

JOANNA KAPUSTA-DUCH, ANNA WISŁA-ŚWIDER, EWELINA NOWAK

OCENA ZAWARTOŚCI AZOTANÓW(V) I AZOTANÓW(III) W KAPUŚCIE KISZONEJ BIAŁEJ CHŁODNICZO SKŁADOWANEJ, POCHODZĄCEJ Z UPRAW KONWENCJONALNYCH I EKOLOGICZNYCH

Streszczenie

Żywność ma zasadniczy wpływ na zdrowie człowieka, a tym samym na długość jego życia. Wzrost zainteresowania naukowców sposobami zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego wytwarzanej żywności w istotny sposób wpłynął na zwiększenie świadomości konsumenta. Zaczął on poszukiwać żywności bezpiecznej, której proces produkcji byłby kontrolowany, czyli żywności, która by nie wpływała negatywnie ani na zdrowie człowieka, ani na środowisko naturalne. Azotany(III) są dużo bardziej toksyczne dla zdrowia człowieka niż azotany(V). Związki te są prekursorami N-nitrozozwiązków, które charakteryzują się właściwościami kancerogennymi, mutagennymi i embriotoksycznymi. Rolnictwo ekologiczne to system produkcji rolniczej wykluczający stosowanie chemicznych środków ochrony roślin, jak również eliminujący wpływ zanieczyszczeń środowiskowych. Głównym celem gospodarstw ekologicznych jest zatem produkcja żywności o dużej wartości biologicznej. Celem pracy była ocena zmian zawartości azotanów(V) i azotanów(III) w kapuście kiszzonej białej pochodzącej z upraw konwencjonalnych i ekologicznych, chłodniczo składowanej przez 3 miesiące w niestandardowych opakowaniach z polietylenu niskiej gęstości, zaopatrzonych dodatkowo w specjalne wentyle umożliwiające odprowadzanie gazów powstających w czasie fermentacji. Tuż po zakupie istotnie większą (o ok. 58 %) zawartość azotanów(III) stwierdzono w kapuście kiszzonej konwencjonalnej w porównaniu z kapustą kiszoną ekologiczną. Zarówno w kiszonce konwencjonalnej, jak i ekologicznej zaobserwowano statystycznie istotny wzrost zawartości azotanów(V) w porównaniu z kiszonką tuż po zakupie. Po 3 miesiącach chłodniczego składowania w kiszonkach nie wykryto zawartości azotanów(III).

Słowa kluczowe: kapusta kiszona biała, zanieczyszczenia chemiczne, azotany(V), azotany(III), chłodnicze przechowywanie

Wprowadzenie

Na jakość zdrowotną żywności składa się bezpieczeństwo produktu oraz jego wartość odżywcza, w tym dietetyczna i energetyczna. Nadmierny poziom azota-

Dr hab. inż. J. Kapusta-Duch, prof. URK, Katedra Żywienia Człowieka i Dietetyki, dr A. Wisła-Świder, dr inż. E. Nowak, Katedra Chemii, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: joanna.kapusta-duch@urk.edu.pl

nów(III), a pośrednio azotanów(V), w żywności może stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka. Według ekspertów Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) oraz Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) dopuszczalne dzienne pobranie (ADI) jonu azotanowego(V) wynosi 3,7 mg/kg masy ciała, a jonu azotanowego(III) – 0,06 mg/kg masy ciała [11]. W Rozporządzeniu Komisji (UE) nr 1258/2011 z 2 grudnia 2011 r. określono najwyższe dopuszczalne poziomy azotanów(V) jedynie dla wybranych warzyw, m.in. dla świeżego i mrożonego szpinaku, świeżej sałaty, sałaty lodowej czy rokiety siewnej (rukoli) [37].

O możliwości kumulowania azotanów (NO_3^-) w roślinach decyduje wiele czynników, m.in. intensywność nawożenia, warunki klimatyczne, zawartość niektórych makro- i mikroelementów w glebie, działanie wybranych herbicydów, porażenie roślin przez grzyby czy sposób przechowywania produktów. Różnice w poziomie azotanów w różnych częściach użytkowych warzyw wiążą się zarówno z translokacją, jak i nasileniem ich metabolizmu [19]. Tendencje wzrostowe zawartości azotanów(V) zaobserwowano w roślinach we wczesnych stadiach rozwojowych, przy niedostatecznym nasłonecznieniu, kwaśnym odczynie gleby, małej wilgotności, braku składników odżywczych takich jak molibden i magnez oraz przy stosowaniu herbicydów [4]. Największą zdolność do kumulowania azotanów(V) mają takie warzywa, jak: pietruszka, sałata, szpinak, rzodkiewka, buraki, seler, por [19]. Toksyczne działanie azotanów(III) polega m.in. na wywoływaniu methemoglobinemii (sinica). Za utlenianie jonu Fe^{2+} hemoglobiny do jonu Fe^{3+} jest odpowiedzialny jon azotanowy(III) powstały w wyniku redukcji azotanów(V) [19, 48]. Azotany(III) mają zdolność do tworzenia nitrozoamin, trwałych związków o silnym działaniu toksycznym, mutagennym, teratogennym i kancerogennym [1]. Z drugiej strony prowadzone są badania kliniczne nad pozytywnym wpływem tlenu azotu na przebieg chorób sercowo-naczyniowych. Związek ten jest najmniejszą aktywną biologicznie cząsteczką, która rozszerza naczynia krwionośne, hamuje agregację płytek krwi oraz przekazuje informacje pomiędzy komórkami. Pozytywnie wpływa na organizm poprzez obniżanie ciśnienia tętniczego krwi, a także zwiększenie wydolności, głównie w czasie wysiłku fizycznego [40].

Spośród warzyw kapustne charakteryzują się średnim (kapusta głowiasta biała) lub niskim (kalafior, kapusta brukselska) stopniem kumulowania tych związków, ale ze względu na masę spożycia mogą one stanowić istotne ich źródło w całodziennej racji pokarmowej. Są to warzywa sezonowe. Niektóre z nich mogą być konsumowane w postaci surowej bądź po uprzednim utrwaleniu przez kwaszenie lub mrożenie [13]. Zawartość azotanów(V) i azotanów(III) w surowcach roślinnych nie może być wykładnikiem faktycznego ich pobrania. Zarówno obróbka wstępna warzyw (mycie i obieranie) jak i procesy kulinarno-technologiczne mogą wpływać na zawartości tych związków [18, 22].

