

*Ewa Cieślik*

*Katedra Żywienia Człowieka Akademii Rolniczej w Krakowie*

## **Czynniki kształtujące zawartość azotanów i azotynów w ziemniakach**

Wśród licznych środków spożywczych dużą rolę w żywieniu człowieka odgrywają ziemniaki. Ich wartość żywieniowa zależy od składu chemicznego i określona jest głównie przez zawartość suchej masy, węglowodanów, białka oraz witaminy C.

Oprócz składników odżywczych ziemniaki mogą zawierać związki szkodliwe dla zdrowia. Do tych ostatnich zaliczamy azotany i azotyny, których dopuszczalna zawartość może być niekiedy znacznie przekroczona. Karłowski i in. [23] informowali o znacznych zawartościach azotanów w ziemniakach pochodzących z terenu całego kraju, w których skrajne ilości dochodziły do 4276 mg/kg.

Ziemniaki należą do roślin kumulujących niewielkie ilości azotanów i azotynów, jednakże ze względu na ich wysokie spożycie są źródłem dużych ilości tych związków. Stwierdzono, że około 86% azotanów występujących w racji pokarmowej pochodzi z warzyw, w tym 27% z ziemniaków [47].

Gromadzenie się azotanów w roślinach jest procesem złożonym i zależy od wielu czynników. Wśród nich wymienia się najczęściej gatunek i odmianę, nawożenie, warunki klimatyczno-glebowe oraz termin zbioru.

Nie wszystkie gatunki roślin wykazują jednakową zdolność do gromadzenia azotanów. Stwierdzono, że największe ilości kumulują warzywa liściaste – szpinak, sałata i kapusta, w których ilości azotanów mogą się wahać od 556,7–9900,5 mg/kg, oraz korzeniowe – burak ćwikłowy i pietruszka, zawierające 403,4–2807,5 mg/kg [49].

Müller [37] zaszeregował ziemniaki do grupy roślin średnio kumulujących azotany, w zakresie od 300–500 mg/kg świeżej masy bulw. W 1993 r. ukazał się w naszym kraju akt prawny, który podaje dopuszczalną zawartość azotanów w ziemniakach, wynoszącą 250 mg  $\text{NaNO}_3$ /kg [43].

Stwierdzono, że nie tylko poszczególne gatunki, ale także w obrębie gatunku – odmiany mogą ujawniać różną zdolność do akumulacji azotanów. Zjawisko to dotyczy również ziemniaków, co potwierdziły liczne badania [16, 29, 38]. Munzert i Lepschy [36] wykazali większy wpływ odmiany niż nawożenia na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka, stwierdzając między odmianami różnice dochodzące do 300%. Jednakże Międzobrodzka i in. [38] wykazali większy wpływ roku uprawy niż odmiany. Badając bulwy 9 odmian ziemniaków jadalnych, najmniejszą zawartość

azotanów (44,3 mg/kg) oraz największą (1042,7 mg/kg) stwierdzili w bulwach tej samej odmiany Uran, uprawianej w SDOO Pokój w dwóch kolejnych latach, 1987 i 1988 [33].

Czynnikiem agrotechnicznym o najsilniejszym działaniu jest nawożenie azotowe; na ogół wysokie dawki nawozów sprzyjają akumulacji azotanów w ziemniakach. Jednakże obok doświadczeń wskazujących na istnienie prostej zależności pomiędzy dawką nawozu a gromadzeniem azotanów i azotynów w bulwach są i takie, które zależności tej nie potwierdzają. Mica i Vokal [30] oraz Munzert i Lepschy [36] nie stwierdzali wpływu nawożenia azotowego na gromadzenie się azotanów w ziemniakach, podczas gdy w badaniach Redy i in. [42], Frydeckiej-Mazurczyk i Zgórskiej [15] wpływ ten był bardzo wyraźny. W miarę wzrostu dawek azotu proporcjonalnie wzrastała zawartość azotanów w bulwach (efekt liniowy wysoce istotny) w przypadku wszystkich badanych odmian [42]. Potwierdziły to wyniki doświadczeń wazonowych przeprowadzone przez Hippe i Müllera [19], przy czym 6-krotny wzrost dawki azotu na jedną roślinę powodował zwiększenie zawartości azotanów w ziemniakach z 200 do 800 ppm [19].

Pewną, jakkolwiek nie decydującą, rolę odgrywa także forma, w jakiej azot został wprowadzony do gleby. Również po zastosowaniu azotu w formie amonowej lub mocznika znajduje się w ziemniakach azotany i azotyny; odgrywają tu rolę procesy nitryfikacyjne oraz tempo, w jakim jony azotanowe są uwalniane do roztworu glebowego [38]. Na proces nagromadzania azotanów wpływają organiczne źródła azotu, które również doprowadzają do przenawożenia gleby, zwłaszcza jeżeli nie zrezygnuje się z równoległego intensywnego nawożenia mineralnego [20]. Potwierdziły to liczne badania, w których stwierdzano wysokie zawartości azotanów w ziemniakach nawożonych gnojowicą [21, 28, 39].

Na zawartość azotanów w warzywach wpływa także nawożenie fosforowo-potasowe [25, 31]. Wyniki doświadczeń przeprowadzonych z fosforem i potasem nie pozwalają jednak na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków dotyczących ziemniaków [4, 21]. Wykazano, że nawożenie ziemniaków wysokimi dawkami azotu, przy równoczesnym niedoborze fosforu w glebie, powodowało zwiększenie ilości azotanów. Z doświadczeń Timma i Riekelsa [cyt. za 26] wynika, że pod wpływem zwiększonej dawki fosforu obniżała się zawartość azotanów w jęczmieniu i cebuli, natomiast w ziemniakach tej zależności nie stwierdzono. Scharrer i Siebel [cyt. za 26] podają, że fosfor powoduje zmniejszenie zawartości azotanów, ale tylko przy niskich i średnich dawkach azotu, natomiast w warunkach wysokiego nawożenia azotowego działanie ochronne fosforu zanika.

Munzert i Lepschy [36] oraz Ciećko i Dziekanowski [4] zaobserwowali, że zwiększone nawożenie potasowe, przy stałym dopływie azotu, było dla zawartości azotanów w bulwach bez znaczenia. Natomiast niedobór potasu, przy jednocześnie dużej ilości azotu, powodował gromadzenie się azotanów oraz azotu organicznego w postaci aminokwasów i amidów.

Szczególnie duże potrzeby pokarmowe ziemniaka, zarówno jeśli chodzi o azot, jak fosfor i potas, wymagają prawidłowego określenia stosunku NPK. W warunkach stosowania niższych dawek azotu Ciećko [3] i Roztropowicz [44] zalecają proporcje NPK 1 : 1 : 1,5.

Wpływ pozostałych składników mineralnych, takich jak wapń i magnez, wydaje się niewielki, mimo że w określonych warunkach uprawy mogą one powodować wzrost lub spadek zawartości azotanów.

Oprócz wymienionych czynników znaczny wpływ na zawartość azotanów wywierają warunki glebowe i klimatyczne [17, 33, 40]. Zaobserwowano, że w tym samym rejonie klimatycznym zawartość azotanów w ziemniakach była różna w zależności od miejsca uprawy [17, 29, 33], odczynu gleby [33] i jej zasobności [12]. Badania wykazały, że warunki klimatyczne modyfikują zawartość składników bulwy, w tym również azotanów [10, 33].

Spośród zabiegów agrotechnicznych istotne znaczenie, oprócz nawożenia, ma zaawansowanie wegetacji roślin. Najwyższe stężenie azotanów było wykrywane we wczesnych stadiach rozwojowych. Na ogół w miarę upływu sezonu wegetacyjnego zawartość azotanów w warzywach malała [24, cyt. za 37].

Ilość azotanów w ostatnim okresie wegetacji obniżała się również w ziemniakach [15, 41, 42]. Najnowsze badania potwierdziły to spostrzeżenie dla odmian bardzo wczesnych [11]. Najwyższe średnie zawartości azotanów (433,7 mg/kg) stwierdzono w bulwach zbieranych po 80 dniach wegetacji. Natomiast w ziemniakach dojrzałych (zbiór po 120 dniach) stwierdzono 40-procentowe zmniejszenie się zawartości tych związków, do 261 mg/kg [11].

Pomiędzy azotanami i azotynami oraz naturalnie występującymi składnikami bulwy mogą zachodzić interakcje wpływające na ilość tych związków. Badania Sikory [45] wykazały ścisłą zależność poziomu azotanów w ziemniakach od zawartości skrobi. Stwierdzono, że odmiany charakteryzujące się wyższą skrobiowością kumulują mniej azotanów. Kilkuletnie badania wykazały ścisłą zależność ilości azotanów od naturalnej zawartości witaminy C w bulwach [8]. Stwierdzono, że zwiększenie zawartości witaminy C o jedną jednostkę może spowodować spadek zawartości azotanów średnio o 25 jednostek [8]. Wykazano również, że zawartość kwasów organicznych: askorbinowego, cytrynowego i chlorogenowego w bulwach jest istotnie skorelowana z ilością azotanów [14]. Obliczone współczynniki korelacji wynosiły odpowiednio:  $-0,77$ ;  $0,56$ ;  $-0,44$  [14]. Nie bez znaczenia jest również zawartość w bulwach składników mineralnych, takich jak molibden, miedź, żelazo, magnez i mangan. Analiza statystyczna wykazała istotną zależność pomiędzy zawartością miedzi ( $r = -0,58$ ) i manganu ( $r = -0,52$ ) a zawartością azotanów [5, 9]. Są one bowiem aktywatorami reduktaz, biorących udział w procesie redukcji azotanów w roślinie. Doświadczenia nawozowe z tymi pierwiastkami potwierdziły tę zależność [35]. Zaobserwowano także ścisłą korelację pomiędzy zawartością azotynów w bulwie a aktywnością reduktazy azotanowej [13].

Oprócz wymienionych czynników na zawartość azotanów i azotynów wpływają procesy technologiczne i przechowywanie.

W piśmiennictwie można znaleźć dużo materiałów dotyczących zmian zawartości azotanów i azotynów w warzywach pod wpływem procesów technologicznych [32, 34]. Dane dotyczące ziemniaka są nieliczne, ograniczają się głównie do parowania i kiszenia odmian pastewnych [22]. Stwierdzono, że podczas parowania zachodzi redukcja azotanów do azotynów, a w ziemniakach zawierających duże ich ilości wzrost tych ostatnich.

Zmiany zawartości azotanów i azotynów zachodzą także w ziemniakach poddanych obróbce kulinarnej. Zazwyczaj, ze względu na dobrą rozpuszczalność tych związków w wodzie, obserwuje się zmniejszenie ich ilości w częściach stałych produktów, natomiast w zalewie i wywarze następuje ich przyrost [2, 48]. Stwierdzono, że w wyniku obróbki wstępnej (obieranie) zawartość azotanów w ziemniakach zmniejszała się o 32% [48], natomiast termicznej (smażenie, gotowanie) o 16–71% w zależności od zastosowanej techniki [6]. Większy spadek poziomu azotanów i azotynów w bulwach uzyskano stosując metody tradycyjne [6].

Zmiany zawartości azotanów i azotynów w bulwach ziemniaka stwierdzono także podczas przechowywania [7, 16, 46].

Sikora i Międzobrodzka [46] wykazały obniżenie się zawartości azotanów w bulwach podczas przechowywania o 75%. Podobne wyniki otrzymali inni autorzy [7, 16].

Wielu autorów zwraca uwagę na gromadzenie się toksycznych azotynów podczas przechowywania świeżych warzyw [1, 18]. W wypadku ziemniaków wzrost zawartości tych związków obserwowano tylko w początkowej fazie przechowywania, po czym następowało stopniowe obniżenie ich ilości [46]. Zmniejszenie zawartości azotynów po sześciomiesięcznym okresie przechowywania ziemniaków wynosiło od 10 do 25% w zależności od miejsca przechowywania [46]. Natomiast badania dwuletnie nie wykazały istotnej zmiany zawartości tych związków w ziemniakach 4 odmian przechowywanych w przechowalni [7].

---

## Podsumowanie

Zawartość azotanów i azotynów oraz innych związków azotowych powstających w wyniku ich przemian może być ważnym kryterium żywieniowej i toksykologicznej oceny wartości zdrowotnej surowców pochodzenia roślinnego. Stwierdzane często wysokie zawartości tych związków w ziemniakach zależą w dużym stopniu od warunków środowiskowych (gleba, klimat) i agrotechnicznych (nawożenie, deszczowanie, uprawa). Poprzez stworzenie optymalnych warunków wzrostu oraz wybór właściwego terminu zbioru wydaje się możliwe uzyskanie najwyższych zawartości składników odżywczych oraz minimalnej ilości związków szkodliwych, takich jak azotany i azotyny.

Ponieważ ziemniaki są w diecie przeciętnego Polaka niezbędne i niezastąpione, a jednocześnie mogą być źródłem toksycznych związków azotowych, zachodzi konieczność stałej kontroli zawartości azotanów i azotynów, jak również dążenia do eliminacji tych związków z żywności.

## Literatura

- [1] Ahrens E., El-Saidy S. 1982. Condition for nitrate formation during storage at leaf vegetables. *Landwirt. Forsch. Sonderheft* **38**: 647–654.
- [2] Becka J., Mica B., Vockal B. 1982. Changes in the content of nitrate nitrogen in raw and boiled potatoes. *Rostl. Vyr.* **28** (2): 181–188.
- [3] Ciećko Z. 1974. Badania nad nawożeniem ziemniaków odmiany Bem. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn, ser. Rolnictwo*, **7**: 279–241.
- [4] Ciećko Z., Dziekanowski A., Nowak G. 1993. Wpływ nawożenia potasem na plonowanie i jakość bulw ziemniaka. *Rocz. Nauk Rol.* **109**(4): 75–86.
- [5] Cieślik E. 1991. Próba zbadania wpływu witaminy C i wybranych makropierwiastków na zawartość azotanów i azotynów w ziemniakach. Mater. Ogólnopol. Symp. "Żywność i żywienie a zdrowie człowieka", Wrocław 9.12.1991. s. 82.
- [6] Cieślik E. 1992. Zmiany zawartości azotanów i azotynów podczas obróbki kulinarnej ziemniaków. *Przem. Spoż.* **10**: 266–267.
- [7] Cieślik E. 1994a. Nitrates and nitrites content in potato tubers after 6-month storage. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* **3/44**(2): 25–29.
- [8] Cieślik E. 1994b. The effect of naturally occurring vitamin C in potato tubers on the levels of nitrates and nitrites. *Food Chem.* **49**: 233–235.
- [9] Cieślik E. 1994c. The interdependence of nitrate and nitrite levels and the content of manganese and copper in potato tubers. Mater. I Krajowy Kongres. "Żywność, żywienie a zdrowie", Warszawa 30.05–1.06.
- [10] Cieślik E. 1995. The effect of weather conditions on the level of nitrates in tubers of some potato varieties. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* **4/45**(3): 11–19.
- [11] Cieślik E. 1995. Zawartość związków azotowych w bulwach ziemniaków w aspekcie żywieniowym i toksykologicznym. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozprawy* **203**.
- [12] Cieślik E., Międzobrodzka A., Sikora E. 1990. Zawartość azotanów i azotynów w ziemniakach uprawianych w różnych warunkach. *Przem. Spoż.* **2-3**: 65–67.
- [13] Cieślik E., Praznik W. 1994. Interrelationship of nitrate reductase activities and selected nitrogen compounds in potato tubers. Mater. Inter. Euro Food IV Confer. "Bioactive substances in food of plant origin", Olsztyn 22–24.09. FECS **193**(1): 60–64.
- [14] Cieślik E., Sawina-Pysz J., Krawontka J. 1994. Zawartość azotanów i azotynów oraz kwasów organicznych w bulwach nowych rodów ziemniaka. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Technologia Żywności* **290**(6): 45–51.
- [15] Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1990. Zawartość azotanów w bulwach kilku odmian ziemniaka w Jadwisinie w 1988 r. *Biul. Inst. Ziem.* **40**: 17–22.
- [16] Gislason J., Dahle H.K., Baerug R., Ronson K. 1984. Nitrate in potatoes. 1. The effect of fertilization and storage on the nitrate content in 5 genotypes grown in widely separated localities. *Potato Res.* **27**(4): 331–337.
- [17] Grassert V., Vogel J., Neubauer W., Bartel W. 1990. Aspekte des Nitratgehalts von Speisekartoffeln unter Berücksichtigung mehrjähriger Ergebnisse. *Der Kartoffelbau* **41**(10): 398–400.

- [18] Hiller A., Skolimowska U., Grzelka M. 1987. Stan mikrobiologiczny a zawartość azotanów i azotynów w warzywach korzeniowych przechowywanych w okresie jesienno-zimowym i narażonych na przemarznięcie. *Brom. Chem. Toksykol.* **20**: 1–7.
- [19] Hippe J., Müller K. 1985. Einfluss differenzierter Stickstoffgaben auf die Gehalte an nitrosierenden und nitrosierbaren Inhaltsstoffen in Kartoffeln, Kohlrabi, Kopfsalat und Tomaten. *Landwirtsch. Forsch.* **37**, Kongressband 1984: 37–42.
- [20] Hoffman H. 1986. Gute Kartoffeln mit richtiger Gulleedüngung. *Die Kartoffelbau* **37(9)**: 350–352.
- [21] Jabłoński K. 1993. Nawożenie ziemniaków. Fundacja Rozwoju SGGW, Warszawa.
- [22] Juszkiwicz T., Cakała S. 1973. Toksykologiczne konsekwencje nawożenia roślin paszowych wysokimi dawkami azotu. *Zesz. Prob. Nauk Rol.* **150**: 181–192.
- [23] Karłowski K., Kłosińska J., Oliwa G., Jambrowicz K., Kahl S. 1988. Azotany i azotyny w żywności. Cz. 3. Warzywa i ziemniaki. *Roczn. PZH* **39(4)**: 291–296.
- [24] Kmiecik W., Lisiewska Z., Jaworska G. 1991. Zawartość wybranych związków azotowych w świeżym i mrożonym bobie w zależności od odmiany i stopnia dojrzałości nasion. *Bromat. Chem. Toksykol.* **24(1)**: 3–4.
- [25] Kołota E., Dobromilska K. 1992. Wpływ nawożenia azotem i fosforem na plonowanie oraz skład mineralny kapusty brukselskiej. *Rocz. Nauk Rol. ser. A* **109**: 107–119.
- [26] Koter Z. 1967. Gromadzenie azotanów w roślinach i ich wpływ na organizm zwierzęcy. *Post. Nauk Rol.* **3(105)**: 15–32.
- [27] Mazur Z., Krzysik K. 1984. Wpływ nawożenia azotowego na pozostałości azotanów i azotynów w warzywach. *Przem. Ferm. Owoc.-Warzyw.* **4**: 22–26.
- [28] Mazur T., Mineev M. V., Debreczeni B. 1993. Nawożenie w rolnictwie biologicznym. ART, Olsztyn.
- [29] Mica B., Becka W. 1984. The content of nitrates and their participation in the total N-content in potato tubers from different localities. *Acta Univ. Agric. Brno ser. A* **32(1)**: 9–15.
- [30] Mica B., Vokal B. 1990. Changes in total and nitrate nitrogen contents in potato varieties and at different fertilizing. *Rostl. Vyr.* **36(4)**: 355–366.
- [31] Michalik H., Bąkowski J., Czapski J. 1982. Wpływ poziomu i formy nawożenia azotem, potasem wraz z wzrastającymi dawkami magnezu i mikrośladników na zawartość azotanów i azotynów w marchwi. *Biul. Warzyw.* **26**: 123–125.
- [32] Michalik H. 1984. Wpływ procesów technologicznych na zawartość azotanów w warzywach. *Przem. Ferm. Owoc. Warzyw.* **11**: 24–26.
- [33] Międzobrodzka A., Cieřlik E., Sikora E., Leszczyńska T. 1992. The effect of environment conditions on the level of nitrates and nitrites in various varieties of potato. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* **1/42(4)**: 45–56.
- [34] Miśkiewicz W. 1988. Wpływ procesów fermentacyjnych stosowanych w przetwórstwie domowym na rozpad azotanów. *Rocz. PZH* **34**: 35–39.
- [35] Munshi C.B., Mondi N.I., 1988. Effect of soil applications of molybdenum on the biochemical composition of Katahdin potatoes: nitrate nitrogen and total glycoalkaloids. *J. Agricult. Food Chem.* **36(4)**: 688–690.
- [36] Munzert M., Lepschy J. 1983. Zur Frage des Nitratgehaltes in Kartoffelknollen. *Der Kartoffelbau* **34(5)**: 163–168.
- [37] Müller K. 1983. Zur Diskussion um den Nitratgehalt in der Kartoffel. *Der Kartoffelbau* **34(6)**: 202–204.
- [38] Müller K., Wedler A. 1987. Ein Beitrag zum Einsatz des Nitrifikationshemmstoffs Dicyandiamid (DCD) zur Verminderung des Nitratgehaltes in Gemüse. *Landwirtsch. Forsch.* **40(1)**: 78–87.
- [39] Nitsch A., Klein K. 1983. Erträge und innere Qualitäten der Kartoffel in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. *Der Kartoffelbau* **34(2)**: 30–34.
- [40] Oertli J.J. 1987. Interaktive Wirkung von Temperatur und Licht auf den Nitratgehalt von Gemüsepflanzen. *Schweiz. Landw. Forsch.* **26(4)**: 483–490.
- [41] Putz B., Bergthaller W., Ocker A.D., Lang H. 1987. Nitratgehalt von Frühkartoffeln aus dem Anbau unter Folie. *Der Kartoffelbau*, **38(2)**, 79–91.

- [42] Reda S., Łajkowska E., Jastrzębska Z. 1993. Wpływ nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwie ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.*, 42: 29–37.
- [43] Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 8. X. 1993 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych pozostałości w środkach spożywczych środków chemicznych stosowanych przy uprawie, ochronie, przechowywaniu i transporcie roślin. *Dz. Ustaw* 104, 1993.
- [44] Roztropowicz S. 1971. Analiza przyczyn wahań w plonach ziemniaków oraz ich niskiego poziomu w skali kraju i województw. *Biul. Inst. Ziemn.* 7: 145–169.
- [45] Sikora E. 1995. Badania zależności pomiędzy zawartością skrobi a poziomem azotanów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Technologia Żywności* 7: (w druku).
- [46] Sikora E., Międzobrodzka A. 1988. Wpływ niektórych czynników na zawartość azotanów i azotynów w korzeniach marchwi i bulwach ziemniaka w czasie przechowywania. Cz. 1. Wpływ czasu i warunków przechowywania. *Brom. Chem. Toksykol.* 21(4): 257–361.
- [47] Stasiak A., Wilska-Jeszka J. 1983. Azotany i azotyny w warzywach — toksyczność i występowanie. *Przem. Ferm. Owoc-Warzyw.* 5: 17–21.
- [48] Szponar L., Mielezko T., Kierzkowska E. 1981. Azotany i azotyny w produktach spożywczych oraz poddanych obróbce wstępnej i termicznej. *Rocz. PZH* 32: 129–140.
- [49] Wawrzyniak A., Gronowska-Senger A., Majchrzak D. 1994. Ocena zawartości azotanów i azotynów w wybranych warzywach stosowanych w żywieniu dzieci hospitalizowanych. Mater. Konf. Nauk. "Azotany/azotyny zagrożenie dla środowiska", Warszawa 26.09.1994.

## Factors affecting the contents of nitrates and nitrites in potato tubers

---

### Summary

This study presents a review of Polish and foreign papers dealing with the effects of various factors on the contents of nitrates and nitrites in potato tubers. The level of nitrates and nitrites in the tubers depends on many factors, among which the most important are the amount of available nitrogen, kind of soil, its richness and reaction as well as variety of climatic conditions during vegetation.

One of the most significant factors affecting the level of nitrates in potatoes is the rate, form and means of fertilizing with nitrogen as well as phosphorus and potassium fertilizing.

It was found that all applied culinary techniques resulted in decreased nitrate and nitrite content in the tubers.

During storage of potato tubers a significant loss in nitrate and nitrite content was observed depending on variety.