

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY PROMIENIOWANIEM MIKROFALOWYM A ZAWARTOŚCIĄ AZOTANÓW W BULWACH ZIEMNIAKÓW W TRAKCIE ICH PRZECHOWYWANIA

Tomasz Jakubowski

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

Streszczenie. Praca miała na celu określenie zależności między promieniowaniem mikrofalowym i czasem przechowywania a zawartością azotanów w bulwach ziemniaków. Materiał badawczy stanowiły bulwy ziemniaków bardzo wczesnych odmian Aster i Felka pochodzące z upraw w warunkach polowych. Bezpośrednio po zbiorze określono masę każdej bulwy i poddano je działaniu pola mikrofalowego o mocy 100 i 1000 W. Wykorzystano urządzenie generujące mikrofałe o częstotliwości 2,45 GHz, pojedynczą bulwę umieszczano w szczelnej komorze na czas 10 s. Całkowite dawki promieniowania zawierały się w przedziale 1000-10000 J co odpowiadało 11,5-325,0 J·g⁻¹ jednostkowych dawek promieniowania mikrofalowego. Stwierdzono istotne zależności pomiędzy zawartością azotanów w bulwach ziemniaków badanych odmian i okresem ich przechowywania a wpływem promieniowania mikrofalowego. Bulwy ziemniaków obu odmian poddane działaniu mikrofały w zakresie 11,5-107,6 J·g⁻¹ dawek jednostkowych wykazywały niższe zawartości azotanów w porównaniu z próbami kontrolnymi. Odmiana Aster, w porównaniu z odmianą Felka, silniej zareagowała na działanie pola mikrofalowego obniżeniem zawartości azotanów w bulwach po okresie przechowywania.

Słowa kluczowe: ziemniak, promieniowanie mikrofalowe, azotany, przechowalność

WSTĘP

Według Samborskiego (2005) dopuszczalna zawartość azotanów w kilogramie świeżej masy bulw ziemniaka wynosi 200 mg, poziom ten bywa przekraczany szczególnie w uprawie odmian bardzo wczesnych i wczesnych, gdy stosuje się zbyt duże dawki azotu. Nagromadzeniu azotanów sprzyja susza i wysokie temperatury w trakcie wegetacji – jednakże skutecznie ograniczają zawartość tych związków procesy obróbki termicznej (gotowanie, gotowanie w kuchni mikrofalowej, smażenie w głębokim tłuszczu) oraz obieranie. Badania Lina (1990) oraz Ciećko i in. (2004) wska-

zują, że wysokie dawki azotu mogą przyczyniać się do obniżenia jakości plonu bulw poprzez kumulacje szkodliwych azotanów, wywołujących m.in. methemoglobinemię. Zdaniem Wojciechowskiej (2005) azotany same w sobie nie stanowią szczególnego zagrożenia dla zdrowia człowieka natomiast groźne są azotyny powstające podczas częściowej redukcji azotanów. Proces redukcji rozpoczyna się już w jamie ustnej, a następnie przebiega w kolejnych odcinkach przewodu pokarmowego. Bezpośrednim następstwem zatrucia azotynami jest utlenianie hemoglobiny do methemoglobiny niezdolnej do przenoszenia tlenu, obniżenie ciśnienia tętniczego krwi, destrukcja karotenoidów oraz witamin z grup A i B.

Przekroczenie optymalnej dawki azotu pod uprawy ziemniaków znacząco obniża jakość bulw na skutek spadku zawartości skrobi i wartości biologicznej białka oraz podwyższa zawartość azotanów. Jednocześnie wysokie dawki nawozów organicznych powodują wzrost zawartości azotu mineralnego w glebie. Wpływa on niekorzystnie na jakość plonu roślin oraz zanieczyszczenie środowiska (Mazur i Mazur 2006, Mikos-Bielak i in. 1999).

Stymulujący wpływ pola mikrofalowego na rośliny z gatunku *Solanum tuberosum* został wykazany między innymi w pracach Marksa i in. (2005ab, 2007ab) oraz Jakubowskiego (2006, 2007). Istnieje zatem prawdopodobieństwo, że poddanie bulw ziemniaka działaniu promieniowania mikrofalowego przed ich przechowywaniem może działać obniżeniem zawartych w nich azotanów po okresie przechowywania. Mając na uwadze powyższe, celem pracy było określenie zależności między promieniowaniem mikrofalowym i czasem przechowywania a zawartością azotanów w bulwach ziemniaków.

