

WPŁYW NAPROMIENIOWANIA MIKROFALAMI BULW ZIEMNIAKA NA ZAWARTOŚĆ NIEKTÓRYCH ZWIĄZKÓW BIOCHEMICZNYCH I SUCHEJ MASY

Tomasz Jakubowski

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy było określenie wielkości zmian po okresie przechowywania w zawartości wybranych związków biochemicznych i suchej masy w bulwach ziemniaków napromieniowanych mikrofalami. Napromieniowanie bulw ziemniaka mikrofalami istotnie modyfikowało zawartość skrobi i kwasu askorbinowego w odmianie Rosara po okresie przechowywania.

Słowa kluczowe: promieniowanie mikrofalowe, bulwa ziemniaka, cechy jakościowe, przechowywalność

Wstęp

Do najważniejszych cech, decydujących o jakości produktów przetwórstwa ziemniaczanego, należą: kształt i wielkość bulw, płytko osadzone oczka, odpowiednia zawartość suchej masy i skrobi, mała zawartość cukrów redukujących i sumy cukrów, mała skłonność do ciemnienia miąższu bulw surowych i po ugotowaniu, stabilność cech technologicznych w poszczególnych sezonach wegetacyjnych i w czasie przechowywania oraz zdolność do długotrwałego przechowywania. Procesy fizjologiczno-biochemiczne zachodzące w przechowywanych bulwach ziemniaka prowadzą nie tylko do zmian ilościowych, ale również i jakościowych. Przemysł przetwórczy pożąda odmian ziemniaka o stabilnej zawartości suchej masy, niskiej zawartości azotanów i glikoalkaloidów oraz charakteryzujące się małą skłonnością do nagromadzania cukrów. Mikos-Bielak [2005] w trakcie swoich badań nad wpływem egzogennych regulatorów wzrostu w uprawie ziemniaka stwierdziła ich wpływ na zwiększenie się zawartość suchej masy, skrobi i innych cukrowców w bulwach ziemniaków. Przyczyną tego zjawiska było hamujące działanie tychże regulatorów na procesy kiełkowania i porostania bulw poprzez co poprawiały się ich właściwości przechowalnicze – zmniejszały się straty suchej masy i skrobi podczas przechowywania. Efektem niekorzystnym było m. in. obniżenie zawartości kwasu askorbinowego, a zwiększenie zawartości związków fenolowych, co powodowało zwiększenie ciemnienia bulw surowych i gotowanych. Rolbiecki i in. [2004] zajmując się wpływem deszczowania i dawki azotu na skład chemiczny oraz wartość przechowalniczą bulw ziemniaka odmian Mors, Mila i Triada stwierdzili, że: bulwy ziemniaków uprawianych w warunkach nawodnień cechowały się wyższą zawartością kwasu askorbinowego, nawadnianie nie wpływało istotnie na poziom suchej masy, skrobi i cukrów, wyższa dawka nawożenia azotem nie wpływała istotnie na

zawartości suchej masy, skrobi, cukrów i kwasu askorbinowego oznaczanych po zbiorze bulw, przechowywanie bulw ziemniaka w przechowalni spowodowało istotne zmniejszenie zawartości suchej masy, skrobi i kwasu askorbinowego. Sawicka i in. [2005] prowadząc doświadczenia nad odmianami ziemniaków Aster i Drop uprawianymi pod osłoną, stwierdziła, że zawartość węglowodanów i suchej masy w bulwach ulega zmianom w zależności od zastosowanej metody pielęgnacji roślin. Z badań Puły i in. [2004] dotyczących zmienności cech jakościowych bulw ziemniaka odmiany w zależności od warunków pogodowych wynika, że duża ilość opadów w okresie wegetacyjnym ziemniaka odmiany Miła uprawianego na glebie lekkiej ogranicza w sposób istotny zawartość skrobi i suchej masy, natomiast sprzyjała gromadzeniu białka ogólnego w bulwach. Do podobnych wniosków doszła Zarzecka i in. [2006] w doświadczeniach z odmianą ziemniaka Wiking. Badania prowadzone przez Ciećko i in. [2004] nad plonowaniem i zawartością skrobi w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia NPK dowodzą, że wzrastające nawożenie NP powoduje spadek zawartości skrobi w bulwach odmian Muza i Orłan.