Terminem rolnictwo ekologiczne określa się system produkcji rolniczej wykluczający stosowanie chemicznych środków ochrony roślin, jak również eliminujący wpływ zanieczyszczeń środowiskowych. Głównym celem gospodarstw ekologicznych jest produkcja żywności o dużej wartości biologicznej. Produkcja żywności metodami naturalnymi odbywa się zgodnie z ustalonymi ścisłymi wytycznymi, których przestrzeganie jest nadzorowane przez odpowiednie instytucje. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady WE nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. [39] w *sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych* produkcja ekologiczna jest ogólnym systemem zarządzania gospodarstwem i produkcją żywności, łączącym najkorzystniejsze dla środowiska praktyki, wysoki stopień różnorodności biologicznej, ochronę zasobów naturalnych, stosowanie wysokich standardów dotyczących dobrostanu zwierząt i metodę produkcji odpowiadającą wymaganiom niektórych konsumentów preferujących wyroby wytwarzane przy użyciu substancji naturalnych i naturalnych procesów. Rozporządzenie określa podstawowe wymagania w zakresie produkcji, znakowania i kontroli produktów ekologicznych w sektorze uprawy roślin i chowu zwierząt. Szczegółowe zasady stosowania tych wymagań określa natomiast Rozporządzenie Komisji WE nr 889/2008 z dnia 5 września 2008 r. [38].

Warzywa z upraw ekologicznych zawierają na ogół mniej azotanów(V) niż pochodzące z upraw konwencjonalnych, o czym świadczą wyniki badań z lat 90. Borowskiej i wsp. [1], Leszczyńskiej [26] oraz Rembiałkowskiej [35]. Potwierdzeniem tej obserwacji są kolejne wyniki badań Rembiałkowskiej i wsp. [34] oraz Hallmann i wsp. [14]. Rembiałkowska [36] w pracy przeglądowej na podstawie badań własnych oraz innych autorów wskazuje jednoznacznie, że stosowanie surowców ekologicznych pozwala na zmniejszenie zawartości azotanów(V) i (III) w przeciętnej racji pokarmowej nawet o 50 %. Niezmiernie ważne, zarówno ze strony producenta, jak i konsumenta jest zatem przekonanie, że produkt ekologiczny charakteryzuje najwyższa jakość zdrowotna.

Celem pracy była ocena zmian zawartości azotanów(V) i azotanów(III) w kapuście kiszzonej białej pochodzącej z upraw konwencjonalnych i ekologicznych, chłodniczo składowanej przez 3 miesiące w innowacyjnych opakowaniach strunowych z polietylenu niskiej gęstości (PE-LD), zaopatrzonych dodatkowo w specjalne wentyle umożliwiające odprowadzanie gazów powstające w czasie procesu fermentacji. Dodatkowym celem było poszerzenie i ugruntowanie wiedzy konsumentów na temat bezpieczeństwa zdrowotnego kapusty kiszzonej białej, pochodzącej z uprawy konwencjonalnej i ekologicznej, szczególnie w zakresie obecności zanieczyszczeń chemicznych, takich jak azotany(V) i azotany(III).

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiła kapusta kiszona biała odmiany ‘Kamienna Głowa’ pochodząca z uprawy konwencjonalnej oraz ekologicznej, zapakowana w szczelnie zamknięte opakowania z polietylenu niskiej gęstości, zaopatrzone dodatkowo w specjalne wentyle umożliwiające odprowadzanie gazów powstających w czasie fermentacji. Analizowany material pochodził z końca września 2019 r., a doświadczenie prowadzono przez 3 miesiące. Próbkki kapusty kiszonej (4 opakowania kapusty kiszonej konwencjonalnej i 4 opakowania kapusty kiszonej ekologicznej) pochodziły z tej samej partii produkcyjnej i od tego samego producenta z tzw. zagłębia kapuścianego, czyli gminy Charsznica. Producent posiadał certyfikat gwarantujący, że do produkcji kapusty kiszonej ekologicznej zostały użyte warzywa z upraw ekologicznych oraz że produkt spełniał wymagania określone w Rozporządzeniach Rady (WE) nr 834/2007 i 889/2008 w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych [38, 39]. Próbkki kapusty kiszonej konwencjonalnej i ekologicznej zakupiono w wybranych punktach sprzedaży bezpośredniej na terenie miasta Krakowa. Tuż po zakupie kapusty kiszonej otwarto 1 z 4 opakowań zawierających kapustę kiszoną ekologiczną oraz 1 z 4 opakowań, w których znajdowała się kapusta kiszona konwencjonalna. W materiale tym oznaczano omawiane związki. Analizy wykonywano także po 1, 2 i 3 miesiącach chłodniczego składowania próbek (w temp. 4 - 5 °C) w chłodziarce Whirlpool. Po każdym założonym okresie przechowywania otwierano kolejne opakowania zawierające odpowiedni rodzaj badanej kiszonki.

W średnich, reprezentatywnych próbkkach kapusty wykonywano oznaczenia zawartości: suchej masy metodą suszarkową, zgodnie z PN-A-79011-3:1998 [33] oraz azotanów(V) i azotanów(III) zgodnie z PN-A-75112:1992 [32]. Zasada oznaczania azotanów(V) i azotanów(III) polegała na wywołaniu reakcji barwnej azotanów(III) z dwuchlorowodorkiem N-[1-naftylo]etylenodwuaminy w środowisku kwaśnym poprzez dodanie do analizowanego roztworu odczynników Griessa I (sulfanilamid w określonym roztworze kwasu solnego) i Griessa II (roztwór wodny dwuchlorowodorku N-[1-naftylo]etylenodwuaminy), a następnie kolorymetrycznym pomiarze powstałego kompleksu przy długości fali $\lambda = 538$ nm za pomocą spektrofotometru UV/VIS RayLeigh (Beijing RayLeigh Analytical Instrument Co. Ltd., Chiny). Azotany(V) uprzednio zredukowano do azotanów(III) bezpośrednio sproszkowanym kadmem.

