

**Anna Czaja, Mateusz Gertchen, Dorota Wyspiańska,  
Anna Czubaszek**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
e-mail: anna.czaja@up.wroc.pl

---

## **WPLYW DODATKU MIKROKAPSULKOWANYCH EKSTRAKTÓW Z ŁUSKI CEBULI NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI PIECZYWA PSZENNEGO\***

---

## **EFFECT OF MICROENCAPSULATED ONION HUSK EXTRACTS ON SELECTED PROPERTIES OF WHEAT BREAD**

---

DOI: 10.15611/nit.2016.1.01

JEL Classification: O39

**Streszczenie:** Celem badań było określenie wpływu dodatku mikroekapsulowanego w inulinie lub maltodekstrynie ekstraktu z łuski cebuli na jakość pieczywa pszenne. Proporcje ekstraktu do nośnika w mikroekapsułkach wynosiły 1:1, 1:2, 1:3. Mikroekapsułki dodawano do chleba w ilości równoważnej 0,5% czystego ekstraktu w stosunku do naważki mąki oraz 0,5, 1,0 i 1,5% nośnika odpowiednio do proporcji. Wprowadzenie do chleba ekstraktu z cebuli utrwalanego w maltodekstrynie przyczyniało się do zwiększenia jego wydajności, a dodatek mikroekapsulek z inuliną nie zmieniał tej cechy. Chleby z 0,5-procentowym dodatkiem ekstraktu z cebuli, w porównaniu z chlebami kontrolnymi, zawierającymi tylko nośnik, miały mniejszą objętość. Pieczywo zawierające ekstrakt utrwalany w maltodekstrynie było większe niż to z ekstraktem utrwalanym w inulinie. Dodatek ekstraktu z cebuli powodował kilkakrotny wzrost zawartości polifenoli ogółem i aktywności przeciwutleniającej w pieczywie. Do wzbogacenia chleba w polifenole korzystniejszym nośnikiem była maltodekstryna.

**Słowa kluczowe:** chleb pszenny, ekstrakt z cebuli, maltodekstryna, inulina, aktywność przeciwutleniająca.

**Summary:** The aim of the study was to determine the effect of onion husk microencapsulated with inulin or maltodextrin on wheat bread quality. The proportions of the extract to the carrier in microcapsules were 1:1, 1:2, 1:3. Microcapsules were added to bread in an amount equivalent to 0.5% pure extract in relation to the sample weight of flour and 0.5, 1.0 and 1.5% of a carrier according to the proportion. Inclusions to bread of onion extract with maltodextrin as carries contributed to the increase of its yield, and microcapsules with inulin did not alter this characteristic. Breads with 0.5% onion extract, compared to control breads that contained only carriers, had a smaller volume. Bread with maltodextrin microcapsules had a bigger volume than bread with inulin microcapsules. The addition of onion extract caused a several fold increase in total polyphenols and antioxidant activity in bread. For the enrichment of bread in polyphenols maltodextrin was a favorable carrier.

**Keywords:** wheat bread, onion extract, maltodextrin, inulin, antioxidant activity.

---

\* Artykuł został opublikowany w wycofanym czasopiśmie „International Journal of Food Science and Bioprocessing” 1(1) 2016, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.

## 1. Wstęp

Naturalne przeciwutleniacze są wtórnymi metabolitami roślin, ich zadaniem jest ochrona rośliny przed czynnikami występującymi w niekorzystnych warunkach [Zieliński i in. 2012]. Związki te zapobiegają procesom utleniania i w zależności od pochodzenia różnią się budową chemiczną i masą cząsteczkową. Wnoszone z pożywieniem pełnią wiele funkcji fizjologicznych korzystnych dla naszego zdrowia, między innymi pomagają wzmocnić układ odpornościowy, korzystnie wpływają na układ sercowo-naczyniowy, spowalniają procesy starzenia organizmu i mogą mieć udział w zapobieganiu chorobom nowotworowym [Hollman, Katan 1997]. W ziarniakach zbóż występują: fitosterole, fitoestrogeny, karotenoidy i awentramidy, jednak najwięcej jest kwasów fenolowych oraz flawonoidów. Związki te w produktach zbożowych występują jednak w małych ilościach. Dykes i Rooney [2007] podają, że 1 g ziarna pszenicy zawiera 1342  $\mu\text{g}$  kwasów fenolowych, a w otrębach jest ich więcej, bo 4527  $\mu\text{g/g}$ .