Uzasadnienie podjęcia badań i cel pracy

Badania Marksa i in. [2006] wskazują na pozytywny wpływ promieniowania mikrofalowego na procesy przechowywania bulw ziemniaka mierzone ubytkami naturalnymi (oddychanie, transpiracja i kiełkowanie) oraz działaniem chorób przechowalniczych (*Rhizoctonia solani*). Z doświadczeń prowadzonych przez autora [Jakubowski 2006] wynika, że napromieniowanie sadzoniaków ziemniaka mikrofalami oddziałuje pozytywnie na przebieg ontogenezy roślin potomnych. Promieniowanie mikrofalowe stymuluje również procesy podkiełkowania sadzoniaków [Jakubowski 2008]. Proces kiełkowania skutkuje jednakże niekorzystnymi przemianami biochemicznymi zachodzącymi wewnątrz bulwy, prowadzącymi m. in. do: utraty turgoru, ubytków suchej masy i skrobi, wzrostu zawartości cukrów, azotanów i glikoalkaloidów, zmniejszenia zawartości kwasu askorbinowego i większej skłonności do ciemnienia miąższu. Wskazany zatem jest poznanie wpływu promieniowania mikrofalowego na cechy jakościowe bulw ziemniaka w trakcie ich przechowywania. Mając na uwadze powyższe celem pracy było określenie wielkości zmian w zawartości wybranych związków biochemicznych i suchej masy w bulwach ziemniaków napromieniowanych mikrofalami przed i po okresie ich przechowywania.

Zakres pracy i metoda badawcza

Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2007-2008. W badaniu wykorzystano trzy bardzo wczesne odmiany ziemniaka: Felka Bona, Rosara i Velox. Materiał do badań pochodził z roślin uprawianych na glebie lekkiej, piasek słabo gliniasty, kompleksu żytinioziemniaczanego dobrego, klasa bonitacyjna IVA. Pod uprawę zastosowano nawożenie mineralne w dawce $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $135 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (32% saletra amonowa, 46% superfosfat potrójny i 50% sól potasowa). Do badań pobrano 60 sztuk bulw ziemniaków każdej odmiany. W doborze materiału doświadczalnego kierowano się jednorodnością kształtu i masy bulw. Wymiary bulw określono przy użyciu suwmiarki elektronicznej a masę przy użyciu wagi laboratoryjnej. Masa bulw do badań zawierał się w przedziale 28,8-51,2 g przy średniej wartości masy bulwy 38,8 g i odchyleniu standardowym 8,4 g.

Doświadczenie prowadzono w dwóch etapach. Etap I obejmował materiał badawczy stanowiący bulwy ziemniaka będące bezpośrednio po zbiorze a przed przechowywaniem a etap II obejmował bulwy ziemniaka po 7 miesięcznym okresie przechowywania. Bulwy ziemniaka (w liczbie 40 bulw każdej odmiany) napromieniowano mikrofalami wykorzystując urządzenie o mocy źródła 100 W generujące mikrofałe o częstotliwości 2,45 GHz. Pojedynczą bulwę umieszczano w szczelnej komorze na czas 10 lub 20 s. Całkowite dawki promieniowania zawierały się w przedziale od 1000-2000 J. W I etapie doświadczenia wykorzystano 20 bulw każdej odmiany poddanych działaniu promieniowania mikrofalowego oraz 10 bulw będących próbą kontrolną do oceny zawartości suchej masy, skrobi, białka i kwasu askorbinowego. Pozostałe próby przechowywano w chłodni (z automatyczną regulacją temperatury) w temperaturze 5-6°C przy wilgotności 90-95% w drewnianych skrzynkach. W II etapie, po zakończeniu procesu przechowywania, wykorzystano kolejne 20 bulw każdej odmiany poddanych działaniu promieniowania mikrofalowego oraz 10 bulw będących próbą kontrolną do oceny zawartości suchej masy, skrobi, białka i kwasu askorbinowego metodami przedstawionymi poniżej.

a) *Oznaczenie zawartości suchej masy.* Zawartość suchej masy oznaczono zgodnie z wytycznymi PN-91/A-75101/03 poprzez suszenie próbki produktu w temperaturze 105°C do stałej masy.