Wszystkie oznaczenia wykonywano w 3 równoległych powtórzeniach ($n = 3$), obliczano wartości średnie i odchylenia standardowe (SD). W celu sprawdzenia istotności różnic między zawartością suchej masy, azotanów(V) i azotanów(III) w badanych próbkkach w zależności od: czasu chłodniczego składowania oraz rodzaju analizowanej kapusty (konwencjonalna oraz ekologiczna), przeprowadzono dwuczynnikową analizę

wariancji. Obliczenia wykonano przy użyciu programu Statistica 9.1. PL. W celu sprawdzenia istotności różnic zastosowano test rozstępu Duncana ($p \leq 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Zawartość suchej masy w próbkach kapusty kiszzonej konwencjonalnej i ekologicznej w zależności od czasu ich przechowywania przedstawiono w tab. 1. Zawartość azotanów(V) i azotanów(III) w próbkach przedstawiono w przeliczeniu na jednostkę masy odpowiadającą sumie jednego kilograma świeżej masy (ś.m.) materiału wyjściowego i ilości wchłoniętej/utraczonej wody w wyniku zastosowanej obróbki technologicznej (tab. 2 i 3). Omówienie wyników przeprowadzono także w przeliczeniu na jednostkę suchej masy (s.m.). Wyeliminowano w ten sposób wpływ rozcieńczenia wodą na zmiany zawartości składnika w jednostce masy materiału doświadczalnego, a wykazano jedynie wpływ zastosowanego procesu technologicznego.

W przypadku kapusty kiszzonej konwencjonalnej zawartość suchej masy na ogół wzrastała statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) wraz z czasem przechowywania w stosunku do kiszonki analizowanej tuż po zakupie (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość suchej masy w kapuście kiszzonej konwencjonalnej i ekologicznej, w zależności od czasu chłodniczego przechowywania

Table 1. Content of dry mass in conventional and organic sauerkraut, depending on refrigerated storage time

Okres przechowywania Storage period [miesiąc / month]	Zawartość suchej masy Content of dry mass [g/100 g]	
	Kapusta kiszona / Sauerkraut	
	Konwencjonalna Conventional	Ekologiczna Organic
0 (tuż po zakupie) (immediately after purchase)	7,0 ^c ± 1,5	6,2 ^{de} ± 0,1
1	6,7 ^{cd} ± 0,05	6,1 ^e ± 0,2
2	7,8 ^b ± 0,01	5,9 ^e ± 0,1
3	8,7 ^a ± 0,1	5,8 ^e ± 0,3

Objaśnienia / Explanatory notes:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; a, b, ... – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ($p \leq 0,05$).

Zaobserwowano, że niezależnie od czasu chłodniczego składowania kapusta kiszona konwencjonalna charakteryzowała się istotnie ($p \leq 0,05$) większą zawartością suchej masy w porównaniu z kapustą kiszoną ekologiczną. Zawartość suchej masy w kapuście kiszzonej konwencjonalnej wynosiła w kolejnych okresach przechowywa-

nia: 7,0 % (tuż po zakupie), 6,7 % (po 1 miesiącu), 7,8 % (po 2 miesiącach) oraz 8,7 % (po 3 miesiącach) – tab. 1.

Czynnikiem warunkującym zawartość suchej masy w produkcie fermentowanym jest przede wszystkim jego zawartość w surowcu, a także odmiana warzywa, termin zbioru, a tym samym długość okresu wegetacji, sposób nawożenia oraz wielkość główek [29]. Wyniki zawartości suchej masy w kiszonkach tuż po zakupie w badaniach własnych korespondują na ogół z danymi literaturowymi [24, 46]. Martinez-Villaluenga i wsp. [29] stwierdzili, że zawartość suchej masy w kapuście kiszzonej z sezonu jesiennego wynosiła 10,51 %, a z sezonu letniego – 8,88 %, średnio zawartość s.m. kształtowała się na poziomie 7,8 %. Wartości te są nieznacznie wyższe w stosunku do wyników, które odnotowano w ciągu 3 miesięcy chłodniczego składowania kiszonek w niniejszej pracy. Z kolei Casado i wsp. [5] wykazali, że zawartość suchej masy w kapuście kiszzonej wynosiła 7,48 %. Podobną wartość (7,88 %) podają Drašković i wsp. [9], a Martinez-Villaluenga i wsp. [29] uznali, że zawartość suchej masy w kiszzonej kapuście kształtuje się na poziomie 7,8 %. Podobne wyniki w badaniach własnych zaobserwowano w kapuście kiszzonej konwencjonalnej po 2 miesiącach chłodniczego składowania. W badaniach Kapusty-Duch i wsp. [21] zawartość suchej masy, nie w kiszonce, ale w kapuście głowiastej białej mieściła się w zakresie $6,63 \div 7,35$ g/100 g w zależności od jej pochodzenia (konwencjonalna versus pochodząca z byłej strefy ochronnej Huty im. T. Sendzimira (obecnie ArcelorMittal Poland, Oddział w Krakowie).

W trakcie przechowywania warzyw następują zmiany zawartości suchej masy. W wyniku procesu oddychania warzyw obserwuje się zmniejszenie zawartości omawianego składnika, z równoczesną stratą wody podczas transpiracji. Biorąc pod uwagę zachodzenie obu procesów w roślinie, po składowaniu może także nastąpić przyrost suchej masy w stosunku do wartości wyjściowej [31], co także zostało zaobserwowane.

Nath i wsp. [30] zaobserwowali mniejsze straty zawartości suchej masy (o 5,51 %) w brokułach przechowywanych chłodniczo przez 144 h w workach polipropylenowych (PP) z mikroperforacją w porównaniu z warzywami składowanymi na perforowanych tackach z tworzywa sztucznego (strata o 27 %). W badaniach Wojciechowskiej i Rożka [46] zawartość suchej masy w główkach czerwonej kapusty długostrawie przechowywanej w warunkach chłodniczych zmalała o $5,5 \div 8,9$ % w zależności od zastosowanej formy azotu nawozowego. W pomidorach wartość tego parametru nie zmieniała się statystycznie istotnie podczas chłodniczego składowania (temp. 7 °C) przez 10 dni [42]. Olszówka i Perucka [31] zaobserwowały zmniejszenie zawartości suchej masy o 2 % w sałacie masłowej przechowywanej w warunkach chłodniczych w workach polietylenowych (PE-LD) przez 7 dni, natomiast po 14

dniach składowania odnotowano nieznaczny wzrost badanego parametru, jednak zmiany te nie były statystycznie istotne.

Po zakupie stwierdzono zbliżoną ($p > 0,05$) zawartość azotanów(V) zarówno w kapuście kiszzonej ekologicznej, jak i konwencjonalnej (tab. 2).

Tabela 2. Zawartość azotanów(V) w kapuście kiszzonej konwencjonalnej i ekologicznej, w zależności od czasu chłodniczego przechowywania (w przeliczeniu na jony NO_3^-)

Table 2. Content of nitrates in conventional and organic sauerkraut, depending on refrigerated storage time (expressed as NO_3^- ions)

Okres przechowywania Storage period [miesiąc / month]	Zawartość azotanów(V) jako NO_3^- Content of nitrates expressed as NO_3^- ions [mg/kg s.m. / mg/kg d.m.]	
	Kapusta kiszona / Sauerkraut	
	Konwencjonalna Conventional	Ekologiczna Organic
0 (tuż po zakupie) (immediately after purchase)	$340^d \pm 21$	$290^d \pm 31$
1	$620^b \pm 18$	$480^c \pm 40$
2	$310^d \pm 9$	$620^b \pm 12$
3	$550^e \pm 40$	$1005^a \pm 96$

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

W przypadku kapusty kiszzonej konwencjonalnej zaobserwowano statystycznie istotny ($p \leq 0,05$) wzrost zawartości azotanów(V) po 1 i 3 miesiącach chłodniczego przechowywania w porównaniu z kiszoną tuż po zakupie (tab. 2). Podobnie w kapuście kiszzonej ekologicznej zaobserwowano statystycznie istotne ($p \leq 0,05$) zwiększenie omawianych związków zarówno po 1, 2, jak i 3 miesiącach chłodniczego przechowywania w porównaniu z kiszoną tuż po zakupie. Po 3 miesiącach chłodniczego przechowywania stwierdzono niemal 2-krotnie większą zawartość azotanów(V) w kapuście kiszzonej ekologicznej w stosunku do kapusty kiszzonej konwencjonalnej.

Hallmann i wsp. [14] podczas 2-letniego eksperymentu porównali kapustę białą odmiany 'Sufama' pochodzącą z upraw konwencjonalnych i ekologicznych. Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazały na istotnie mniejszą zawartość azotanów(V) w kapuście pochodzącej z upraw ekologicznych, w porównaniu z kapustą uprawianą konwencjonalnie. W kolejnych 2 latach wymienieni autorzy wykazali bardzo małe zawartości omawianych związków w kapuście pochodzącej z upraw ekologicznych odpowiednio: 0,50 i 0,47 g/kg ś.m. Mniejszą zawartość azotanów(V) w kapuście głowiastej białej ekologicznej w porównaniu z pochodzącą z upraw konwencjonalnych odnotowali również Leszczyńska [26] oraz Wawrzyniak i wsp. [43].

Wyniki dotyczące zawartości azotanów(V) w kiszunkach tuż po zakupie, otrzymane w toku tej pracy, korespondują na ogół z danymi literaturowymi dotyczącymi

zawartości tych związków, ale w świeżej, a nie ukiszonej kapuście głowiastej białej i czerwonej. Gajewska i wsp. [12] zaobserwowali, że zawartość azotanów(V) w kapuście głowiastej białej z okresu wiosenno-letniego mieściła się w granicach $75,0 \div 915,2$ mg NaNO_3/kg ś.m., natomiast z sezonu jesienno-zimowego – $30,5 \div 655,4$ mg NaNO_3/kg ś.m. Zawartość azotanów(V) w analizowanej w toku tej pracy białej kapuście kiszzonej wynosiła $50,6$ mg/kg ś.m. w przeliczeniu na jony NO_3^- , a przedstawiając wynik jako ilość NaNO_3 , wartość ta wynosiła $69,3$ mg/kg ś.m. Du i wsp. [10] raportowali o zawartości azotanów(V) w kapuście białej na poziomie $259 \div 1250$ mg NO_3^-/kg ś.m., co przewyższa wyniki uzyskane w badaniach własnych. Wojciechowska i Rożek [46] podają, że zawartość azotanów(V) w świeżej kapuście głowiastej czerwonej była równa $958,7$ mg NO_3^-/kg ś.m., co jest wynikiem niższym od uzyskanego w niniejszej pracy. Zdolność kumulowania azotanów(V) przez warzywa może wynikać z czynników genetycznych i jest cechą charakterystyczną dla danego gatunku lub konkretnej odmiany roślin uprawnych, stąd zapewne znaczne rozbieżności pomiędzy wartościami podawanymi przez różnych autorów [12].

W niniejszej pracy zaobserwowano na ogół statystycznie istotne wahania zawartości azotanów(V) w próbkach kiszzonej kapusty składowanych chłodniczo przez 3 miesiące. Podobne, niejednoznaczne tendencje opisują autorzy w odniesieniu do różnych gatunków warzyw. W badaniach Kapusty-Duch i Leszczyńskiej [20] zawartość azotanów(V) w kiszzonej kapuście (bezpośrednio po zakupie) wynosiła 522 mg/kg s.m. Po miesiącu przechowywania kiszonki w torebce strunowej (PE-LD) ilość tych związków wynosiła $84,9$ mg/kg s.m. Po 2 i 3 miesiącach chłodniczego składowania w opakowaniu z PE-LD zawartość analizowanego składnika wynosiła odpowiednio: 247 i 176 mg/kg s.m., co znacznie przewyższa wyniki uzyskane w toku niniejszej pracy. W przypadku kiszzonek przechowywanych w torbach wykonanych z metalizowanego PET (PET met/PE) zawartość azotanów(V) po 1, 2 i 3 miesiącach chłodniczego przechowywania wynosiła odpowiednio: 139 , 520 i 156 mg/kg s.m. kiszonki. Wojciechowska i Rożek [46] odnotowali wzrost o $22,3$ % zawartości azotanów(V) w czerwonej kapuście głowiastej przechowywanej chłodniczo przez 4 miesiące. Są to wyniki dużo wyższe od uzyskanych w niniejszej pracy. W przypadku sałaty masłowej przechowywanej chłodniczo przez 14 dni w woreczkach polietylenowych (PE) zaobserwowano po 7 dniach wzrost o $36,4$ % omawianych związków, a następnie ich zmniejszenie o $6,8$ % po 14 dniach składowania w stosunku do warzywa przed zapakowaniem [31]. Duży ubytek omawianych związków ($46 \div 49$ %) w różnych odmianach amarantusa przechowywanego w temp. 4 °C zauważyli Chew i wsp. [7]. Zmniejszenie zawartości azotanów(V) w przechowywanych warzywach mogło być spowodowane ich przekształcaniem do azotanów(III). Niewłaściwe warunki składowania surowców roślinnych, w tym wyższa niż zalecana temperatura oraz brak dostępu tlenu mogą być przy-