MATERIAŁ I METODA

Materiał badawczy stanowiły bulwy ziemniaków bardzo wczesnych odmian Aster i Felka pochodzące z upraw w warunkach polowych. Gleba na której uprawiano ziemniaki to gleba lekka, piasek słabo gliniasty, kompleksu żytńio-ziemniaczanego dobrego, klasa bonitacyjna IVA. Zawartość azotu mineralnego w glebie określono jak niską ($61 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Materiały źródłowe Krajowej i Okręgowej Stacji Chemiczno Rolniczej w Krakowie oraz Instytutu Uprawy i Nawożenia Gleb w Warszawie z lat 2000-2006). Pod uprawę zastosowano nawożenie mineralne w dawce $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Bezpośrednio po zbiorze (po 89 dniach wegetacji) określono masę każdej bulwy i poddano je działaniu pola mikrofalowego o mocy 100 i 1000 W (za wyjątkiem prób kontrolnych). Wykorzystano urządzenie generujące mikrofałe o częstotliwości 2,45 GHz, gdzie pojedynczą bulwę umieszczano w szczelnej komorze na czas 10 s. Całkowite dawki promieniowania zawierały się w przedziale 1000-10000 J co odpowiadało $11,5\text{-}325,0 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ jednostkowych dawek promieniowania mikrofalowego.

wego. Jednostkową dawkę promieniowania określono jako iloraz całkowitej dawki promieniowania mikrofalowego i masy bulwy poddanej działaniu mikrofal. Próbki do badania zawartości azotanów w bulwach ziemniaka w łącznej liczbie 150 świeżych bulw dla każdej odmiany przechowywano w chłodni (z automatyczną regulacją temperatury) w temperaturze 5-6°C w drewnianych skrzynkach przez okres 7 miesięcy.

Przed umieszczeniem bulw ziemniaka w chłodni oraz w okresie przechowywania próbek, co 30 dni określano zawartość azotanów w mg $\text{NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy (aparatura MA235 pH/Jonometr firmy Mettler Toledo, Polska Norma – 180 mg $\text{NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$). Bezpośrednio po zbiorze zawartość azotanów w bulwach ziemniaków wynosiła odpowiednio 23,92 mg $\text{NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ dla odmiany Felka i 27,09 mg $\text{NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ dla odmiany Aster. W badaniu wykorzystywano losowo wybranych 5 bulw poddanych działaniu pola mikrofalowego i tyle samo bulw z próby kontrolnej.

Próbki do oznaczania azotanów przygotowano wg kolejnych kroków zgodnie z metodyką proponowaną przez Krajową Stację Chemiczno Rolniczą:

- przygotowanie roztworu ekstrakcyjnego 0,04 mol Cu SO_4 ,
- przygotowanie naważki (10 g materiału roślinnego, 100 ml roztworu ekstrakcyjnego),
- wstrząsanie przez ½ godziny (na wytrząsarce),
- odsączenie przez sączek typu 388 i $d = 150$ do kolby stożkowej z wąską szyjką,
- rozlanie do zlewek i pomiar ślepej próbki (roztwór ekstrakcyjny),
- wykonanie pomiaru próbki z naważką,
- wyliczenie zawartości azotanów – x_2 wg wzorów (1 i 2):

$$x_1 = \frac{(a - b) \cdot 10,1}{m} \quad (\text{mg KNO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (1)$$

$$x_2 = \frac{x_1 \cdot 62,0}{101,1} \quad (\text{mg NO}_3 \cdot \text{kg} \text{ śm}^{-1}) \quad (2)$$

gdzie: a – oznacza odczyt z aparatu w ślepej próbce, b – oznacza odczyt z aparatu w próbce, m – oznacza masę naważki (g).

Wykorzystując wielomian pierwszego stopnia jako funkcję opisującą zależność pomiędzy oddziaływaniem pola mikrofalowego, okresem przechowywania i zawartością azotanów w bulwach ziemniaków obliczono współczynnik determinacji. Dla tych samych zależności obliczono współczynnik korelacji liniowej. Testem F-Snedecora oceniono jednorodność wariancji w badanych próbach, a następnie testem t-Studenta określono istotne różnice pomiędzy badanymi próbkami i odmianami.

WYNIKI

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono istotne zależności pomiędzy zawartością azotanów w bulwach ziemniaków odmian Felka i Aster, okresem ich przechowywania a wpływem promieniowania mikrofalowego. Współczynniki korelacji liniowej określone dla powyższych zależności, zawierały się w przedziale pomiędzy $-0,96$ a $-0,85$. Współczynniki determinacji regresji liniowej zawierały się w przedziale pomiędzy $0,63$ a $0,93$ (tab. 1).

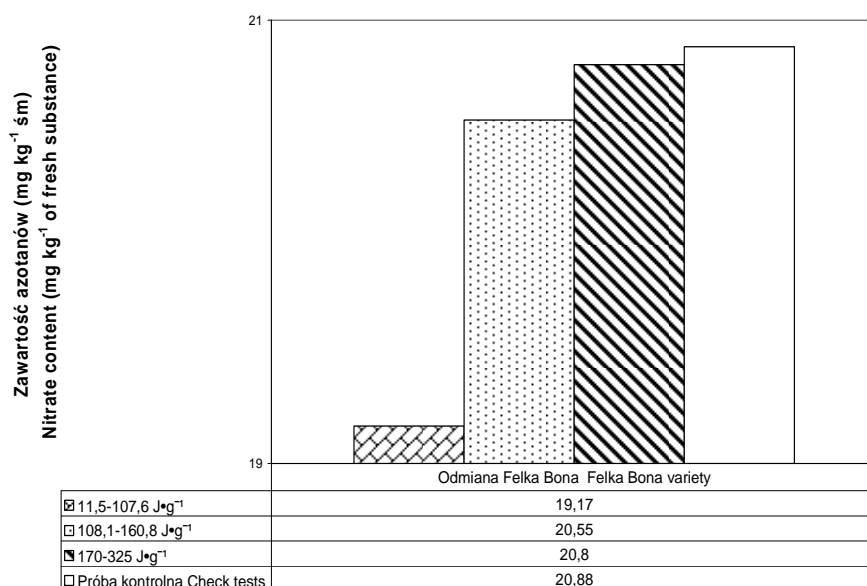
Tabela 1. Statystyczne zależności pomiędzy wielkością jednostkowej dawki promieniowania mikrofalowego, okresem przechowywania a zawartością azotanów w bulwach ziemniaka (istotne dla $\alpha = 0,05$)
Table 1. Statistical relations between the unit microwave radiation dose, storage period, and content of nitrates in potato tubers (significance $\alpha = 0.05$)

Rodzaj zależności Relation type	Odmiana ziemniaka Potato variety	Współczynnik korelacji Correlation coefficient	Równanie regresji i współczynnik determinacji (R^2) Regression equation and determination coefficient (R^2)
Wielkość dawki (11,5-107,6 J·g ⁻¹) – Zawartość azotanów Dose size (11.5-107.6 J g ⁻¹) – Nitrate content	Felka	-0,85	$y = -0,0834x + 28,272$ 0,73
	Aster	-0,79	$y = -0,0317x + 20,314$ 0,63
Okres przechowywania – Zawartość azotanów Storage period – Nitrate content	Felka	-0,90	$y = -1,3172x + 24,133$ 0,81
	Aster	-0,91	$y = -2,2707x + 31,663$ 0,83
Okres przechowywania – Zawartość azotanów (próby kontrolne) Storage period – Nitrate content (check tests)	Felka	-0,96	$y = -1,3645x + 25,51$ 0,93
	Aster	-0,83	$y = -1,5423x + 30,583$ 0,69

Bulwy ziemniaków obydwu badanych odmian poddane działaniu pola mikrofalowego w zakresie 11,5-107,6 J·g⁻¹ dawek jednostkowych wykazywały niższe zawartości azotanów w porównaniu z próbami kontrolnymi (rys. 1 i 2). Zawartość azotanów w bulwach ziemniaka ulegała zmianie w okresie przechowywania i miała tendencję spadkową. Prawidłowość ta dotyczyła obydwu badanych od-

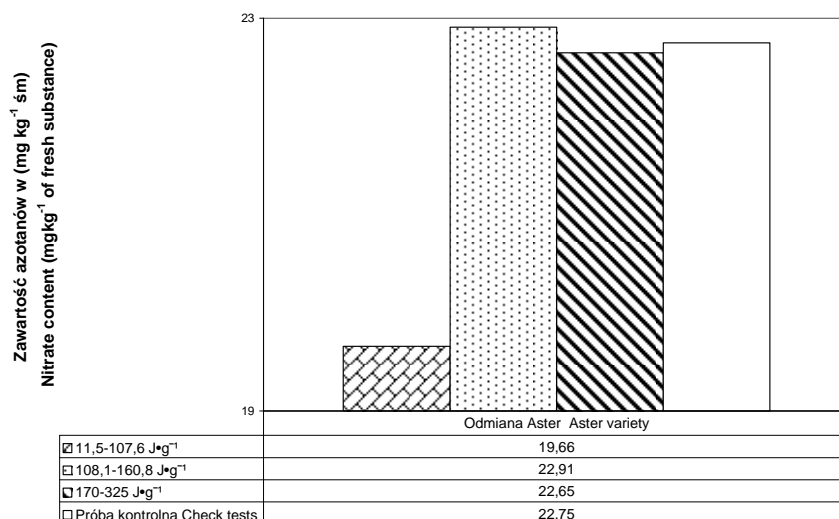
mian, prób poddanych działaniu mikrofal i prób kontrolnych. Zawartość azotanów w próbach kontrolnych była wyższa niż w próbach poddanych działaniu pola mikrofalowego – różnice te były istotne na poziomie $\alpha = 0,05$. Odmiana Felka w porównaniu z odmianą Aster wykazywała słabszą reakcję na działanie pola mikrofalowego – różnice pomiędzy zawartością azotanów w próbach kontrolnych i próbach poddanych działaniu mikrofalii sięgały 8,2% dla odmiany Felka i 13,6% dla odmiany Aster (rys. 3). Badane odmiany różniły się pod względem wielkości zmian zawartości azotanów w bulwach ziemniaków w trakcie poszczególnych pomiarów w okresie przechowywania. Wartość współczynników determinacji regresji liniowej (rys. 3) wskazuje, że odmiana Aster, w porównaniu z odmianą Felka, wykazywała większą regularność w zmniejszaniu zawartości azotanów w bulwach ziemniaka w trakcie okresu przechowywania.

W bulwach ziemniaków poddanych działaniu promieniowania mikrofalowego, w porównaniu z próbami kontrolnymi, odnotowano wzmożony proces kiełkowania w końcowych etapach przechowywania materiału badawczego. Efekt taki znajduje uzasadnienie i został on poruszony w pracach autora (Jakubowski 2007).



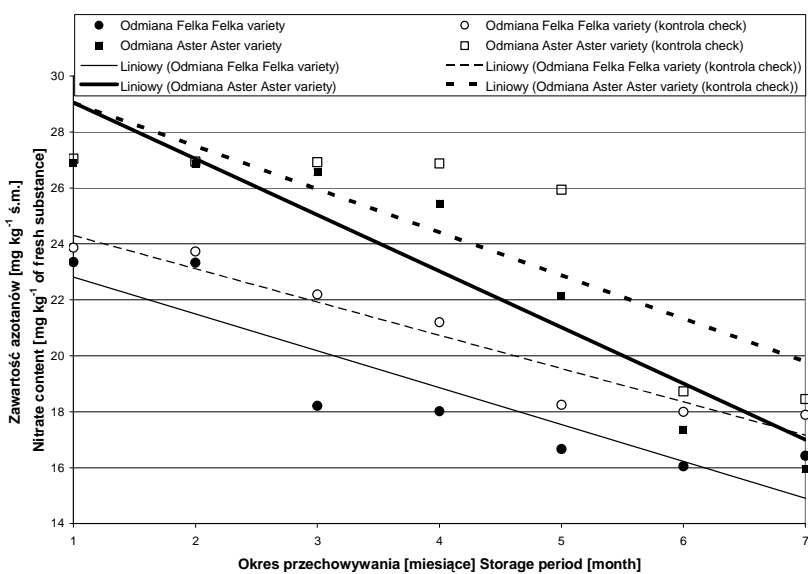
Rys. 1. Zależność pomiędzy jednostkową dawką promieniowania a zawartością azotanów w bulwach ziemniaków odmiany Felka

Fig. 1. Relation between unit radiation dose and nitrate content in potato tubers of Felka variety



Rys. 2. Zależność pomiędzy jednostkową dawką promieniowania a zawartością azotanów w bulwach ziemniaków odmiany Aster

Fig. 2. Relation between unit radiation dose and nitrate content in potato tubers of Aster variety



Rys. 3. Zależność pomiędzy zawartością azotanów a okresem przechowywania bulw ziemniaka

Fig. 3. Relation between nitrate content and potato tubers storage period

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne zależności pomiędzy zawartością azotanów w bulwach ziemniaków odmian Felka i Aster oraz okresem ich przechowywania a wpływem promieniowania mikrofalowego.

2. Bulwy ziemniaków odmian Felka i Aster poddane działaniu mikrofalowi w zakresie 11,5-107,6 J·g⁻¹ dawek jednostkowych wykazywały niższe zawartości azotanów w porównaniu z próbami kontrolnymi.

3. Odmiana Aster, w porównaniu z odmianą Felka, silniej zareagowała na działanie pola mikrofalowego obniżeniem zawartości azotanów w bulwach po okresie przechowywania.

PIŚMIENNICTWO

- Ciećko Z., Żołnowski A., Wyszkowski M., 2004. Plonowanie i zawartość skrobi w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia NPK. *Annales Vol. LIX, Nr 1 Sectio E, Lublin*, 399-406.
- Jakubowski T., 2006. Wpływ mikrofalowej stymulacji sadzoniaków ziemniaka na wzrost i rozwój roślin potomnych. *Materiały konferencyjne "IV Warsztaty Akademickie w Naukach Rolniczych i Medycznych" Rejvíz (Czechy)*, 89.
- 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.
- Lin J.K., 1990. Nitrosamines as potential environmental carcinogens in man. *Ann. Clin. Biochem.*, 29, 39-44.
- Marks N., Lipiec J., Jakubowski T., 2005a. Ocena przydatności metod fizycznych do zwalczania przechowalniczych chorób bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza 7(67)*, 169-175, Kraków.
- Marks N., Jakubowski T., 2005b. Wpływ promieniowania mikrofalowego na trwałość przechowalniczą bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza 6(81)*, 57-64, Kraków.
- Marks N., Jakubowski T., 2007a. Wpływ promieniowania mikrofalowego wytrzymałość statyczną na bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza, 13(88)*, 365-274, Kraków.
- Marks N., Jakubowski T., 2007b. Określenie zależności pomiędzy odpornością bulwy ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne a wielkością dawki promieniowania mikrofalowego. *Materiały konferencyjne VI Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. "Problemy techniki rolniczej i leśnej"*, 81-82, Warszawa.
- Materiały źródłowe Krajowej i Okręgowej Stacji Chemiczno Rolniczej w Krakowie oraz Instytutu Uprawy i Nawożenia Gleb w Warszawie z lat 2000-2006.*
- Mazur Z., Mazur T., 2006. Skutki azotowej eutrofizacji gleb. *Acta Agrophysica*, 8(3), 699-705.
- Mikos-Bielak M., Sawicka B., Rudzińska B., 1999. Azotany i azotyny w bulwach wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR*, 209, 137-147, Radzików.
- Samborski S., 2005. Przemysłowy przerób ziemniaków. *Seria: Polska wieś w Europie Wydawnictwo SGGW*, 1-17, Warszawa.
- Wojciechowska R., 2005. Akumulacja azotanów a jakość produktów ogrodniczych. *Wyd. Coperite*, 21-27, Kraków.

RELATION BETWEEN MICROWAVE RADIATION AND NITRATE CONTENT IN POTATO TUBERS DURING THEIR STORAGE

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 study was to determine the relation between microwave radiation and storage time, and nitrate content in potato tubers. Material under investigation were potato tubers of very early Aster and Felka varieties, originating from crops in field conditions. Weight of each tuber was determined immediately after harvest. Then, the tubers were put in a 100 W and 1000 W microwave field. A microwave generator working at the frequency of 2.45 GHz was used in the tests. Single potato tubers were put in the hermetic generator chamber for 10 sec. Total radiation doses ranged from 1000 to 10000 J, corresponding to 11.5-325.0 J g⁻¹ of unit microwave radiation doses. Substantial relations were found between the content of nitrates in potato tubers of Felka and Aster varieties, their storage period, and the effect of microwave radiation. Potato tubers of Felka and Aster varieties put in microwave field ranging from 11.5 to 107.6 J g⁻¹ of unit doses showed lower nitrate content as compared to control samples. When compared to Felka variety, Aster variety showed stronger reaction to microwave field by lowering nitrate content in tubers after the storage period.

Key words: potato, microwave radiation, nitrates, storage