b) *Oznaczenie zawartości białka.* Zawartość azotu oznaczono metodą Kjeldahla w aparacie Büchi Labortechnik B-324, po mineralizacji w stężonym kwasie siarkowym (VI). Następnie obliczono zawartość białka stosując mnożnik: 6,25

c) *Oznaczenie zawartości skrobi.* Zawartość skrobi oznaczono polarymetryczną metodą według ICC-standard No.122.

d) *Oznaczenie zawartości kwasu askorbinowego.* Oznaczenie wykonano metodą Tillmansa, poprzez miareczkowanie odpowiednio przygotowanej próbki mianowanym roztworem 2,6-dichlorofenoloindofenolem zgodnie z wytycznymi PN-90/A-75101/11.

Przedstawione w dalszej części pracy wartości procentowe suchej masy, skrobi i białka ogólnego dotyczą względnych zawartości mas wymienionych związków chemicznych. Aby ocenić istotność różnic uzyskanych wyników na poziomie $\alpha=0,05$ dane poddano analizie wariancji z wykorzystaniem pakietu *STATISTICA 8.0*. 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. W obliczeniach statystycznych wartości wyrażone w procentach transformowano wg wzoru: $y=\arcsin(\text{wartość}\%)^{-0,5}$, na stopnie kątowne Bliss, po wykonaniu analiz wartości retransformowano.

Wyniki badań

Analizując dane zawarte w tabelach 1 i 2, stwierdzić można, że bezpośrednio po zbiorze jak i po okresie przechowywania badane odmiany ziemniaków różniły się pod względem zawartości suchej masy, skrobi, białka ogólnego i kwasu askorbinowego. W tabeli 1 przedstawiono wartości średnie z przeprowadzonych analiz na zawartość badanych związków biochemicznych i suchej masy z podziałem na uwzględnione w doświadczeniu odmiany ziemniaków w kolejnych etapach badań. Tabela 2 zawiera wynik testu t-Studenta uwzględniając jedynie próby różniące się istotnie w porównaniu z próbkami kontrolnymi.

Tabela 1. Względne zawartości masy, skrobi, białka ogólnego i kwasu askorbinowego w suchej próbce w stosunku do zawartości w świeżej próbce badanych bulw ziemniaka
 Table 1. Relative content of dry matter, starch, total protein and ascorbic acid in a dry sample compared to their content in a fresh sample of examined potato tubers

Etap doświadczenia	Czas ekspozycji	Sucha masa [%]			Skrobia [%]			Białko ogólne [%]			Kwas askorbinowy [mg 100 g śm ⁻¹]		
		Rosara	Velox	Felka Bona	Rosara	Velox	Felka Bona	Rosara	Velox	Felka Bona	Rosara	Velox	Felka Bona
Przed przechowywaniem (Etap I)	10 s	17,21	18,92	17,88	10,33	10,21	10,28	3,07	2,92	3,78	1,94	2,06	1,94
	20 s	17,08	18,14	17,77	9,58	10,54	9,82	2,94	3,05	2,96	2,06	2,28	2,06
	0s kontrola	16,94	18,73	17,61	9,81	10,98	9,87	3,20	3,06	3,70	2,8	2,28	2,28
Po przechowywaniu (Etap II)	10 s	17,99	19,82	18,51	8,22	10,16	10,02	2,88	2,66	3,41	1,56	1,72	1,59
	20 s	17,87	18,32	18,22	8,32	9,89	9,51	2,55	2,81	2,52	1,61	1,87	1,58
	0s kontrola	17,32	19,15	18,40	9,64	9,99	9,62	3,02	2,81	3,19	2,29	1,91	1,88

Źródło: obliczenia własne autora

Tabela 2. Wynik testu t-Studenta ($\alpha=0,05$) dla porównania zawartości skrobi i kwasu askorbinowego w odmianie ziemniaków Rosara po okresie przechowywania (etap II)
 Table 2. Result of t-Student test ($\alpha=0.05$) carried out in order to compare starch and ascorbic acid content in *Rosara* potato variety after storage period (stage II)

