela 1. Zmiany (%) wskaźników oceny przechowalniczej bulw ziemniaka badanych odmian (próba kontrolna = 100%)
Table 1. Percentage changes of potato tubers storage evaluation indexes for tested varieties (check test = 100%)

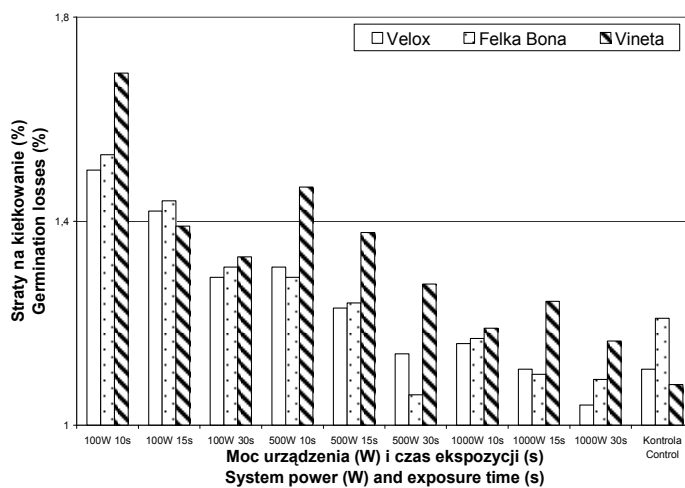
Wskaźnik oceny przechowalniczej Storage evaluation index	Ubytki w wyniku oddychania i transpiracji Losses from respiration and transpiration			Straty w wyniku kiełkowania Losses from germination			Stopień porażenia przez <i>Rhizoctonia solani</i> Degree of infection by <i>Rhizoctonia solani</i>			Stopień porażenia przez <i>Streptomyces scabies</i> Degree of infection by <i>Streptomyces scabies</i>			Siła przebiccia perydermy Periderm puncture force				
	Odmiana ziemniaków Potato varieties	Ve- lox	Felka Bona	Vine- ta	Ve- lox	Felka Bona	Vine- ta	Ve- lox	Felka Bona	Vineta	Ve- lox	Felka Bona	Vineta	Ve- lox	Felka Bona	Vine- ta	
Moc urządzenia i czas ekspozycji System power and exposure time (W)	10 s	-1,4*	-2,1*	-1,0	0,4*	0,3*	0,6*	-19,0*	-30,0*	-12,7*	-12,5	-13,6	-1,5	-0,4	0,8	0,9	
	100	15 s	-1,2	-1,9*	-0,9	0,3*	0,2*	0,3*	-17,4*	-32,1*	-17,2*	-12,8	-14,3*	-4,0	-0,8	2,1	5,2
	30 s	-0,2	-0,8	0,2	0,2*	0,1	0,3*	-12,5	-27,9*	-11,6	-11,5	-12,4	-4,9	5,5	0,9	-3,2	
	500	10 s	-0,4	-0,8	-0,2	0,2*	0,1	0,4*	-3,4	-15,8*	-3,3	-12,2	-5,0	0,8	6,5	-10,3	-1,1
		15 s	-0,5	-0,2	-0,3	0,1	0,0	0,3*	-5,6	-17,9*	-8,6	-11,1	-5,4	1,8	1,6	-9,4	-0,1
		30 s	-0,3	-0,1	0,1	0,0	-0,2	0,2	-6,7	-5,4	-5,7	-9,3	-5,0	3,4	-17,8	-1,2	-6,9
	1000	10 s	-0,3	0,2	0,3	0,0	0,0	0,1	-3,6	-13,0	2,9	-3,6	2,4	8,4	-15,9	-3,9	-5,4
		15 s	0,1	0,0	0,5	0,0	-0,1	0,2	-6,1	-5,5	-6,0	-2,4	-0,9	9,4	-7,8	-4,6	1,9
		30 s	0,6	0,1	1,1	-0,1	-0,1	0,1	-5,5	-4,1	-5,0	-2,5	-1,2	8,9	-7,5	-2,2	0,7

*Różnice statystycznie istotne ($\alpha = 0,05$) – Statistically significant differences ($\alpha = 0.05$).



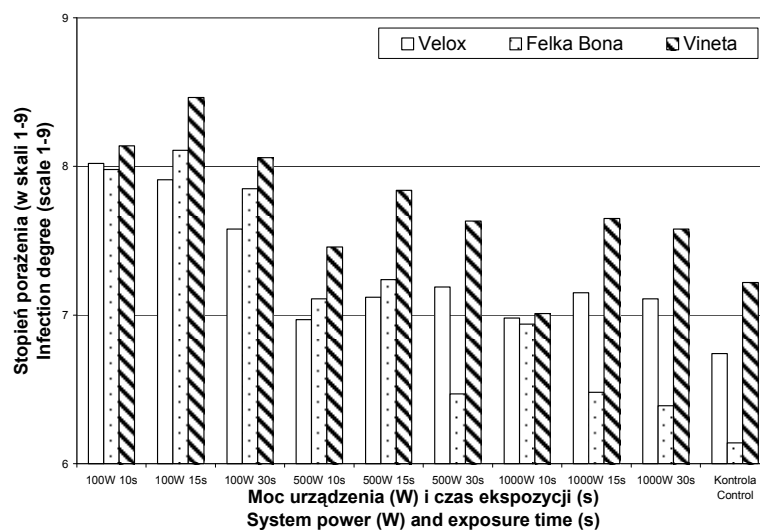
Rys. 1. Zależność pomiędzy promieniowaniem mikrofalowym a ubytkami przechowywanych bulw ziemniaka w wyniku oddychania i transpiracji

Fig. 1. Relation between microwave radiation and losses in stored potato tubers resulting from respiration and transpiration



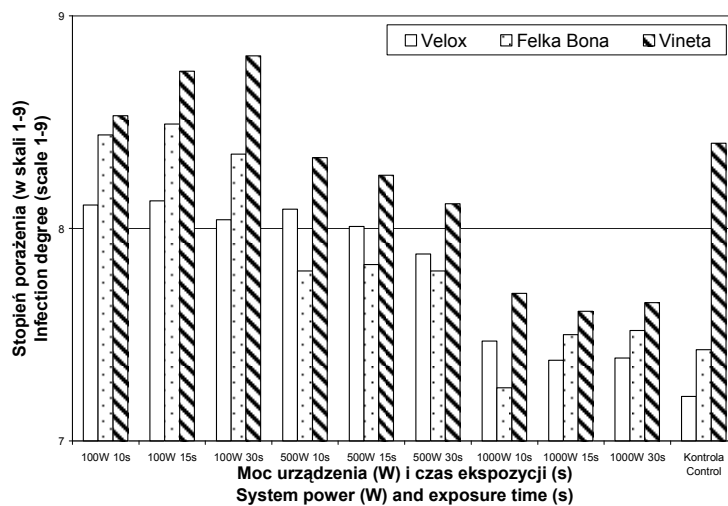
Rys. 2. Zależność pomiędzy promieniowaniem mikrofalowym a ubytkami przechowywanych bulw ziemniaka w wyniku kiełkowania

Fig. 2. Relation between microwave radiation and losses in stored potato tubers resulting from germination



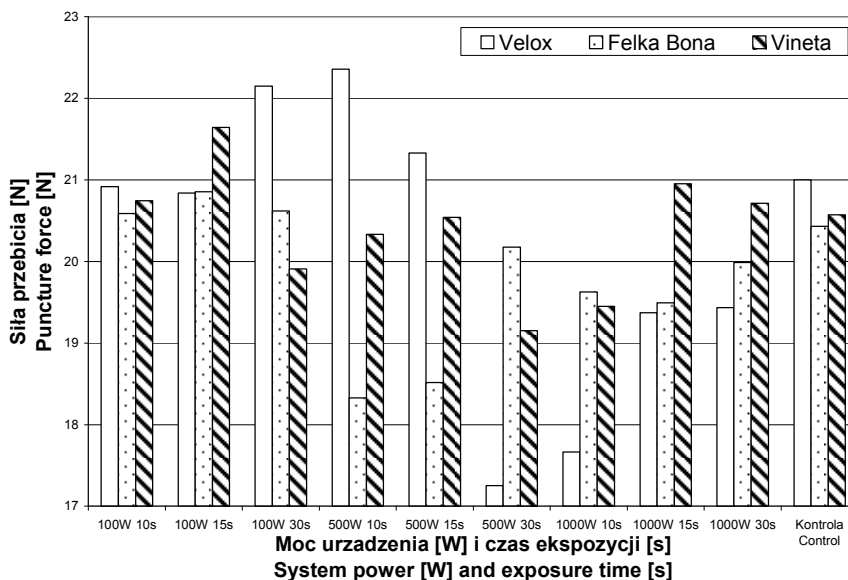
Rys. 3. Zależność pomiędzy promieniowaniem mikrofalowym a ubytkami przechowywanych bulw ziemniaka w wyniku działania *Rhizoctonia solani*

Fig. 3. Relation between microwave radiation and losses in stored potato tubers resulting from *Rhizoctonia solani*



Rys. 4. Zależność pomiędzy promieniowaniem mikrofalowym a ubytkami przechowywanych bulw ziemniaka w wyniku działania *Streptomyces scabie*

Fig. 4. Relation between microwave radiation and losses in stored potato tubers resulting from *Streptomyces scabie*



Rys. 5. Zależność pomiędzy promieniowaniem mikrofalowym a siłą przebicia przechowywanych bulw ziemniaka

Fig. 5. Relation between microwave radiation and puncture force in stored potato tubers

tomicznie i morfologicznie. Do podobnych spostrzeżeń doszedł Marks i in. (2005, 2006) badając odmiany ziemniaków: Salto, Drop i Irga.

Analiza danych dotyczących podatności perydermy bulw ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne nie potwierdziła istotnego wpływu promieniowania mikrofalowego na ten parametr w odniesieniu do przyjętych dawek promieniowania (mocy urządzenia generującego mikrofałę) i czasów ekspozycji.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Reasumując stwierdzić można, że promieniowanie mikrofalowe o mocy 100 W i czasach ekspozycji 10 i 15 s istotnie zmniejszyło ubytki masy bulw ziemniaków badanych odmian w wyniku parowania i transpiracji w trakcie ich przechowywania. Promieniowanie mikrofalowe o mocy 100 W i czasach ekspozycji 10, 15 i 30 s oraz o mocy 500 W i czasach ekspozycji 10 i 15 s powodowało zwiększenie masy kielków przechowywanych bulw ziemniaka badanych odmian. Badane odmiany ziemniaków w trakcie ich przechowywania pozytywnie zareagowały mniejszym stopniem porażenia przez *Rhizoctonia solani*, na przyjęte w doświadczeniu dawki promieniowania mikrofalowego. Efektu takiego nie od-

notowano w przypadku porażenia przez *Streptomyces scabies*. Nie stwierdzono istotnego wpływu promieniowania mikrofalowego, w przyjętych dawkach i czasach ekspozycji, na siłę przebiccia perydermy bulwy ziemniaka na granicy odpowiadającej wytrzymałości biologicznej.

Analiza wyników badań napromieniowywania mikrofalami bulw ziemniaków badanych odmian przed ich przechowywaniem pozwalają stwierdzić, że:

1. ubytki masy przechowywanych bulw w wyniku parowania i transpiracji są istotnie mniejsze,
2. masa kielków przechowywanych bulw zwiększyła się istotnie,
3. zmniejszył się stopień porażenia przez *Rhizoctonia solani*.

PIŚMINNICTWO

- Chourasia M.K., Saha R., De A., Sahoo P.K., 2004. Evaluation of storage losses in a commercial potato cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 41, 507-510.
- Jakubowski T., 2007. Wpływ promieniowania mikrofalowego na dynamikę wzrostu kielków bulwy ziemniaka. Materiały konferencyjne IX Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. „Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej” we Wrocławiu, 116-117.
- Marks N., Lipiec J., Jakubowski T., 2005. Ocena przydatności metod fizycznych do zwalczania przechowalniczych chorób bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 7(67), 169-175.
- Marks N., Jakubowski T. 2006. Wpływ promieniowania mikrofalowego na trwałość przechowalniczą bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 6(81), 57-64.
- Marks N., Jakubowski T., 2008. Określenie zależności pomiędzy odpornością bulwy ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne a wielkością dawki promieniowania mikrofalowego. *Inżynieria Rolnicza*, 1(99), 275-281.
- Sobol Z., 2006. Określenie „skurczu przechowalniczego” bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 511, cz. II. 539-546.
- Sowa-Niedziałkowska G., 2000. Wpływ warunków wzrostu roślin i magazynowania bulw odmian jadalnych ziemniaka na ich trwałość przechowalniczą. *Biuletyn IHAR*, 213, 225-232.
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzińska M., 2006. Wpływ warunków przechowywania na niektóre cechy kulinarne i technologiczne bulw wybranych odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 511, cz. II. 567-578.

IMPACT OF MICROWAVE RADIATION ON STORAGE DURABILITY OF POTATO TUBERS

Tomasz Jakubowski

Department of Food Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Agricultural University
ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków
e-mail: tjakubowski@ar.krakow.pl

Abstract. The purpose of the work was to examine the impact of microwave radiation on storage durability of potato tubers – Velox, Felka Bona and Vineta varieties. The scope of work covers one year of research, losses in stored tubers mass resulting from transpiration and respiration, germination, and the

effect of the *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces scabies* type storage diseases. Moreover, tuber susceptibility to mechanical damage was evaluated. Obtained research results indicate that microwave radiation significantly reduced the losses in potato tubers mass due to evaporation and transpiration, and caused an increase in germ mass. During the storage period, the tested potato varieties positively reacted to microwave radiation doses used in the experiment, with lower degree of infection by *Rhizoctonia solani*. Such an effect was not observed in the case of infection by *Streptomyces scabies*. The researchers observed no significant impact of microwave radiation, at applied doses and exposure times, on potato tuber periderm puncture force at its biological strength limit.

Key words: microwave radiation, potato tuber, storage losses