Najczęściej spożywanym w codziennej diecie produktem zbożowym jest pieczywo. W związku z tym szuka się możliwości zwiększenia w nim ilości związków fenolowych przez stosowanie różnych dodatków recepturowych. Peng i in. [2010] udowodnili, że właściwości przeciwutleniające pieczywa można poprawić, stosując dodatek ekstraktu z pestek winogron bogatego w katechiny i epikatechiny. Prowadzono również badania nad dodawaniem do pieczywa ekstraktu z zielonej herbaty, bogatego w źródła katechin [Wang i in. 2007].

Częstym dodatkiem do wielu produktów spożywczych i potraw jest cebula. Roślina ta zawiera kwercetynę, związek należący do flawonoidów [Griffiths i in. 2002]. Kwercetyna charakteryzuje się wysoką aktywnością przeciwutleniającą oraz możliwością inhibicji enzymów biorących udział w reakcjach procesów zapalnych. Jej prozdrowotne właściwości wiążą się także ze zdolnością do usuwania wolnych rodników, co zapobiega oksydacyjnym uszkodzeniom DNA. Wykazano także właściwości przeciwalergiczne preparatów zawierających kwercetynę [Gliszczyńska-Świągło, Szymusiak 2009]. Znaczne ilości kwercetyny znajdują się w zewnętrznej warstwie cebuli, tak zwanej łusce, która stanowi produkt odpadowy przy produkcji żywności. Gawlik-Dziki i in. [2013] w swoich badaniach wykazali, że dodatek do pieczywa wysuszonej i zmielonej łuski z czerwonej cebuli powoduje istotny wzrost substancji przeciwutleniających. Jednak, przy dodatku powyżej 3%, obserwowali oni pogorszenie właściwości organoleptycznych chleba.

Wydaje się, że korzystnym dodatkiem do pieczywa mogą być ekstrakty, w których koncentracja związków biologicznie czynnych jest znacznie większa niż w surowcach i dlatego można stosować mniejsze ich ilości, uzyskując taki sam efekt wzbogacenia. Związki zawarte w ekstraktach są bardzo wrażliwe na czynniki zewnętrzne, dlatego do ich ochrony stosuje się proces zwany mikrokapsułkowaniem, który polega na utworzeniu powłoki ochronnej wokół cząstek aktywnego związku. Mikrokapsułki mają średnicę od kilku mikrometrów do kilku milimetrów. Zwięk-

szają one stabilność utrwalonych związków, a także umożliwiają kontrolowane uwalnianie się ich w produktach i podczas trawienia [Dłużewska 2008].

Jako nośniki ekstraktu w mikrokapsułkach często wykorzystuje się maltodekstryny lub inulinę. Maltodekstryny, produkty otrzymywane podczas hydrolizy skrobi, są stosowane jako dodatek recepturowy korzystnie wpływający na cechy technologiczne różnych produktów spożywczych. Wykazują one także właściwości prebiotyczne, co jest dodatkowym atutem przemawiającym za ich stosowaniem [Fastinger i in. 2008]. Karolini-Skaradzinska i in. [2012] wykazali, że dodatek maltodekstryn do pieczywa pozytywnie oddziałuje na objętość chleba. Inulina natomiast jest polisacharydem należącym do fruktanów, ma właściwości prebiotyczne i jest używana jako zamiennik tłuszczu [Laguna i in. 2014]. Wykazano, że inulina pomaga w obniżeniu poziomu cholesterolu [Cieślik, Gębusia 2011].

Celem badań własnych była ocena wpływu dodatku mikrokapsułkowanych w inulinie i maltodekstrynie ekstraktów z łuski cebuli, przy różnych proporcjach nośnika do ekstraktu, na jakość chleba pszennego, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości polifenoli i aktywności przeciwutleniającej.

## 2. Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiła mąka pszenna typu 550 wyprodukowana przez Młyn Stradunia (GoodMills Polska Sp. z o.o.) oraz łuska cebuli białej stanowiąca odpad produkcyjny, dostarczona przez firmę Pro-Nutrio (Fabianów).

Związki biologicznie czynne ekstrahowano z rozdrobnionej łuski cebuli przez 24 godziny, 80-procentowym etanolem z dodatkiem  $\text{NaHSO}_3$  (48 mg/l). Otrzymany roztwór odparowano pod próżnią w temperaturze 30°C do 30% początkowej objętości. Po zagęszczeniu ekstrakt wytrząsano z heksanem przez 5 minut w celu odtłuszczenia. Na jedną część ekstraktu dodawano dwie części heksanu. Warstwę etanolową zbierano i następnie suszono próżniowo (suszarka próżniowa Horyzont spt 200). Wilgotność otrzymanego suchego ekstraktu kształtowała się na poziomie 2-3,5% (określano przy użyciu wagosuszarki Radwag MAX 50/1/NP). Aktywność przeciwutleniająca ekstraktu wynosiła 2900 nM Troloxu/mg s.m. (DPPH<sup>•</sup>), 2800 nM Troloxu/mg s.m. (ABTS<sup>•+</sup>) i 1900 nM Troloxu/mg suchej masy (FRAP).