Grupa 1 wz. Grupy 2	Testy dla prób niezależnych (dane I) Uwaga: Zmienne traktowane są jako niezależne próby.						
	Średnia Grupa 1	Średnia Grupa 2	t	df	p	Odch.std Grupa 1	Odch.std Grupa 2
Skrobia 0s (kontrola) vs. Skrobia 10s	9,639000	8,218000	4,423844	18	0,000328	0,445557	0,912832
Skrobia 0s (kontrola) vs. Skrobia 20s	9,639000	8,316000	4,611212	18	0,000217	0,445557	0,790347
Kwas askorbinowy 0s (kontrola) vs. Kwas askorbinowy 10s	2,294000	1,565000	5,068138	18	0,000080	0,141516	0,432287
Kwas askorbinowy 0s (kontrola) vs. Kwas askorbinowy 20s	2,294000	1,608000	7,029174	18	0,000001	0,141516	0,274259

Źródło: obliczenia własne autora

W trakcie okresu przechowywania wartość suchej masy w bulwach badanych odmian ziemniaków uległa zwiększeniu. Jest to zjawisko naturalne spowodowane transpiracją wody z bulwy ziemniaka. Zmniejszeniu natomiast uległy zawartości skrobi i białka ogólnego co również należy tłumaczyć naturalnymi procesami zachodzącymi w bulwie ziemniaka w trakcie jej przechowywania. Skrobia głównie zużywana jest w trakcie oddychania bulwy a dodatkowo, wraz z białkami, w procesie kiełkowania. Zmniejszeniu w trakcie przechowywania ulegała również zawartość kwasu askorbinowego powstającego z deaminacji aminokwasów w trakcie oddychania bulwy. Proces oddychania bulwy ziemniaka najintensywniej przebiega w początkowej fazie przechowywania a następnie maleje co pociąga za sobą zmniejszenie intensywności syntezy kwasu askorbinowego. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między próbami napromieniowanymi mikrofalami a próbami kontrolnymi przed okresem przechowywania (w I etapie) co do zawartości badanych związków biochemicznych i suchej masy. Nie stwierdzono również statystycznie istotnych różnic między próbami napromieniowanymi mikrofalami a próbami kontrolnymi po okresie przechowywania (w II etapie) co do zawartości suchej masy i białka ogólnego. Statystycznie istotne różnice ($\alpha=0,05$) między próbami napromieniowanymi mikrofalami a próbami kontrolnymi po okresie przechowywania (w II etapie) stwierdzono w zawartości skrobi i kwasu askorbinowego w bulwach ziemniaków odmiany Rosara. Zawartość skrobi w próbach napromieniowanych mikrofalami w czasach 10 i 20 s w porównaniu z próbą kontrolną uległa zmniejszeniu odpowiednio o 1,42 i 1,32% (rzeczywisty ubytek skrobi, przyjmując wartość próby kontrolnej z tabeli 1 jako 100%, wynosił odpowiednio 14,7 i 13,7%). W trakcie okresu przechowywania część skrobi zawarta w bulwie ziemniaka ulega zamianie na cukry. Skrobia zużywana jest również w trakcie procesu kiełkowania. Wyniki badań autora [Jakubowski 2008] wskazują, że napromieniowanie mikrofalami sadzeniaków ziemniaka wpływa na dynamikę wzrostu kiełków powodując zwiększenie masy i liczby kiełków przy jednoczesnym skróceniu okresu podkiełkowania. Większa dynamika procesu kiełkowania może za sobą pociągać większe zużycie skrobi. Zawartość kwasu askorbinowego w próbach napromieniowanych mikrofalami w czasach 10 i 20 s w porównaniu z próbą kontrolną uległa zmniejszeniu odpowiednio o 0,73 i 0,66 mg·100 g⁻¹ świeżej masy bulwy ziemniaka co odpowiada ubytkowi 31,9 i 29,7%. Kwas askorbinowy jako biokatalizator jest chemicznie bardzo reaktywny, po utlenieniu tworzy kwas dehydroaskorbinowy, przy czym jest to reakcja odwracalna. Hydroliza kwasu askorbinowego prowadzi do powstania kwasu 2,3-diketo-L-gulonowego, który następnie rozpada się do kwasu szczawiowego. Według informacji podanych przez Rudego [2006] kwas askorbinowy ulega, pod działaniem światła, tlenu oraz jonów metali ciężkich, głównie Cu i Fe, bardzo łatwemu utlenieniu. Promieniowanie mikrofalowe o częstotliwości 2,45 GHz powoduje efekt termiczny. Czynnikiem zasadniczo wpływającym na szybkość i przebieg reakcji zachodzących w obiekcie biologicznym jest temperatura a kwas askorbinowy jest jedną z witamin najbardziej podatnych na działanie różnych czynników zewnętrznych – głównie temperatury. Prawdopodobnym jest, że działanie promieniowania mikrofalowego, nawet w krótkim okresie czasu, powoduje degradację termiczną kwasu askorbinowego i obniżenie jego zawartości w bulwie ziemniaka.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzić można, że w przyjętych w doświadczeniu dawkach i czasach ekspozycji:

1. Nie stwierdzono istotnego wpływu promieniowania mikrofalowego na zawartość suchej masy, skrobi, białka ogólnego oraz kwasu askorbinowego w bulwach badanych odmian przed okresem przechowywania (etap I).
2. Napromieniowanie mikrofalami bulw ziemniaka odmiany Rosara spowodowało istotne obniżenie zawartości skrobi i kwasu askorbinowego po okresie przechowywania (etap II).
3. Nie stwierdzono istotnego wpływu czasu napromieniowania mikrofalami na zawartość suchej masy, skrobi, białka ogólnego oraz kwasu askorbinowego w bulwach ziemniaków badanych odmian.

Bibliografia

- Ciećko Z., Żolnowski A., Wyszowski M.** 2004. Plonowanie i zawartość skrobi w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia NPK. *Annales*, VOL. LIX, Nr 1 Sectio E. s. 43-49.
- Jakubowski T.** 2006. Wpływ mikrofalowej stymulacji sadzeniaków ziemniaka na wzrost i rozwój roślin potomnych. *Inżynieria Rolnicza*, nr 6(94). Kraków. s. 49-56.
- Jakubowski T.** 2008. Wpływ promieniowania mikrofalowego na dynamikę wzrostu kielków bulwy ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza* nr 5(103). Kraków. s. 67-75.
- Marks N., Jakubowski T.** 2006. Wpływ promieniowania mikrofalowego na trwałość przechowalniczą bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza* nr 6(81). Kraków. s. 57-64.
- Mikos-Bielak M.** 2005. Egzogenne regulatory wzrostu w uprawie ziemniaka. *Annales UMCS Vol LX Sectio E* s. 281-292.
- Pęksa A.** 2003. Białko ziemniaczane – charakterystyka i właściwości. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 5. s. 79-94.
- Puła J., Skowera B.** 2004. Zmienność cech jakościowych bulw ziemniaka odmiany Miła uprawianego na glebie lekkiej w zależności od warunków pogodowych. *Acta Agrophysica*. 3(2). s. 359-366.
- Rolbiecki S., Wojdyła T., Czekanowski C., Rolbiecki R., Grzelak B.** 2004. Wpływ deszczowania i dawki azotu na plon, skład chemiczny oraz wartość przechowalniczą bulw ziemniaka odmiany Mors. *Annales UMCS Vol LIX. Nr 3. Sectio E* . s. 1389-1395.
- Rudy S.** 2006. Matematyczne modelowanie termicznej degradacji kwasu l-askorbinowego w czasie konwekcyjnego suszenia pora. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(81). Kraków. s. 203-212.
- Sawicka B., Pszczółkowski P.** 2005. Dry matter and carbohydrates content in the tubers of very early potato varieties cultivated under coverage. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 4(2). s. 111-122.
- Zarzecka K., Gugala M.** 2006. Zawartość białka ogólnego i właściwego w bulwach ziemniaka w zależności od sposobów uprawy roli i odchwaszczania. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 5(2). s. 107-115.

THE IMPACT OF POTATO TUBER EXPOSURE TO MICROWAVE RADIATION ON CONTENT OF SOME BIOCHEMICAL COMPOUNDS AND DRY MATTER

Abstract. The purpose of the work was to determine the scale of changes after storage period observed in content of selected biochemical compounds and dry matter in tubers of potatoes exposed to microwave radiation. After storage period, exposure of potato tubers to microwave radiation resulted in significant modification of starch and ascorbic acid content in *Rosara* variety.

Key words: microwave radiation, potato tuber, quality factors, storage

Adres korespondencyjny:

Tomasz Jakubowski; e-mail: tjakubowski@ar.krakow.pl
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków