

JOANNA GIL

Uniwersytet Rolniczy  
im. H. Kołłątaja w Krakowie  
ORCID: 0000-0001-9801-7983

ZUZANNA RABIEJ

studentka Uniwersytetu  
Rolniczego w Krakowie

DOI: 10.4467/12311960MN.24.022.20015

# Właściwości antyoksydacyjne wybranych produktów przetwarzania czosnku zwyczajnego (*Allium sativum* L.)

## Antioxidant properties of selected processed products of garlic (*Allium sativum* L.).

### Summary

Garlic (*Allium sativum* L.) is a plant from the *Allioideae* subfamily belonging to the *Amaryllidaceae* family, and it is cultivated as a one or two-year bulbous plant<sup>1</sup>. It is one of the most extensively researched medicinal herbs, widely used both in medicine and cuisine as a food ingredient and spice. *Allium sativum* has been present in the human diet since ancient times due to its medicinal properties. Traditionally, it has been used for various purposes, both orally and topically<sup>2</sup>. Pharmacologically, it has antihyperlipidemic, antihypertensive, antibacterial, antifungal, antiprotozoal, antidiabetic, anticarcinogenic, hepatoprotective, antiviral, immunomodulatory and hypoglycemic effects<sup>3</sup>. These properties are associated

<sup>1</sup> B. Muszyńska, M. Białek, M. Łojewski, *Czosnek – Allium Sativum właściwości prozdrowotne*, Kraków 2014, s. 3–8.

<sup>2</sup> M. Johns Cupp, *Toxicology and clinical pharmacology of herbal products*, Humana Press, New Jersey 2000; M. Rotblatt, I. Ziment, *Evidence-based herbal medicine*, Hanley and Belfus Inc., Philadelphia 2002; V. Schulz, R. Hansel, M. Blumenthal, V.E. Tyler, *Rational phytotherapy*, Springer-Verlag, Berlin 2004; E. Ernst, M.H. Pittler, B. Wider, *The Desktop guide to complementary and alternative medicine*, Mosby Elsevier, Philadelphia 2006; M. Afzaal, F. Saeed, R. Rasheed, M. Hussain, M. Aamir, S. Hussain, A.A. Mohamed, M.S. Alamri, F. Anjum, *Nutritional, biological, and therapeutic properties of black garlic: a critical review*, "J. Food Prop." 2021, nr 24, s. 1387–1402.

<sup>3</sup> Ch. Onuora, C.T. Ofili, S. Salawu, I. Elimian, H. Shehu, *Therapeutic Effects of Garlic: A Review*, "Scientific Journal of Biology & Life Sciences" 2019, nr 1(1); S. Surma,

with the high antioxidant activity of garlic and the presence of volatile sulfur compounds (alliin, allicin, diallyl disulfide, ajoene, and many others), which are also responsible for the pungent taste of this vegetable<sup>4</sup>. Garlic plays a significant role in culture, especially in the context of culinary traditions<sup>5</sup>. Nevertheless, as a result of various food processing methods, its therapeutic properties and antioxidant abilities undergo changes<sup>6</sup>.

**Słowa kluczowe:** czosnek, aktywność antyoksydacyjna, polifenole, GSH, kwas L-askorbinowy, przetwarzanie

**Keywords:** garlic, antioxidant activity, total phenol, GSH, L-ascorbic acid, processing

## Czosnek pospolity – pochodzenie, systematyka

Czosnek (*Allium sativum* L.) jest cenną rośliną uprawną i jednym z najstarszych znanych gatunków ogrodnictwa. Od czasów starożytnych był używany jako roślina przyprawowa, spożywcza i lecznicza. Pierwsze wzmianki na temat czosnku można znaleźć w tekstach starożytnych, takich jak egipskie papirusy medyczne czy dzieła greckich i rzymskich autorów, w tym Hipokratesa i Pliniusza Starszego. Roślina ta towarzyszy nam do dziś.

Czosnek pospolity występuje wyłącznie w postaci uprawnej, a jego pochodzenie nie jest w pełni poznane. Uważa się, że centrum jego pochodzenia znajduje się w Azji Środkowej (Kirgistan, Tadżykistan, Turkmenistan i Uzbekistan), a *Allium longicuspis* uznano za jego dzikiego przodka<sup>7</sup>. Stamtąd rozprzestrzenił się na kraje śródziemnomorskie,

M. Romańczyk, M.R. Czerniuk, K.J. Filipiak, *Garlic for arterial hypertension and hypercholesterolaemia. Review of literature and clinical studies*, "Folia Cardiologica" 2021, nr 16(5), s. 296–302.

<sup>4</sup> V. Lanzotti, *The analysis of onion and garlic*, "J. Chromatogr. A." 2006, nr 1112, s. 3–22.

<sup>5</sup> K. Kmieć, *Rośliny przyprawowe – rośliny lecznicze jako motyw ekslibrisu*, „Analecta” 2004, nr 13:25-26:221-239; M. Ciuba, K. Dziadek, E. Kukiełka, J. Oczkowicz, E. Piątkowska, T. Leszczyńska, A. Kopeć, *Porównanie Składu Chemicznego i Zawartości Składników Bioaktywnych Wybranych Odmian Czosnku*, „ŻNTJ” 2004, nr 5(108), s. 107–115.

<sup>6</sup> A. Montaño, F.J. Casado, A. Castro, A.H. Sánchez, L. Rejano, *Vitamin content and amino acid composition of pickled garlic processed with and without fermentation*, "J. Agric. Food Chem." 2004, nr 52(24), s. 7324–7330; C. Ratti, M. Araya-Farias, L. Mendez-Lagunas, J. Makhlof, *Drying of garlic (*Allium sativum*) and its effect on allicin retention*, "Drying Technology" 2007, nr 25(2), s. 349–356; B. Yudhistira, F. Punthi, J. Lin, A.S. Sulaimana, C.K. Chang, C.W. Hsieh, *S-Allyl cysteine in garlic (*Allium sativum*): Formation, biofunction, and resistance to food processing for value – added product development*, "Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety" 2022, nr 21, s. 2665–2687.

<sup>7</sup> D. Poljuha, M. Franić, I. Kralj, T. Weber, Z. Šatović, D. Ban, N. Toth, G. Dumičić, S. Kereša, C. da Cunha, S. Goreta Ban, *Genetic diversity and structure analysis of Croa-*

Afryki i Azji Wschodniej. Do Ameryki Północnej został przywieziony przez wyprawy kolonialne z basenu Morza Śródziemnego. Produkcja czosnku w 2022 r. wyniosła 30 708 243 ton, przy czym Chiny są największym producentem tego warzywa i odpowiadają za prawie 80% światowej produkcji. Czosnek jest szeroko uprawianą rośliną także w Polsce.

*Allium sativum* to warzywo z rodzaju *Allium*, które liczy ponad tysiąc gatunków i jest jednym z najliczniejszych taksonów w klasie roślin jednoliściennych. Rośliny te obejmują gatunki ważne gospodarczo, m.in. por, cebulę zwyczajną, cebulę szalotkę i szczypiorek. Rodzaj ten sklasyfikowany został w czasach Linneusza i obecnie, dzięki licznym badaniom morfologicznym, anatomicznym, serologicznym i ekologicznym, zaliczany jest do rodziny *Amaryllidaceae*, podrodziny *Allioidae*<sup>8</sup>.