czyną niepożądanych przemian biochemicznych, które mogą wpływać na zmiany zawartości azotanów(V) [25].

Warzywa uprawiane w warunkach ekologicznych zawierają zdecydowanie mniej azotanów(V) i azotanów(III), czego dowiedli w swoich badaniach Woese i wsp. [45], Worthington [47], Bourn i Prescott [2], Westerveld i wsp. [44], Chen [6] oraz w 2017 r. Li i wsp. [27]. Wymienieni autorzy stwierdzili również, że wpływ systemu uprawy na zawartość azotanów zaznacza się szczególnie silnie w warzywach liściastych. W przypadku niektórych gatunków warzyw pochodzących z upraw ekologicznych i konwencjonalnych różnice zawartości azotanów(V) nie są duże. Łatwo rozpuszczalne i dostępne formy nawozów azotowych i amonowych są szybko przyswajane przez rośliny i odkładane w ich tkankach w postaci azotanów. Z kolei nawożenie organiczne powoduje mniejszą akumulację azotanów niż mineralne. Na stopień kumulacji azotanów(V) w warzywach mogą również wpływać: rodzaj, zasobność i odczyn gleby, ilość opadów w czasie wegetacji oraz nasłonecznienie [4, 34]. Poziom azotanów(V) w warzywach zależy nie tylko od warunków uprawy, ale również od ich biologicznych cech. Poszczególne fragmenty rośliny kumulują zróżnicowane zawartości azotanów(V). Z korzeni są one transportowane przede wszystkim do liści. Tam zachodzi ich biotransformacja, dlatego w warzywach liściastych jest ich na ogół więcej niż w innych. Najwięcej azotanów(V) gromadzi się w roślinach w pierwszych dniach po nawożeniu azotem, a także w roślinach, w których nastąpiło ograniczenie procesu fotosyntezy, dlatego w porze rannej zawartość azotanów(V) w roślinach jest większa niż po południu. Azotany(V) i azotany(III) mogą także powstawać podczas przechowywania produktów (warzyw) w chłodniach i zamrażalnicach na drodze przekształcania związków azotowych [23].

W niniejszych badaniach wszystkie opakowania z kiszonkami były przechowywane w jednakowych warunkach. Identyfikacyjnie pobierano próbki z opakowań oryginalnie zamkniętych. Przyczyną istotnie większych zawartości azotanów(V) w kapuście kiszzonej ekologicznej po 3 miesiącach chłodniczego składowania być może było zalanie wentyli odprowadzających gazy na etapie dystrybucji produktów od producenta do punktu sprzedaży bezpośredniej, co przyczyniło się do tak dużych wzrostów omawianych związków.

Zawartość azotanów(III) oznaczono zarówno w kiszonce ekologicznej, jak i konwencjonalnej bezpośrednio po zakupie, a po 2 miesiącach chłodniczego składowania w kapuście kiszzonej ekologicznej (tab. 3). Konwencjonalna kapusta kiszona tuż po zakupie zawierała statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) więcej azotanów(III) niż kiszonka ekologiczna. W badaniach przeprowadzonych po 1 i 3 miesiącach chłodniczego składowania potwierdzono brak potencjalnie niebezpiecznych azotanów(III) w analizowanych kapustach kiszonych, niezależnie od ich pochodzenia.

Poziom azotanów(III) w świeżych, nieuszkodzonych i prawidłowo przechowywanych warzywach jest niski prawdopodobnie dzięki zachowanej równowadze pomiędzy reduktazą azotynową a reduktazą azotanową. Podczas fermentacji zawartość azotanów(III) wzrasta w wyniku mikrobiologicznego rozkładu azotanów(V) i działania endogennej reduktazy azotanowej. Na ilość tych związków wpływa liczba i rodzaj szczepów bakterii kwasu mlekowego. Podczas chłodniczego przechowywania akumulacja azotanów(III) może zostać zahamowana [10].

Tabela 3. Zawartość azotanów(III) w kapuście kiszzonej konwencjonalnej i ekologicznej, w zależności od czasu chłodniczego przechowywania (w przeliczeniu na jony NO_2^-)

Table 3. Content of nitrites in conventional and organic sauerkraut, depending on refrigerated storage time (expressed as NO_2^- ions)

Okres przechowywania Storage period [miesiąc / month]	Zawartość azotanów(III) jako NO_2^- Content of nitrites expressed as NO_2^- ions [mg/kg s.m. / mg/kg d.m.]	
	Kapusta kiszona / Sauerkraut	
	Konwencjonalna Conventional	Ekologiczna Organic
0 (tuż po zakupie) (immediately after purchase)	27,3 ^a ± 2,1	11,5 ^b ± 3,2
1	0,0 ^d ± 0,00	0,0 ^d ± 0,00
2	0,0 ^d ± 0,00	6,8 ^c ± 0,04
3	0,0 ^d ± 0,00	0,0 ^d ± 0,00

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Hallmann i wsp. [14] przeprowadzili dwuletni eksperyment, podczas którego porównano kapustę białą odmiany ‘Sufama’ pochodzącą z upraw konwencjonalnych i ekologicznych. Uzyskane wyniki, podobnie jak w przypadku omówionych wcześniej azotanów(V), jednoznacznie wskazały na istotnie mniejszą zawartość azotanów(III) w kapuście pochodzącej z upraw ekologicznych (w 2 latach odpowiednio: 0,55 i 0,45 mg/kg ś.m.) w porównaniu z kapustą uprawianą konwencjonalnie (w 2 latach odpowiednio: 0,78 i 0,64 mg/kg ś.m.).