Od czasów najdawniejszych uważano, że żucie lub trzymanie w ustach czosnku stanowiło skuteczną ochronę przed zarazą. Dodatkowo cieszył się on uznaniem jako środek leczniczy przy dolegliwościach układu oddechowego. Popularnym domowym lekarstwem, które przetrwało do dzisiaj, było mleko z miodem i rozgniecionym czosnkiem, znakomicie wspierające organizm w zwalczaniu uporczywego kaszlu, kataru i grypy. Czosnek był również wykorzystywany do zwalczania pasożytów wewnętrznych. W tym celu osoby starsze spożywały kilka ząbków, podczas gdy dzieciom wcierano czosnek pod nos lub zawieszano go na szyi. Czosnek był znany jako zioło odstrasżające złe duchy, skutecznie chroniące ludzi i zwierzęta przed działalnością czarownic i wampirów<sup>9</sup>.

Arabscy lekarze tradycyjnie wykorzystywali czosnek w leczeniu różnych dolegliwości, takich jak bóle brzucha, kolki dziecięce, biegunki, cukrzyca, infekcje oczu, ukąszenia węży, łupież i gruźlica. W medycynie ajurwedyjskiej czosnek znajduje zastosowanie w leczeniu problemów z oddychaniem, kolką i wzdęciami. Olej czosnkowy w postaci kropeł używany był w leczeniu bólu ucha. Ludwik Pasteur w 1858 r. eksperymentalnie wykazał antyseptyczne właściwości czosnku. W krajach Afryki do tej pory czosnek jest stosowany również w leczeniu czerwonki. W Indiach i Europie preparaty czosnkowe są wykorzystywane w leczeniu kaszlu, przeziębienia, kataru siennego i astmy<sup>10</sup>.

*tian garlic collection assessed by SSR markers*, "Folia Horticulturae" 2021, nr 33(1), s. 157–171.

<sup>8</sup> B. Muszyńska, M. Białek, M. Łojewski, op. cit., s. 3–8.

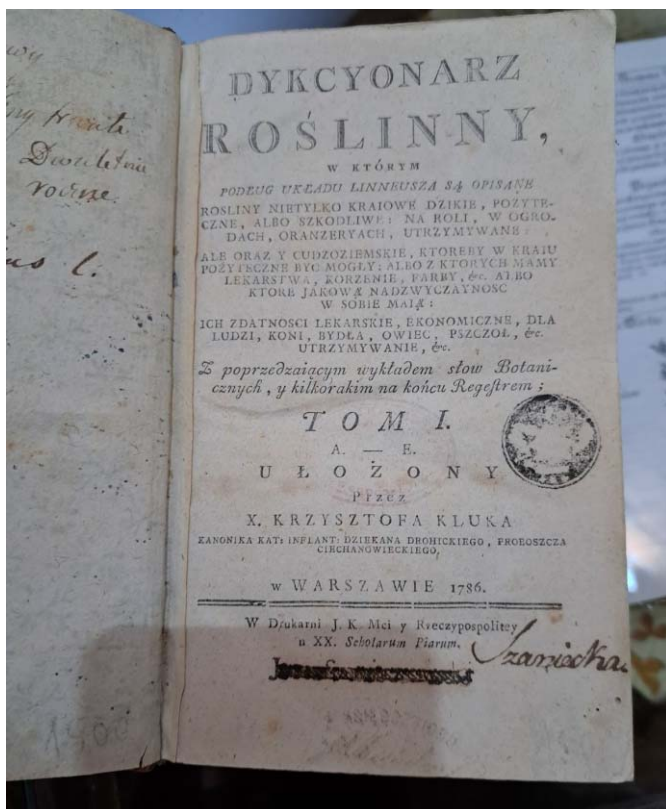
<sup>9</sup> B. Gnatowska, *Rośliny lecznicze*, Ciechanowiec 2022.

<sup>10</sup> S.V. Rana, R. Pal, K. Vaiphei, Sanjeev K. Sharma, R.P. Ola, *Garlic in health and disease*, "Nutrition Research Reviews" 2011, nr 24(1), s. 60–71.

Książd Kluk w swoim *Dykcyonarzy roślinnym* o czosnku pisał:

W lekarstwie pożytecznym iest przeciwko wielu chorobom, dla natur ociążałych y zimnych, iako mający moc bardzo rozcieńiającą, otwierającą, mocz, kamień, pot, y flegmę pędzącą. Gotowany w Mleku, y z rana naczczo zażyty, tak u Dzieci, iak y Starszych pędzi Robaki. Bardzo skutecznym iest w flegmistym Kaszlu, y wilgotney Dychawicy, gotując go z Miodem, lub wodą y Cukrem na Syrop.

Czosnek określony był różnymi nazwami, które wciąż funkcjonują w społeczeństwie: „rosyjska penicylina”, „naturalny antybiotyk”, „roślinna viagra”, „roślinny talizman”, „rustykalny terryk”, „węzowa trawa”<sup>11</sup>.



Il. 1. Krzysztof Kluk, *Dykcyonarzy roślinny*, Warszawa 1786. Fot. Joanna Gil

<sup>11</sup> S.R. Bhandari, M.K. Yoon, J.H. Kwak, *Contents of phytochemical constituents and antioxidant activity of 19 garlic (*Allium sativum* L.) parental lines and cultivars, "Horticulture, Environment, and Biotechnology"* 2014, nr 55, s. 138-147.

## Właściwości i skład fitochemiczny

Czosnek jest jedną z najważniejszych roślin leczniczych i jest szeroko stosowany na całym świecie, zwłaszcza na Dalekim Wschodzie. Uznawany jest za cenny surowiec leczniczy ze względu na swoje właściwości zwalczające infekcje bakteryjne, wirusowe, grzybicze i pasożytnicze oraz wzmacniające układ odpornościowy i sercowo-naczyniowy. Ponadto działa przeciwnowotworowo, przeciwutleniająco, obniża poziom cukru i cholesterolu we krwi oraz reguluje ciśnienie tętnicze. O właściwościach terapeutycznych czosnku decydują zawarte w nim mikro- i makroelementy, witaminy oraz związki biologicznie czynne<sup>12</sup>.

Za unikalny smak i korzystne dla zdrowia właściwości czosnku odpowiedzialne są związki siarkowe, takie jak prekursorowa allina i  $\gamma$ -glutamylcysteina, oraz ich aktywne pochodne. Kiedy główka czosnku ulega mechanicznemu uszkodzeniu, na przykład przez krojenie czy miażdżenie, uwalnia się enzym allinaza, który przekształca nieaktywną allinę w aktywną allicynę oraz S-allylcysteinę<sup>13</sup>.

Świeże główki czosnku składają się głównie z węglowodanów (fruktany i oligofruktany) oraz białek (aminokwasów, takich jak cysteina, glutamina, izoleucyna i metionina). Zawierają także śladowe ilości tłuszczu. Czosnek zwyczajny jest źródłem składników mineralnych, takich jak potas, fosfor, żelazo, cynk i siarka, a także witamin (C, E, A i z grupy B). Dodatkowo zawiera flawonoidy (kwercetyna i cyjanidyna) olejki aromatyczne, enzymy (allinaza, peroksydaza, miracynaza), fitosterole i kwasy organiczne<sup>14</sup>.

Ostatnie badania nad *Allium sativum* skupiły się na jego działaniu przeciwcukrzycowym<sup>15</sup>, przeciwcholesterolowym [mechanizm tego działania oparty jest na hamowaniu syntezy cholesterolu na etapie reakcji redukcji hydroksymetylo-glutarylo-CoA (HMG-CoA) pod wpływem reduktazy HMG-CoA], hipotensyjnym<sup>16</sup>, immunomodulu-

<sup>12</sup> K. Banach, B. Rutkowska, P. Glibowski, *Polska „Superżywność” w prewencji chorób nowotworowych*, „Bromat. Chem. Toksykol.” 2017, nr 2, s. 106–114.

<sup>13</sup> I. Lis, P. Bogdański, G. Nowak, *Zastosowanie czosnku w profilaktyce chorób układu sercowo naczyniowego*, „Forum Zaburzeń Metabolicznych” 2013, nr 4(4), s. 210–215.

<sup>14</sup> E. Ayaz, H.C. Alpsoy, *Garlic (Allium sativum L.) and traditional medicine*, „Turkiye Parazitolojii Dergisi.” 2007, nr 31(2), s. 145–149; M. Ciuba, K. Dziadek, E. Kukietka, J. Oczkowicz, E. Piątkowska, T. Leszczyńska, A. Kopeć, op. cit., s. 107–115.

<sup>15</sup> M. Kania-Dobrowolska, J. Baraniak, A. Górska, M. Wolek, A. Bogacz, *Imbir i czosnek – surowce roślinne obniżające poziom cholesterolu i glukozy*, „Borgis Post Fitoter” 2020, nr 21(3), s. 169–176.

<sup>16</sup> S. Surma, M. Romańczyk, M.R. Czerniuk, K.J. Filipiak, op. cit., s. 296–302.

jącym, przeciwzapalnym, antyoksydacyjnym<sup>17</sup>, neuroprotekcijnym, przeciwotyłościowym, hepatoprotekcijnym<sup>18</sup> oraz ochronnym w ryzyku chorób serca. Zarówno wyniki eksperymentów laboratoryjnych, jak i badań klinicznych u ludzi potwierdziły, że dieta obfita w czosnek może wpływać ochronnie na funkcje śródbłonna. Eksperymenty *in vitro* dowiodły także, że czosnek redukuje agregację płytek krwi przez hamowanie aktywności cyklooksygenazy, będącej enzymem katalizującym przemianę fosfolipidów w błonach komórkowych prowadzących do syntezy prostanoidów<sup>19</sup>.

Ze względu na dobroczynne działanie czosnku na funkcjonowanie układu odpornościowego stwierdzono, że spożywanie czosnku może być również korzystne u pacjentów z COVID-19<sup>20</sup>.

### Związki o działaniu antyoksydacyjnym

W ząbkach czosnku pospolitego, składnikami o aktywności biologicznej, jednocześnie pełniącymi funkcję substancji przeciwutleniających, są związki siarkowe, takie jak siarczek diallilu i trisiarczek diallilu, powstające w wyniku przemiany enzymatycznej alliiny, allilocysteina, a także substancje takie, jak glutation, flawonoidy, kwasy fenolowe i kwas askorbinowy<sup>21</sup>.

Badania na świeżym czosnku wykazały zróżnicowane zawartości polifenoli, wynoszące 36,1 mg/100 g<sup>22</sup> lub oscylujące między 99,56 mg/100 g a 268,44 mg/100 g. Warzywo to może stanowić znakomite źródło polifenoli, jednak ta wartość zależy od gatunku i kra-

<sup>17</sup> L. Recinella, E. Gorica, A. Chiavaroli, C. Frascchetti, A. Filippi, S. Cesa, F. Cairone, A. Martelli, V. Calderone, S. Veschi, *Anti-Inflammatory and Antioxidant Effects Induced by Allium sativum L. Extracts on an Ex Vivo Experimental Model of Ulcerative Colitis*, "Foods" 2022, nr 11(22), s. 3559.

<sup>18</sup> Y. Zhang, L. Xu, M. Ding, G. Su, Y. Zhao, *Anti-obesity effect of garlic oil on obese rats via Shenque point administration*, "J Ethnopharmacol" 2019, nr 1(231), s. 486–493.

<sup>19</sup> S. Li, W. Guo, W. Lau, H. Zhang, Z. Zhan, X. Wang, H. Wang, *The association of garlic intake and cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis*, "Crit Rev Food Sci Nutr." 2023, nr 63(26), s. 8013–8031.

<sup>20</sup> M.M. Donma, O. Donma, *The effects of Allium sativum on immunity within the scope of COVID-19 infection*, "Med Hypotheses" 2020, nr 144, s. 109934.

<sup>21</sup> N. Leelarungrayub, V. Rattanapanone, N. Chanarat, J.M. Gebicki, *Quantitative evaluation of the antioxidant properties of garlic and shallot preparations*, "Nutrition" 2006, nr 22, s. 266–274; M.M. Rahman, V. Fazlic, N. W. Saad, *Antioxidant properties of raw garlic (Allium sativum) extract*, "International Food Research Journal" 2012, nr 19(2), s. 589–591; K. Banach, B. Rutkowska, P. Glibowski, op. cit., s. 106–114; A.C. Carr, S. Rowe, *Factors Affecting Vitamin C Status and Prevalence of Deficiency: A Global Health Perspective*, "Nutrients" 2020, nr 12(7), s. 1963.

<sup>22</sup> J. Borowski, A. Szajdek, E.J. Borowska, *Charakterystyka chemiczna i aktywność biologiczna warzyw z terenu Olsztyna*, „Bromat. Chem. Toksykol.” 2008, nr 41(3), s. 333–337.

ju pochodzenia. Według przeprowadzonych badań czosnek zawiera głównie flawonoidy, antocyjany, kumaryny, fenolokwasy. W składzie czosnku znajdziemy również kwas galusowy, syringowy, wanilinowy, kwas 3,4-dihydroksybenzoesowy, kwas 5-okso-3,4-dihydroksybenzoesowy, kwas 4-hidroksybenzoesowy, kwas 4-kariofilenowy, kwas ferulowy, kwas kawowy, kwas kumarynowy, kwas protokumarowy, kwas p-kumarowy, kwas feruloiloksypropoksyłowy, kwas wanniloiloksypropoksyłowy, kwas kawoiloksypropoksyłowy, kwas syringoiloksypropoksyłowy i kwas p-kumarynowy. Badania sugerują, że ilość polifenoli w czosnku jest ściśle związana z odmianą i warunkami uprawy<sup>23</sup>.

Badania potwierdziły, że zawartość glutationu w ząbkach czosnku pospolitego waha się od 0,15 mg/g do 0,48 mg/g. Jest to bardzo duża ilość jak na ten składnik odżywczy, a zawartości witaminy C w czosnku zwyczajnym ukazywane w źródłach naukowych są zróżnicowane. Badania z 2021 r. wykazały 40,95 mg/100 g surowca<sup>24</sup>. Nieco starsze badania wykazywały 9,3 mg witaminy C na 100 g<sup>25</sup>. Według Kunachowicz i in. zawartość kwasu askorbinowego w czosnku wynosi około 31 mg/100 g świeżego materiału<sup>26</sup>.

### Wykorzystanie w kuchni i sposoby przetwarzania

Czosnek to jedno z najważniejszych warzyw cebulowych o ostrym smaku i zapachu, szeroko stosowane na całym świecie jako przyprawa i środek aromatyzujący. Związki organiczne siarki są głównymi związkami odpowiedzialnymi za jego pikantność i korzenny aromat. Czosnek wykorzystuje się do przygotowywania potraw na całym świecie<sup>27</sup>. Spożywa się go najczęściej w postaci świeżej lub po przetworzeniu – na przykład gotowany, kiszony, suszony, liofilizowany, a w ostatnich latach także jako czarny czosnek.

Gotowanie to najczęściej stosowany rodzaj obróbki żywności, używany przy przetwarzaniu zarówno produktów pochodzenia roślinne-

<sup>23</sup> M. Ciuba, K. Dziadek, E. Kukiełka, J. Oczkowicz, E. Piątkowska, T. Leszczyńska, A. Kopeć, op. cit., s. 107–115.

<sup>24</sup> L. Satpathy, N. Pradhan, D. Dash, P.P. Baral, S.P. Parida, *Quantitative determination of vitamin C concentration of common edible food sources by redox titration using iodine solution*, "Letters in Applied NanoBioScience" 2021, nr 10(3), s. 2361–2369.

<sup>25</sup> S.R. Bhandari, M.K. Yoon, J.H. Kwak, op. cit., s. 138–147.

<sup>26</sup> H. Kunachowicz, I. Nadolna, K. Iwanow, *Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw*, Przygoda, PZWL, Warszawa 2012.

<sup>27</sup> G. El-Saber Batiha, A. Magdy Beshbishy, L. Wasef, Y.H.A. Elewa, A. Al-Sagan, M.E. Abd El-Hack, A.E. Taha, Y. Abd-Elhakim, H. Prasad Devkota, *Chemical Constituents and Pharmacological Activities of Garlic (Allium sativum L.): A Review*, "Nutrients" 2020, nr 12, s. 872.

go, jak i zwierzęcego. Z definicji polega on na podgrzewaniu surowców we wrzącej cieczy lub na parze. Może to nastąpić pod ciśnieniem atmosferycznym lub pod wysokim ciśnieniem<sup>28</sup>.

Czosnek kiszony powstaje w wyniku fermentacji mlekowej, czyli procesu opartego na użyciu bakterii kwasu mlekowego. Aby doszło do tego procesu, muszą zostać zastosowane specyficzne warunki środowiska, tj. względne warunki beztlenowe, zawartość odpowiedniej mikroflory mlekowej, zawartość niezbędnych do procesu cukrów, wilgotność surowca w zakresie 50–75% oraz temperatura na poziomie ok. 20–25°C. Naturalna mikroflora surowców stanowi główne źródło bakterii uczestniczących w procesie fermentacji mlekowej. Czasem podczas produkcji produktów kiszonych dodaje się specjalne szczepy bakterii lub fragmenty wcześniej przefermentowanego produktu.

W tradycyjnej polskiej kuchni produkty kiszone były od bardzo dawna integralną częścią diety. Konsumowanie produktów powstałych w wyniku fermentacji mlekowej przyczynia się znacząco do zdrowego funkcjonowania organizmu ludzkiego. Produkty poddane procesowi fermentacji korzystnie wpływają na równowagę flory bakteryjnej w jelitach, wspomagają procesy trawienia oraz absorpcję substancji z przemiany materii, przyspieszają rozkład białek w przewodzie pokarmowym człowieka i stymulują wydzielanie kwasu żołądkowego. Kiszonki regulują funkcję jelit, eliminując toksyczne substancje z organizmu, a także ograniczają rozwój niektórych szkodliwych mikroorganizmów w układzie pokarmowym, takich jak bakterie, grzyby czy wirusy, przyczyniając się do zwiększenia wchłaniania składników mineralnych, takich jak wapń, żelazo i fosfor<sup>29</sup>.

Przykładowa receptura przygotowania czosnku kiszzonego obejmuje zalanie ciepłą solanką (1 litr wody z 5 g soli kuchennej) główek i/lub ząbków czosnku wraz z przyprawami (przykładowo koper włoski, kawałek chrzanu, pół łyżki gorczycy, 3 ziarna ziela angielskiego, 1 listek laurowy) w wyparzonym i szczelnie zakręcanym naczyniu. Następnie przepis zaleca odstawienie na około 6–8 dni do ukiszenia. Po tym okresie należy ponownie dokręcić naczynie i wynieść do chłodnego miejsca<sup>30</sup>.

<sup>28</sup> M. Konarzewska, *Technologia gastronomiczna z towaroznawstwem. Podręcznik*, t. II, cz. 1, WSIP, Warszawa 2014.

<sup>29</sup> D. Kołożyn-Krajewska, J. Korczak, *Mikroorganizmy w przetwórstwie domowym i technologii potraw*, [w:] J. Gawęcki, Z. Libudzisz (red.), *Mikroorganizmy w żywności i żywieniu*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań 2006, s. 41–81.

<sup>30</sup> M. Kapuścińska, *Kiszzone warzywa kluczem odporności człowieka*, Warmińsko-Mazurski Ośrodek Doradztwa Rolniczego z Siedzibą w Olsztynie, Olsztyn 2022.



Suszenie surowców prozdrowotnych, w tym np. ząbków czosnku, to proces, w wyniku którego wilgoć zawarta w produkcie jest usuwana, co skutkuje zmniejszeniem zawartości wody w jego strukturze. Proces ten ma na celu wydłużenie jego trwałości. Zawartość składników korzystnych dla zdrowia, a także smak czosnku mogą ulec zmianom w wyniku procesu suszenia z uwagi na wyjątkową podatność tego warzywa na działanie wysokich temperatur. Kluczowy w aspekcie zachowania walorów smakowych, odżywczych i prozdrowotnych może okazać się wybór właściwej metody suszenia. Suszenie gorącym powietrzem jest najbardziej powszechnym sposobem utrwalania plasterków ząbków czosnku. Niestety jakość takiego suszu jest zwykle znacznie niższa niż świeżego surowca, ponieważ produkty są narażone na działanie wysokiej temperatury (60–65°C). Podczas długotrwałego suszenia lotne związki odparowują wraz z parą wodną. Proces ten powoduje utratę części charakterystycznego smaku surowca<sup>31</sup>.

Czosnek liofilizowany powstaje w wyniku specjalnego procesu suszenia zwanego liofilizacją. Jest to dwuetapowy proces odwadniania surowca, podczas którego produkt jest najpierw zamrażany, a następnie usuwana jest z niego woda przez sublimację. W ramach tej metody rozpuszczalnik jest eliminowany przy niskiej temperaturze i pod obniżonym ciśnieniem. Procedura ta uważana jest za najlepszą metodę suszenia żywności wrażliwej na ciepło<sup>32</sup>. Proces liofilizacji zapewnia ochronę produktu przed kurczeniem, minimalizuje intensywność reakcji enzymatycznych oraz procesów mikrobiologicznych, a także redukuje wpływ utleniania dzięki niskiej zawartości tlenu. Mimo korzyści susz otrzymany tą metodą charakteryzuje się znaczną higroskopijnością i porowatością, co zwiększa podatność na utlenianie i z tego powodu suszone liofilizacyjnie produkty wymagają specjalnych, hermetycznych opakowań. Warunki mrożenia także mają istotny wpływ na jakość ostatecznych produktów. Zalecane jest szybkie mrożenie surowca w niskich temperaturach, minimalizujące zakłócenia struktury produktu. W efekcie owoce i warzywa, w tym czosnek, utrzymują barwę, zapach i smak, a jednocześnie zmniejsza się zawartość składni-

<sup>31</sup> Z.W. Cui, S.Y. Xu, D.W. Sun, *Dehydration of garlic slices by combined microwave-vacuum and air drying*, "Drying Technology" 2003, nr 21(7), s. 1173–1184.

<sup>32</sup> M.K. Krokida, V.T. Karathanos, Z.B. Maroulis, *Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products*, "Journal of Food engineering" 1998, nr 35(4), s. 369–380; B. Krzysztofik, T. Drózdź, Z. Sobol, P. Nawara, P. Wrona, *Metody zabezpieczania i utrwalania surowców oraz produktów żywnościowych – studium przypadku*, Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej Wydział Inżynierii Produkcji i Informatyki, Kraków 2015.

ków lotnych. Warto podkreślić, że strawność liofilizowanych owoców i warzyw nie różni się od strawności świeżych produktów. Po wyjęciu z komory liofilizacyjnej wysuszone owoce i warzywa powinny być natychmiast pakowane, preferowana jest atmosfera gazu obojętnego, takiego jak azot, dwutlenek węgla lub gazy szlachetne<sup>33</sup>.

Przetworzone warianty czosnku, takie jak gotowane, kiszzone, suszone i liofilizowane, są powszechnie stosowane w codziennej kuchni. Natomiast czarny czosnek, produkt względnie nowy na światowym rynku, staje się przedmiotem coraz większego zainteresowania konsumentów i producentów także w krajach europejskich<sup>34</sup>. Metoda produkcji czarnego czosnku była znana od wieków w kulturze Korei Południowej, Japonii i Tajlandii, natomiast w kuchni europejskiej zaczęto ją stosować stosunkowo niedawno, od kilkunastu lat<sup>35</sup>.

Czarny czosnek powstaje w wyniku poddania cebuli czosnku pospolitego procesowi fermentacji w specjalnych warunkach. Proces fermentacji, w trakcie którego zachodzą różne reakcje chemiczne, w tym reakcja Maillarda, trwa kilka tygodni i odbywa się w warunkach o wysokiej wilgotności powietrza (80–90%) i temperaturze powietrza (60–80°C). Unikalność tego procesu polega na tym, że fermentacja czarnego czosnku zachodzi jedynie w ściśle określonych warunkach, a do jej zakończenia nie jest konieczne zaangażowanie mikroorganizmów, co odróżnia go od innych znanych typów fermentacji. Skutkiem tych działań jest produkt o zmienionych właściwościach fizykochemicznych, odcinający się od surowego czosnku pospolitego. Przetworzone warzywo charakteryzuje się czarnym kolorem, delikatnym, porównywanym do suszonej śliwki, lekko słodkim smakiem oraz wieloma właściwościami biologicznymi. Te przekształcenia zwiększają bioaktywność czarnego czosnku w porównaniu z nieprzetworzonym, otwierając nowe możliwości jego zastosowania w dziedzinie dietyki i prewencji zdrowotnej. Ponadto wysoka aktywność przeciwutleniająca czarnego czosnku sprawia, że znajduje on zastosowanie także w produktach

<sup>33</sup> J.S. Cohen, T.C.S. Yang, *Progress in food dehydration*, "Trends in Food Science & Technology" 1995, nr 6, s. 20–25; H. Lisowa, T. Lis, P. Kozak, E. Piwowarski, *Wpływ temperatury na cechy jakościowe suszów, czas procesu liofilizacji i zużycie energii*, „Inżynieria Rolnicza” 1999, nr 5(21); J. Oszmiański, *Technologia i analiza produktów owoców i warzyw. Wybrane zagadnienia*, Skrypt Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 2002, s. 128.

<sup>34</sup> M. Afzaal, F. Saeed, R. Rasheed, M. Hussain, M. Aamir, S. Hussain, A.A. Mohamed, M.S. Alamri, F. Anjum, op. cit., s. 1387–1402.

<sup>35</sup> S. Kimura, Y.C. Tung, M.H. Pan, N.W. Su, Y.J. Lai, K.C. Cheng, *Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application*, "J. Food Drug. Anal." 2017, nr 25(1), s. 62–70.

nieżywnościowych, takich jak szampony, kosmetyki, środki do ochrony skóry, kremy do twarzy czy mydła<sup>36</sup>.

### **Związki odpowiadające za aktywność antyoksydacyjną czosnku: polifenole, flawonoidy, GSH i witamina C**

Procesy przetwarzania żywności są powszechnie stosowane w celu uzyskania produktów o określonych walorach smakowych i przedłużenia trwałości surowców. Zważywszy na rosnące zainteresowanie zdrowym stylem życia oraz znaczny popyt na nowe produkty pojawiające się na rynku, doświadczenie przeprowadzone w roku 2022 miało na celu określenie wpływu procesów przetwarzania na określone parametry czosnku odmiany „Harnaś”. Badania skupiły się na analizie aktywności antyoksydacyjnej oraz zawartości wybranych związków chemicznych w świeżym czosnku oraz w produktach otrzymanych w wyniku procesów gotowania, kiszenia, suszenia, liofilizacji i fermentacji skutkującej uzyskaniem czarnego czosnku. Wielu autorów wykazało, że procesy kulinarne mają wpływ na zmiany ilości bioaktywnych związków w żywności, a także ich aktywność antyoksydacyjną. Wyniki badań są jednak niejednoznaczne. Jedne z nich sugerują, że obróbka termiczna przyczynia się do wzrostu zawartości polifenoli i aktywności antyoksydacyjnej, a inne wskazują na obniżenie tych wartości<sup>37</sup>.

Aktywność antyoksydacyjną oznaczono metodą z wykorzystaniem rodnika DPPH<sup>38</sup>, którego roztwór pod wpływem przeciwutleniaczy zmienia zabarwienie z fioletowego na żółte. W przeprowadzonych badaniach wykazano statystycznie istotne różnice ( $p < 0,05$ ) pod względem aktywności antyoksydacyjnej między wszystkimi produktami otrzymanymi z czosnku pospolitego „Harnaś” (Tab. 1). Gotowanie, kiszenie, suszenie i liofilizacja znacząco obniżyły aktywność antyoksydacyjną czosnku w porównaniu do świeżego produktu. Badania wykazały ponad 14-krotny wzrost aktywności antyoksydacyjnej dla czosnku czarnego, czyniąc reakcję Maillarda najbardziej korzystną spośród zastosowanych metod obróbki żywności pod względem aktywności antyoksydacyjnej.

<sup>36</sup> Ibidem, s. 62–70; M. Afzaal, F. Saeed, R. Rasheed, M. Hussain, M. Aamir, S. Hussain, A.A. Mohamed, M.S. Alamri, F. Anjum, op. cit., s. 1387–1402.

<sup>37</sup> J. Borowski, A. Szajdek, E.J. Borowska, op. cit., s. 333–337; B. Drużyńska, K. Stępień, M. Piecyk, *Wpływ gotowania i mrożenia na zawartość niektórych składników bioaktywnych i ich aktywność przeciwutleniającą w brokułach*, „Bromat. Chem. Toksykol” 2009, nr 42, s. 169–176.

<sup>38</sup> W. Brand-Williams, M.E. Cuvelier, C. Berset, *Use of free radical methods to evaluate antioxidant activity*, „LWT” 1995, nr 28, s. 25–30.

Tab. 1. Aktywność antyoksydacyjna i zawartość wybranych składników bioaktywnych w produktach pozyskanych w wyniku przetwarzania czosnku pospolitego „Harnaś”

Czosnek	Aktywność antyoksydacyjna [%]	Polifenole ogółem [mg GAE/g produktu]	Flawonoidy [mg/100 g produktu]	GSH [ $\mu$ g/g produktu]	Witamina C [mg/100 g produktu]
świeży	5,17 $\pm$ 0,55 d *	1,77 $\pm$ 0,01 b	0,74 $\pm$ 0,03 b	97,79 $\pm$ 0,98 c	19,2 $\pm$ 0,55 b
gotowany	3,9 $\pm$ 0,36 c	1,28 $\pm$ 0,01 a	0,21 $\pm$ 0,1 ab	53,53 $\pm$ 0,99 a	14,93 $\pm$ 0,36 a
kiszony	2,78 $\pm$ 0,12 b	1,17 $\pm$ 0,01 a	0,24 $\pm$ 0,04 ab	80,34 $\pm$ 1,14 b	14,22 $\pm$ 0,18 a
suszony	0,77 $\pm$ 0,06 a	9,07 $\pm$ 0,29 d	0 $\pm$ 0 a	220,64 $\pm$ 9,06 d	51,2 $\pm$ 0,14 c
liofilizowany	0,54 $\pm$ 0,14 a	8,18 $\pm$ 0,17 c	1,5 $\pm$ 0,81 c	296,49 $\pm$ 3,93 e	52,62 $\pm$ 0,12 c
czarny	74,24 $\pm$ 0,18 e	9,79 $\pm$ 0,06 e	10,29 $\pm$ 0,49d	49,27 $\pm$ 2,47 a	17,78 $\pm$ 1,23 ab

\*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $p < 0,05$  (Test NIR Fishera)

Źródło: Wyniki badań laboratoryjnych przeprowadzonych w roku 2022 w Katedrze Ogrodnictwa, Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.

Do oznaczenia zawartości związków fenolowych ogółem wykorzystano metodę Folina-Ciocalteu opisaną przez Djeridana i in.<sup>39</sup>, która opiera się na zdolności związków fenolowych do redukcji soli heteropolikwasów fosforowolframomolibdenonowych. Reakcja ta prowadzi do powstania niebieskiego kompleksu, który maksimum absorpcji osiąga przy długości fali 750 nm. Przeprowadzone badania wykazały statystycznie istotne różnice ( $p < 0,05$ ) pod względem zawartości związków fenolowych ogółem między wszystkimi produktami otrzymanymi z czosnku pospolitego „Harnaś” (Tab. 1). Najwięcej związków fenolowych wykazano w czarnym czosnku, gdzie zawartość związków fenolowych wzrosła ponad 5,5-krotnie w porównaniu do czosnku świeżego. Badania dowodzą, że zawartość związków fenolowych może wzrosnąć

<sup>39</sup> A. Djeridane, M. Yousfi, B. Nadjemi, D. Boutassouna, P. Stocker, N. Vidal, *Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds*, “Food Chemistry” 2006, nr 97, s. 654–660.

od 4 do 10 razy w przypadku przetwarzania świeżego czosnku na czarny czosnek<sup>40</sup>. Czosnek suszony zawierał ponad 5-krotnie więcej polifenoli, a czosnek liofilizowany ponad 4,6-krotnie więcej niż czosnek świeży. Najmniej polifenoli oznaczono w czosnku kiszonym i gotowanym. Zaskoczeniem było uzyskanie wysokiego wyniku w przypadku czosnku suszonego, ponieważ spodziewano się istotnego zmniejszenia zawartości związków fenolowych pod wpływem wysokiej temperatury, zgodnie z wcześniejszymi badaniami przeprowadzonymi przez Ściabisz i Mitek w 2006 r.<sup>41</sup> Prawdopodobnym wyjaśnieniem tego zjawiska może być utrata znacznej ilości wody, stanowiącej około 57% masy surowego czosnku. Analogicznie, w przypadku surowca liofilizowanego spodziewano się wyników zbliżonych do surowca wyjściowego, zgodnie z doniesieniami innych badań<sup>42</sup>, jednak stwierdzono znacznie wyższą zawartość fenoli. Zmniejszenie zawartości związków fenolowych w czosnku kiszonym można tłumaczyć migracją tych związków do zalewy z tkanek czosnku, podobnie jak to miało miejsce w badaniach z 2008 r. dla magazynu „ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość”<sup>43</sup>. Tsai i in. wykazali dodatkowo istotną korelację między aktywnością przeciwutleniającą a całkowitą zawartością fenoli<sup>44</sup>.

Udokumentowano też statystycznie istotne różnice ( $p < 0,05$ ) w zawartości flawonoidów przeliczanych na kwercetynę (Tab. 1) oznaczonych według metodyki Papoti i in. (2011), która wykorzystuje ich barwną reakcję z  $AlCl_3$  w środowisku kwaśnym<sup>45</sup>. Czosnek suszony nie wykazał obecności flawonoidów, co prawdopodobnie wynikało z wy-

<sup>40</sup> I. Choi, H. Cha, Y. Lee, *Physicochemical and antioxidant properties of black garlic*, „Molecules” 2014, nr 19(10), s. 16811–16823; J. Kim, O. Kang, O. Gweon, *Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps*, „J. Funct. Foods” 2013, nr 5, s. 80–86; A. Nasir, G. Fatma, N. Neshat, M. Aflab A., *Pharmacological and therapeutic attributes of garlic (Allium sativum Linn.) with special reference to Unani medicine-A review*, „Journal of Medicinal Plants Studies” 2020, nr 8(3), s. 06–09.

<sup>41</sup> I. Ściabisz, M. Mitek, K. Serwinowska, *Aktywność przeciwutleniająca soków i półkoncentratów otrzymanych z owoców borówki wysokiej (Vaccinium Corymbosum L.)*, „ŻNTJ” 2006, nr 3(40), s. 196–203.

<sup>42</sup> M. Rząca, D. Witrowa-Rajchert, *Suszenie żywności w niskiej temperaturze*, „Przemysł Spożywczy” 2007, nr 4, s. 30–35.

<sup>43</sup> S. Skąpska, L. Owczarek, U. Jasińska, A. Hałasińska, J. Danielczuk, B. Sokołowska, *Zmiany pojemności przeciwutleniającej grzybów jadalnych w procesie kiszenia*, „ŻNTJ” 2008, nr 4(59), s. 243–250.

<sup>44</sup> T.H. Tsai, P.J. Tsai, S.C. Ho, *Antioxidant and anti-inflammatory activities of several commonly used spice*, „Journal of Food Science” 2005, nr 70, s. 93–97.

<sup>45</sup> V. Papoti, S. Xystouris, G. Papagianni, M. Tsimidou, *Total flavonoid content assessment via aluminum [Al(III)] complexation reactions. What do we really measure?*, „Ital. J. Food Sci.” 2011, nr 23, s. 252–259.

sokiej temperatury procesu, ponieważ flawonoidy ulegają utlenieniu w wyższych temperaturach, zgodnie z badaniami Kudelskiego i in. z 2012 r.<sup>46</sup> W przypadku pozostałych surowców najniższą zawartość flawonoidów stwierdzono w ząbkach czosnku gotowanego i kiszzonego (ponad 3-krotnie mniej w porównaniu do świeżego). To zjawisko może być rezultatem działania wysokich temperatur (w przypadku gotowania) oraz przenikania flawonoidów do zalewy (w przypadku kiszzenia). Zawartość flawonoidów w liofilizacie zwiększyła się około 2-krotnie, co może wskazywać na związek tego wzrostu z procesem zagęszczenia i eliminacji wody, stanowiącej około 57% masy surowca świeżego. Największą ilość flawonoidów stwierdzono w czosnku czarnym – około 13 razy więcej niż w surowcu nieprzetworzonym. Podobny wzrost zawartości flawonoidów zaobserwowano w badaniu z 2014 r. przeprowadzonym przez Choi i in., gdzie wykazano 5-krotny wzrost poziomu flawonoidów w czosnku czarnym w porównaniu do czosnku świeżego<sup>47</sup>.

Przeprowadzone badania wykazały też znaczące różnice ( $p < 0,05$ ) w zawartości glutationu wśród produktów uzyskanych z czosnku pospolitego odm. „Harnaś”. Pomiar zredukowanego glutationu wykonano za pomocą metody opisanej przez Guri, z niewielkimi modyfikacjami<sup>48</sup>. Najmniej GSH zawierał czosnek czarny i gotowany (odpowiednio o około 49,6% i 45,3% mniej niż surowiec nieprzetworzony). Czosnek kiszony zawierał o 17,8% mniej GSH niż świeży czosnek. Więcej L-glutationu zawierał czosnek suszony oraz liofilizowany (odpowiednio 2,3 i 3 razy więcej niż czosnek nieprzetworzony).

Analizę zawartości witaminy C w badanym materiale przeprowadzono z wykorzystaniem metody jodometrycznej opisanej przez Ikewuchi i Ikewuchi (2011)<sup>49</sup> z pewnymi modyfikacjami. Metoda ta opiera się na miareczkowaniu prób analitycznych roztworem jodu w jodku potasu, z użyciem skrobi jako wskaźnika. Udokumentowano statystycznie istotne różnice ( $p < 0,05$ ) w zawartości kwasu L-askorbinowego między produktami otrzymanymi z czosnku pospolitego „Harnaś”. Najniższą zawartością witaminy C, podobnie jak w przypadku aktyw-

<sup>46</sup> A. Kudelski, A. Synowiec-Wojtarowicz, B. Kliś, *Ocena wpływu obróbki termicznej na stężenie flawonoidów i polifenoli w sokach z różnych odmian kapusty*, „Bromat. Chem. Toksykol.” 2012, nr 45, s. 985–988.

<sup>47</sup> I. Choi, H. Cha, Y. Lee, op. cit., s. 16811–16823.

<sup>48</sup> A. Guri, *Variation in glutathione and ascorbic acid content among selected cultivars of Phaseolus vulgaris prior to and after exposure to ozone*, “Can. J. Plant Sci.” 1983, nr 63, s. 733–737.

<sup>49</sup> C.J. Ikewuchi, C.C. Ikewuchi, *Iodometric determination of the ascorbic acid (vitamin C) content of some fruits consumed in a university community in Nigeri*, “Glob. J. Pure Appl. Sci.” 2011, nr 17, s. 47–49.

ności antyoksydacyjnej, charakteryzował się czosnek kiszony i gotowany. Badania wykazały, że wpływ wysokiej temperatury na produkt spożywczy prowadzi do obniżenia ilości witaminy C, co obserwuje się również przy kiszeniu żywności, np. kapusty białej<sup>50</sup>. Podczas reakcji Maillarda zawartość witaminy C spadła nieznacznie (o około 7,4%) w porównaniu do surowego produktu, pomimo stosowania wysokich temperatur w trakcie tego procesu. Czosnek liofilizowany i suszony zawierał najwięcej witaminy C w składzie – około 2,7 razy więcej niż surowiec wyjściowy.

## Podsumowanie

Znajomość zmian, jakie zachodzą w składnikach odżywczych w wyniku procesów, takich jak gotowanie, kiszenie, suszenie, liofilizacja czy reakcja Maillarda, ma istotne znaczenie, gdyż pozwala na włączenie do swojej diety najlepszych jakościowo produktów. Mimo znacznych strat składników bioaktywnych, będących skutkiem procesów mających na celu przetworzenie i konserwację czosnku, badane produkty uzyskane z ząbków czosnku pospolitego „Harnaś” wciąż mogą być dobrym ich źródłem. Najbardziej korzystnym procesem przetwórczym pod względem aktywności antyoksydacyjnej, zawartości związków fenolowych i polifenoli okazała się reakcja Maillarda, w wyniku której powstaje czarny czosnek – produkt stosunkowo nowy na rynku europejskim. Stosowanie czosnku czarnego w kuchni może mieć korzystne skutki dla naszego zdrowia, a stosowanie suplementów diety z czosnkiem czarnym może w efekcie pozytywnie oddziaływać na nasz organizm.

## Bibliografia

- Afzaal M., Saeed F., Rasheed R., Hussain M., Aamir M., Hussain S., Mohamed A. A., Alamri M.S., Anjum F.M., *Nutritional, biological, and therapeutic properties of black garlic: a critical review*, “J. Food Prop.” 2021, nr 24.
- Ayaz E., Alpsyoy H.C., *Garlic (Allium sativum L.) and traditional medicine*, “Turkiye Parazitolojii Dergisi.” 2007, nr 31(2).

---

<sup>50</sup> D. Róžańska, B. Regulska-Iłow, R. Iłow, *Wpływ procesów kulinarnych na zawartość wybranych witamin w żywności. cz. I witamina C i foliany*, „Bromat. Chem. Toksykol.” 2013, nr 46, s. 241–249.

- Banach K., Rutkowska B., Glibowski P., *Polska „Superżywność” w prewencji chorób nowotworowych*, „Bromat. Chem. Toksykol.” 2017, nr 2.
- Bhandari S.R., Yoon M.K., Kwak J.H., *Contents of phytochemical constituents and antioxidant activity of 19 garlic (*Allium sativum* L.) parental lines and cultivars*, “Horticulture, Environment, and Biotechnology” 2014, nr 55.
- Borowski J., Szajdek A., Borowska E.J., *Charakterystyka chemiczna i aktywność biologiczna warzyw z terenu Olsztyna*, „Bromat. Chem. Toksykol.” 2008, nr 41(3).
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C., *Use of free radical methods to evaluate antioxidant activity*, “LWT” 1995, nr 28.
- Carr A.C., Rowe S., *Factors Affecting Vitamin C Status and Prevalence of Deficiency: A Global Health Perspective*, “Nutrients” 2020, nr 12(7).
- Choi I., Cha H., Lee Y., *Physicochemical and antioxidant properties of black garlic*, “Molecules” 2014, nr 19(10).
- Ciuba M., Dziadek K., Kukielka E., Oczkowicz J., Piątkowska E., Leszczyńska T., Kopeć A., *Porównanie Składu Chemicznego i Zawartości Składników Bioaktywnych Wybranych Odmian Czosnku*, „ŻNTJ” 2004, nr 5(108).
- Cohen J.S., Yang T.C.S., *Progress in food dehydration*, “Trends in Food Science & Technology” 1995, nr 6.
- Cui Z.W., Xu S.Y., Sun D.W., *Dehydration of garlic slices by combined microwave-vacuum and air drying*, “Drying Technology” 2003, nr 21(7).
- Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N., *Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds*, “Food Chemistry” 2006, nr 97.
- Donma M.M., Donma O., *The effects of *Allium sativum* on immunity within the scope of COVID-19 infection*, “Med Hypotheses” 2020, nr 144.
- Drużyńska B., Stępień K., Piecyk M., *Wpływ gotowania i mrożenia na zawartość niektórych składników bioaktywnych i ich aktywność przeciwutleniającą w brokułach*, „Bromat. Chem. Toksykol” 2009, nr 42.
- El-Saber Batiha G., Magdy Beshbishy A., Wasef L., Elewa Y.H.A., Al-Sagan A., Abd El-Hack M.E., Taha A.E., Abd-Elhakim Y., Prasad Devkota H., *Chemical Constituents and Pharmacological Activities of Garlic (*Allium sativum* L.): A Review*, “Nutrients” 2020, nr 12.