Hou i wsp. [16] określili zawartość azotanów(III) w kapuście kiszzonej zapakowanej (3,08 mg/kg ś.m.) oraz niezapakowanej (6,41 mg/kg ś.m.). Wartości te były zdecydowanie większe od wyników uzyskanych w niniejszej pracy. Hord i wsp. [15] podali, że kapusta głowiasta biała odznaczała się zawartością azotanów(III) na poziomie 0 ÷ 0,041 mg/100 g ś.m. Są to wartości mniejsze w porównaniu z uzyskanymi w niniejszej pracy. Czech i wsp. [8] odnotowali natomiast, że w kapuście głowiastej białej pochodzącej z Lublina zawartość azotanów(III) wynosiła 0,64 mg/kg ś.m., a z Katowic – 0,76 mg/kg ś.m. Zawartość azotanów(III) w surowych warzywach z rodziny krzyżowych przedstawiona przez Leszczyńską [26] wahała się od 1,47 mg/kg ś.m. w zielo-

nym kalafiorze do 3,49 mg/kg ś.m. w białym kalafiorze. Zbliżone wartości do uzyskanych w badaniach własnych deklarowała Śmiechowska [41] – 0,2 ÷ 3,3 mg/kg ś.m. Według Gajewskiej i wsp. [12] w białej kapuście z okresu wiosenno-letniego zawartość azotanów(III) wynosiła 0,9 mg NaNO₂/kg ś.m., a w okresie jesienno-zimowym – 1,1 mg NaNO₂/kg ś.m. Wartości te są nieznacznie wyższe od uzyskanych w badaniach własnych. Du i wsp. [10] stwierdzili w kapuście głowiastej białej zawartość azotanów(III) mieszczącą się w granicach 0,00 ÷ 0,41 mg NO₂⁻/kg ś.m., czyli minimalnie niższą od wartości uzyskanej w toku tej pracy. Większą ilość tych związków stwierdzono w sałacie i to zarówno w okresie wiosenno-letnim, jak i jesienno-zimowym (odpowiednio: 2,3 i 2,9 mg NaNO₂/kg ś.m.), a także w burakach ćwikłowych z tych samych okresów (odpowiednio: 1,5 i 1,8 mg NaNO₂/kg ś.m.). Wykazano niewielkie zdolności kumulowania tych składników w pomidorach, marchwi i ogórkach (ok. 0,6 mg NaNO₂/kg ś.m.) [12]. W niektórych pracach autorzy w ogóle nie stwierdzili obecności azotanów(III) w badanych warzywach, jak Hsu i wsp. [17] w szpinaku angielskim, kapuście chińskiej, czy sałacie lodowej, Huarte-Mendicoa i wsp. [18] w brokułach, co pokrywa się z częścią wyników uzyskanych w toku tej pracy.

Kapusta-Duch i wsp. [20] podają, że zawartość azotanów(III) w kapuście kiszzonej przed przechowywaniem wynosiła 0,60 mg/kg s.m., co pokrywa się z wartością oznaczoną w niniejszej pracy w przypadku kiszonki ekologicznej tuż po zakupie. Z badań Kapusty-Duch i wsp. [20] wynika, że kiszonki przechowywane chłodniczo w torebkach z PEL-LD z zamknięciem strunowym przez 1, 2 i 3 miesiące zawierały azotany(III) w ilościach odpowiednio: 0,70, 1,10 i 0,60 mg/kg s.m. Z kolei w kiszonkach przechowywanych w torebkach z metalizowanego PET (PET met/PE) wartości te kształtowały się następująco: po 1 miesiącu – 0,80 mg/kg s.m., po 2 miesiącach – 1,80 mg/kg s.m., a po 3 miesiącach chłodniczego składowania – 1,10 mg/kg s.m. warzywa. W badaniach własnych w kapuście kiszzonej konwencjonalnej tuż po zakupie zaobserwowano większą zawartość azotanów(III) w porównaniu z podanymi wyżej wartościami. Podczas 3 miesięcy przechowywania kiszzonek nie wykryto na ogół azotanów(III). Wyjątkiem była kiszonka ekologiczna po 2 miesiącach chłodniczego przechowywania. Mniejsze straty zawartości azotanów(III) – o 27,5 % – stwierdzono w sałacie masłowej przechowywanej chłodniczo przez 14 dni [31]. Wzrost zawartości azotanów(III) w granicach 54 ÷ 70 % w blanszowanym amarantusie po 4 dniach chłodniczego składowania odnotowali Chew i wsp. [7]. Hou i wsp. [16] zaobserwowała, że obecność opakowania wpływa istotnie na zawartość omawianych związków. W warzywach zapakowanych ich ilość była 2-krotnie mniejsza niż w surowcach bez opakowań.

Brak danych w publikacjach innych autorów dotyczących wpływu chłodniczego przechowywania kapusty kiszzonej w tego typu innowacyjnych opakowaniach (z wen-

tylem) na zmiany zawartości azotanów(V) i azotanów(III) nie pozwolił na wyczerpujące zweryfikowanie otrzymanych wyników.

Wnioski

1. Kapusta kiszona konwencjonalna charakteryzowała się istotnie większą zawartością suchej masy w porównaniu z kapustą kiszoną ekologiczną. W kapuście kiszonej ekologicznej zawartość suchej masy przez cały okres trwania doświadczenia była zbliżona, a w kiszonce konwencjonalnej na ogół wzrastała statystycznie istotnie wraz z czasem przechowywania.
2. Zarówno w przypadku kiszunki konwencjonalnej, jak i ekologicznej zaobserwowano na ogół statystycznie istotny wzrost zawartości azotanów(V) w porównaniu z kiszunką tuż po zakupie. Po 3 miesiącach przechowywania stwierdzono niemal 2 razy większą zawartość azotanów(V) w kapuście kiszonej ekologicznej w stosunku do kapusty kiszanej konwencjonalnej. Najprawdopodobniej wynikało to z zalania wentyli odprowadzających gazy podczas transportu kiszonek od producenta do punktów sprzedaży bezpośredniej.
3. Tuż po zakupie istotnie większą (o ok. 58 %) zawartość azotanów(III) stwierdzono w kapuście kiszanej konwencjonalnej w porównaniu z kapustą kiszoną ekologiczną. Podczas 3 miesięcy przechowywania w kiszunkach nie stwierdzono obecności azotanów(III) poza jednym wyjątkiem, którym była kiszunka ekologiczna po 2-miesięcznym okresie chłodniczego przechowywania.

Literatura

- [1] Borowska M., Omieljaniuk N., Rostowski J., Otlog T., Hamid F.: Zawartość azotanów i azotynów w wybranych warzywach i ziemniakach dostępnych w handlu Białegostoku w latach 1991 - 1992. *Rocz. PZH*, 1994, 45, 89-96.
- [2] Bourn D., Prescott J.: A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2002, 42 (1), 1-34.
- [3] Bryan N.S., Ivy J.L.: Inorganic nitrite and nitrate: Evidence to support consideration as dietary nutrients. *Nutr. Res.*, 2015, 35 (8), 643-654.
- [4] Brzozowska A.: Toksykologia żywności. Wyd. SGGW, Warszawa 2004.
- [5] Casado F.J., Lopez A., Rejano L., Sanchez A.H., Montano A.: Nutritional composition of commercial pickled garlic. *Eur. Food Res. Technol.*, 2004, 219, 355-359.
- [6] Chen C.M.: Organic fruits and vegetables: Potential health benefits and risks. *Nutrition Noteworthy*, 2005, 7 (1), #0c6386bt.
- [7] Chew S.C., Prasad K.N., Bao Y., Ismail A.: Changes in nitrate and nitrite levels of blanched amaranthus during refrigeration storage. *Malaysian J. Health Sci.*, 2011, 9 (1), 29-34.
- [8] Czech A., Pawlik M., Rusinek E.: Contents of heavy metals, nitrates, and nitrites in cabbage. *Pol. J. Environ. Stud.*, 2012, 21 (2), 321-329.

- [9] Drasković M., Tepić Horecki A., Sumić Z., Malbasa R., Vitas J., Pavlič B., Vakula A.: Variation of bioactive compounds content in fermented cabbage: Influence of fermentation temperature. *J. Proc. Energy Agric.*, 2017, 21 (3), 136-141.
- [10] Du S., Zhang Y., Lin X.: Accumulation of nitrate in vegetables and its possible implications of human health. *Agric. Sci. China.*, 2007, 6 (10), 1246-1255.
- [11] FAO/WHO: Safety evaluation of certain food additives. WHO Food Additives Series, 2003, 50, 1053-1071.
- [12] Gajewska M., Czajkowska A., Bartodziejska B.: Zawartość azotanów(III) i (V) w wybranych warzywach dostępnych w handlu detalicznym regionu łódzkiego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2009, 40, 388-395.
- [13] Gębczyński P.: Zmiany ilościowe wybranych składników chemicznych w procesie mrożenia i zamrażalniczego składowania głównych i bocznych róż brokołu. *Technol. Alim.*, 2003, 2 (1), 31-39.
- [14] Hallmann E., Kazimierzczak R., Marszałek K., Drela N., Kiernożek E., Toomik P., Matt D., Luik A., Rembiałkowska E.: The nutritive value of organic and conventional white cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) and anti-apoptotic activity in gastric adenocarcinoma cells of sauerkraut juice produced thereof. *J. Agric. Food Chem.*, 2017, 65, 8171-8183.
- [15] Hord N.G., Tang Y., Bryan N.S.: Food sources of nitrates and nitrites: The physiologic context for potential health benefits. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2009, 90 (1), 1-10.
- [16] Hou J.C., Jijang C., Long Z.: Nitrite level of pickled vegetables in Northeast China. *Food Control.*, 2013, 29, 7-10.
- [17] Hsu J., Arcot J., Lee N.A.: Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. *Food Chem.*, 2009, 115, 334-339.
- [18] Huarte-Mendicoa J.C., Astiasaran I., Bello J.: Nitrate and nitrite levels in fresh and frozen broccoli. Effect of freezing and cooking. *Food Chem.*, 1997, 58 (1-2), 39-42.
- [19] Iammarino M., Di Taranto A., Cristino M.: Monitoring of nitrites and nitrate levels in leafy vegetables (spinach and lettuce): A contribution to risk assessment. *J. Sci. Food Agric.*, 2014, 15, 773-778.
- [20] Kapusta-Duch J., Leszczyńska T., Boreczak B.: Effect of packages on nitrates and nitrites contents in sauerkrauts. *Ecol. Chem. Eng. A.*, 2016, 23 (1), 89-99.
- [21] Kapusta-Duch J., Leszczyńska T.: Comparison of vitamin C and β -carotene in cruciferous vegetables grown in diversified ecological conditions. *Pol. J. Environ. Stud.*, 2013, 22, 167-173.
- [22] Kmiecik W., Lisiewska Z., Słupski J.: Effects of freezing and storing of frozen products on the content of nitrates, nitrites, and oxalates in dill (*Anethum graveolens* L.). *Food Chem.*, 2004, 86, 105-111.
- [23] Kośla T.: Biologiczne i chemiczne zanieczyszczenia produktów rolniczych. Wyd. SGGW, Warszawa 1999.
- [24] Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B.: Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2017.
- [25] Leszczyńska T., Filipiak-Florkiewicz A., Cieślik E., Sikora E.: Effects of some processing methods on nitrate and nitrite changes in cruciferous vegetables. *J. Food Comp. Anal.*, 2009, 22, 315-321.
- [26] Leszczyńska T.: Azotany i azotyny w warzywach pochodzących z upraw konwencjonalnych i ekologicznych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1996, 29, 289-293.
- [27] Li S., Li J., Zhang B., Li D., Li G., Li Y.: Effect of different organic fertilizers application on growth and environmental risk of nitrate under a vegetable field. *Sci. Rep.*, 2017, 7, #17020.
- [28] Lucarini M., D'Evoli L., Tufi S., Gabrielli P., Paoletti S., Di Ferdinando S., Lombardi-Boccia G.: Influence of growing system on nitrate accumulation in two varieties of lettuce and red radicchio of Treviso. *J. Sci. Food Agric.*, 2012, 92, 2796-2799.
- [29] Martinez-Villaluenga C., Penas E., Frias J., Ciska E., Honke J., Piskula M.K., Kozłowska H., Vidal-Valverde C.: Influence of fermentation conditions on glucosinolates, ascorbigen, and ascorbic acid

- content in white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* cv. Taler) cultivated in different seasons. *J. Food Sci.*, 2009, 74 (1), 62-67.
- [30] Nath A., Bagchi B., Misra L.K., Deka B.C.: Changes in post-harvest phytochemical qualities of broccoli florets during ambient and refrigerated storage. *Food Chem.*, 2011, 127, 1510-1514.
- [31] Olszówka K., Perucka I.: The effect of CaCl_2 foliar treatment (before harvest) on the accumulation of nitrates and nitrites in fresh and stored butterhead lettuce. *Acta Sci. Pol. Hort. Cult.*, 2011, 10 (4), 27-35.
- [32] PN-A-75112:1992. Owoce, warzywa i ich przetwory. Oznaczanie zawartości azotynów i azotanów.
- [33] PN-A-79011-3:1998. Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości wody.
- [34] Rembiałkowska E., Kacprzak H., Sokołowska J.: Jakość zdrowotna warzyw ekologicznych i konwencjonalnych z dawnego woj. kieleckiego. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2001, 34, 49-57.
- [35] Rembiałkowska E.: Comparison of the contents of nitrates, lead, cadmium and vitamin C in potatoes from conventional and ecological farms. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 1999, 8, 17-26.
- [36] Rembiałkowska E.: Jakość żywności pochodzącej z gospodarstw organicznych. Jakość żywności a rolnictwo ekologiczne. *Wyd. Nauk. PTTŻ, Kraków 2002.*
- [37] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1258/2011 z dnia 2 grudnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów azotanów w środkach spożywczych. *Dz. U. L 320*, ss. 15-17, z 3.12.2011.
- [38] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 889/2008 z dnia 5 września 2008 r. ustanawiające szczegółowe zasady wdrażania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych w odniesieniu do produkcji ekologicznej, znakowania i kontroli. *Dz. U. L 250*, ss. 1-84, z 18.09.2008.
- [39] Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91. *Dz. U. L 189*, ss. 1-23, z 20.07.2007.
- [40] Sindler A.L., Devan A.E., Fleenor B.S., Seals D.R.: Inorganic nitrite supplementation for healthy arterial aging. *J. Appl. Physiol.*, 2014, 116 (5), 463-477.
- [41] Śmiechowska M.: Studia nad produkcją, jakością i konsumpcją żywności ekologicznej. Zawartość azotanów i azotynów w warzywach. *Prace naukowe. Wyd. Akademii Morskiej, Gdynia 2002*, ss. 104-110.
- [42] Toor R.K., Savage G.P.: Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chem.*, 2006, 99, 724-727.
- [43] Wawrzyniak A., Hamułka J., Gołębiewska M.: Ocena zawartości azotanów(V) i azotanów(III) w wybranych warzywach uprawianych konwencjonalnie i ekologicznie. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2004, 37, 341-345.
- [44] Westerveld S.M., McKeown A.W., Scott-Dupre C.D., McDonald M.R.: Assessment of chlorophyll and nitrate matters as field tissue N test for cabbage, onion and carrots. *Hort. Technol.*, 2004, 14, 179-188.
- [45] Woese K., Lange D., Boess C., Bogl K.W.: A comparison of organically and conventionally grown foods. Results of a review of the relevant literature. *J. Sci. Food Agric.*, 1997, 74, 281-293.
- [46] Wojciechowska R., Rożek S.: Zawartość wybranych składników w plonie kapusty czerwonej w zależności od formy azotu nawozowego. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 2009, 539, 759-764.
- [47] Worthington V.: Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables and grains. *J. Alter Compl. Med.*, 2001, 7, 161-173.
- [48] Xu J., Hao Z., Xie C., Lv X., Yang Y., Xu X.: Promotion effect of Fe^{2+} and Fe_3O_4 on nitrate reduction using zero-valent iron. *Desalination.*, 2012, 284, 9-13.

CONTENT EVALUATION OF NITRATES AND NITRITES IN WHITE SAUERKRAUT KEPT IN COLD STORAGE AND PRODUCED FROM CONVENTIONAL AND ORGANIC CULTIVATION

S u m m a r y

Food has a fundamental impact on human health and therefore on the length of human life. Consumer awareness has significantly increased owing to the growing interest of scientists in the methods to ensure health safety of the produced food. Consumers have begun to look for safe food, which production process would be monitored from the beginning to the end, i.e. for the food that would not adversely affect human health or the natural environment. Nitrites are much more toxic to human health than nitrates. Those compounds are N-nitro compounds precursors characterised by carcinogenic, mutagenic and embryotoxic features. Organic farming is an agricultural production system to exclude the use of chemical plant protection products and to eliminate the impact of environmental pollution. Therefore, the main goal of organic farms is to produce foods of a high biological value. The objective of the research study was to compare changes in the content of nitrates and nitrites in white sauerkraut produced from conventional and organic cultivation, kept in cold storage during 3 consecutive months in non-standard packets made of low-density polyethylene and additionally equipped with special valves to enable the discharge of gases generated during fermentation. Immediately after purchase a significantly higher (ca. 58 %) content of nitrites was found in the conventional sauerkraut compared to the organic sauerkraut. Both in the conventional and the organic sauerkraut a statistically significant increase was reported in the content of nitrates compared to the sauerkraut immediately after purchase. After a 3-month period of cold storage no nitrites were detected in the sauerkrauts analysed.

Key words: white sauerkraut, chemical contamination, nitrates, nitrites, refrigerated storage ☒