- Ernst E., Pittler M.H., Wider B., *The Desktop guide to complementary and alternative medicine*, Mosby Elsevier, Philadelphia 2006.
- Gnatowska B., *Rośliny lecznicze*, Ciechanowice 2022.
- Guri A., *Variation in glutathione and ascorbic acid content among selected cultivars of Phaseolus vulgaris prior to and after exposure to ozone*, "Can. J. Plant Sci." 1983, nr 63.
- Johns Cupp M., *Toxicology and clinical pharmacology of herbal products*, Humana Press., New Jersey 2000.
- Kania-Dobrowolska M., Baraniak J., Górska A., Wolek M., Bogacz A., *Imbir i czosnek – surowce roślinne obniżające poziom cholesterolu i glukozy*, „Borgis Post Fitoter” 2020, nr 21(3).
- Kapuścińska M., *Kiszzone warzywa kluczem odporności człowieka*, Warmińsko-Mazurski Ośrodek Doradztwa Rolniczego z Siedzibą w Olsztynie, Olsztyn 2022.
- Kim J., Kang O., Gweon O., *Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps*, "J. Funct. Foods" 2013, nr 5.
- Kimura S., Tung Y.-C., Pan M.-H., Su N.-W., Lai Y.-J., Cheng K.-C., *Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application*, "J. Food Drug. Anal." 2017, nr 25(1).
- Kmieć K., *Rośliny przyprawowe – rośliny lecznicze jako motyw ekslibrisu*, „Analecta” 2004, nr 13, s. 25–26.
- Kołożyn-Krajewska D., Korczak J., *Mikroorganizmy w przetwórstwie domowym i technologii potraw*, [w:] J. Gawęcki, Z. Libudziński (red.), *Mikroorganizmy w żywności i żywieniu*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań 2006.
- Konarzewska M., *Technologia gastronomiczna z towaroznawstwem. Podręcznik*, t. II, cz. 1, WSIP, Warszawa 2014.
- Krokida M.K., Karathanos V.T., Maroulis Z.B., *Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products*, "Journal of Food Engineering" 1998, nr 35(4).
- Krzysztofik B., Drózd T., Sobol Z., Nawara P., Wrona P., *Metody zabezpieczania i utrwalania surowców oraz produktów żywnościowych – studium przypadku*, Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej Wydział Inżynierii Produkcji i Informatyki, Kraków 2015.
- Kudelski A., Synowiec-Wojtarowicz A., Kliś B., *Ocena wpływu obróbki termicznej na stężenie flawonoidów i polifenoli w sokach z różnych odmian kapusty*, „Bromat. Chem. Toksykol.” 2012, nr 45.

- Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., *Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw*, Przygoda, PZWL, Warszawa 2012.
- Lanzotti V., *The analysis of onion and garlic*, "J. Chromatogr. A." 2006, nr 1112.
- Leelarungrayub N., Rattanapanone V., Chanarat N., Gebicki J.M., *Quantitative evaluation of the antioxidant properties of garlic and shallot preparations*, "Nutrition" 2006, nr 22.
- Li S., Guo W., Lau W., Zhang H., Zhan Z., Wang X., Wang H., *The association of garlic intake and cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis*, "Crit Rev Food Sci Nutr." 2023, nr 63(26).
- Lis I., Bogdański P., Nowak G., *Zastosowanie czosnku w profilaktyce chorób układu sercowo naczyniowego*, „Forum Zaburzeń Metabolicznych” 2013, nr 4(4).
- Lisowa H., Lis T., Kozak P., Piwowarski E., *Wpływ temperatury na cechy jakościowe suszów, czas procesu liofilizacji i zużycie energii*, „Inżynieria Rolnicza” 1999, nr 5(21).
- Montaño A., Casado F.J., Castro A., Sánchez A.H., Rejano L., *Vitamin content and amino acid composition of pickled garlic processed with and without fermentation*, "J. Agric. Food Chem." 2004, nr 52(24).
- Muszyńska B., Białek M., Łojewski M., *Czosnek – Allium Sativum właściwości prozdrowotne*, Kraków 2014.
- Nasir A., Fatma G., Neshat N., M. Aflab A., *Pharmacological and therapeutic attributes of garlic (Allium sativum Linn.) with special reference to Unani medicine-A review*, "Journal of Medicinal Plants Studies" 2020, nr 8(3).
- Onuora Ch., Ofili C.T., Salawu S., Elimian I., Shehu H., *Therapeutic Effects of Garlic: A Review*, "Scientific Journal of Biology & Life Sciences" 2019, nr 1(1).
- Oszmiański J., *Technologia i analiza produktów owoców i warzyw. Wybrane zagadnienia*, Skrypt Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 2002.
- Papoti V., Xystouris S., Papagianni G., Tsimidou M., *Total flavonoid content assessment via aluminum [Al(III)] complexation reactions. What do we really measure?*, "Ital. J. Food Sci." 2011, nr 23.
- Poljuha D., Franić M., Kralj I., Weber T., Šatović Z., Ban D., Toth N., Dumičić G., Kereša S., da Cunha C., Goreta Ban S., *Genetic diversi-*

- ty and structure analysis of Croatian garlic collection assessed by SSR markers*, "Folia Horticulturae" 2021, nr 33(1).
- Rahman M.M., Fazlic V., Saad N.W., *Antioxidant properties of raw garlic (Allium sativum) extract*, "International Food Research Journal" 2012, nr 19(2).
- Rana S.V., Pal R., Vaiphei K., Sanjeev K. Sharma, Ola R.P., *Garlic in health and disease*, "Nutrition Research Reviews" 2011, nr 24(1).
- Ratti C., Araya-Farias M., Mendez-Lagunas L., Makhlof J., *Drying of Garlic (Allium sativum) and Its Effect on Allicin Retention*, "Drying Technology" 2007, nr 25(2).
- Recinella L., Gorica E., Chiavaroli A., Frascchetti C., Filippi A., Cesa S., Cairone F., Martelli A., Calderone V., Veschi S., *Anti-Inflammatory and Antioxidant Effects Induced by Allium sativum L. Extracts on an Ex Vivo Experimental Model of Ulcerative Colitis*, "Foods" 2022, nr 11(22):3559.
- Rotblatt M., Ziment I., *Evidence – based herbal medicine*, Hanley and Belfus Inc., Philadelphia 2002.
- Różańska D., Regulska-Iłow B., Iłow R., *Wpływ procesów kulinarnych na zawartość wybranych witamin w żywności. cz. I witamina C i foliany*, „Bromat. Chem. Toksykol.” 2013, nr 46.
- Rząca M., Witrowa-Rajchert D., *Suszenie żywności w niskiej temperaturze*, „Przemysł Spożywczy” 2007, nr 4.
- Satpathy L., Pradhan N., Dash D., Baral P.P., Parida, S.P., *Quantitative determination of vitamin C concentration of common edible food sources by redox titration using iodine solution*, "Letters in Applied NanoBioScience" 2021, nr 10(3).
- Schulz V., Hansel R., Blumenthal M., Tyler V.E., *Rational phytotherapy*, Springer-Verlag, Berlin 2004.
- Skąpska S., Owczarek L., Jasińska U., Hałasińska A., Danielczuk J., Sokołowska B., *Zmiany pojemności przeciwutleniającej grzybów jadalnych w procesie kiszenia*, „ŻNTJ” 2008, nr 4(59).
- Surma S., Romańczyk M., Czerniuk M.R., Filipiak K.J., *Garlic for arterial hypertension and hypercholesterolaemia. Review of literature and clinical studiem*, „Folia Cardiologica” 2021, nr 16(5).
- Ścibisz I., Mitek M., Serwinowska K., *Aktywność przeciwutleniająca soków i półkoncentratów otrzymanych z owoców borówki wysokiej (Vaccinium Corymbosum L.)*, „ŻNTJ” 2006 nr 3(40).
- Tsai T.H., Tsai P.J., Ho S.C., *Antioxidant and anti-inflammatory activities of several commonly used spice*, "Journal of Food Science" 2005, nr 70.

Yudhistira B., Punthi F., Lin J.A., Sulaimana A.S., Chang C.K., Hsieh C.W., *S-Allyl cysteine in garlic (Allium sativum): Formation, bio-function, and resistance to food processing for value-added product development*, “Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety” 2022, nr 21.

Zhang Y., Xu L., Ding M., Su G., Zhao Y., *Anti-obesity effect of garlic oil on obese rats via Shenque point administration*, “J Ethnopharmacol” 2019, nr 1(231), s. 486–493.