W celu wytworzenia mikrokapsułek ekstrakty polifenolowe rozpuszczano w 50-procentowym wodnym roztworze metanolu, uzyskując 10-procentowy roztwór. Do roztworu dodawano inulinę i maltodekstrynę w takich ilościach, by stosunek preparatu do nośnika wynosił 1:1, 1:2, 1:3. Przed suszeniem rozpyłowym próbki z nośnikami doprowadzano do ekstraktu ok. 34° Brix. Roztwory suszono w suszarce rozpyłowej Büchi 190. Warunki suszenia były stałe (temperatura powietrza wlotowego – 150°C, temperatura podawanego surowca – 40°C, wydajność pompy podającej – 615 ml/h).

Chleby wypiekano metodą opisaną przez Karolini-Skaradzińską i in. [2010], zmodyfikowaną w następujący sposób. Ciasto o konsystencji 300 FU zarobione

z 200 g mąki w mieszarce farinografu Brabendera umieszczano w misce ze stali nierdzewnej i wstawiano do komory fermentacyjnej (temperatura 30-32°C, wilgotność względna ok. 85%). Po fermentacji wstępnej (90 min z przegniataniem ręcznym po 60 i 30 min) ciasto dzielono na kęsy o średniej masie ok. 86 g i wkładano je do foremek (7 × 5 × 6,5 cm) wysmarowanych olejem. Fermentacja końcowa kęsów ciasta trwała średnio ok. 50 min. Wypiek w temperaturze 230°C prowadzono przez 20 min w piecu laboratoryjnym firmy Brabender.

Mikrokapsułki z ekstraktem cebuli dodawano do mąki na etapie zarabiania ciasta. Wielkość dodatku była równoważna wprowadzeniu do ciasta pszennego 0,5% ekstraktu bez nośnika w stosunku do naważki mąki. Przy wprowadzaniu takiej ilości ekstraktu i proporcjach ekstraktu do nośnika 1:1, 1:2 i 1:3 dodatek nośnika ekstraktu (inuliny, maltodekstryny) do chleba wynosił odpowiednio do proporcji 0,5; 1,0; 1,5% w stosunku do naważki mąki. Chleby kontrolne (0% ekstraktu) zawierały substancje używane jako nośnik w ilości 0,5; 1,0 i 1,5%. Wypieki wykonano w 3 powtórzeniach.

Ostudzone pieczywo ważono i określano jego wydajność w stosunku do ilości mąki użytej do wypieku. Objętość pieczywa określano z użyciem ziaren maku w następujący sposób: do cylindrycznego naczynia wsypywano z ustalonej wysokości ziarna maku, nadmiar ziaren usypany ponad brzeg naczynia zgarniano i odrzucano. Ziarna maku wypełniające w całości cylindryczne naczynie przesypywano do drugiego pojemnika. Następnie do naczynia cylindrycznego wkładano bochenek chleba i zasypywano ziarnami maku, tymi, które wcześniej wypełniały cylindryczne naczynie. Nadmiar ziaren zgarniano i ich objętość, równoważną objętości bochenka, mierzono za pomocą cylindra miarowego. Uzyskane wyniki przeliczano na objętość chleba ze 100 g mąki użytej do jego wypieku.

Związki polifenolowe z uzyskanego chleba ekstrahowano przez dodanie 5 ml 80-procentowego metanolu na 1 g próbki. Próbkę poddawano działaniu ultradźwięków (Polsonic Sonic 6D, Poland), a następnie wytrząsano (10 min, GFL 1092, Niemcy) i wirowano (10 min, 3000 rpm, MPW-370 POCH, Polska). Proces ekstrakcji powtarzano dwukrotnie, a supernatanty łączono. W tak otrzymanym ekstrakcie oznaczano zawartość polifenoli ogółem, jako ilość związków reagujących z odczynnikiem Folina-Ciocalteu z użyciem kwasu galusowego jako standardu do wyznaczenia krzywej wzorcowej [Gao i in. 2000]. Wyniki podano w µg kwasu galusowego (GA) na mg suchej masy. Aktywność przeciwutleniającą ekstraktów określano spektrofotometrycznie z użyciem rodników DPPH<sup>•</sup> [Yen i Chen 1995], kationorodników ABTS<sup>•+</sup> [Re i in. 1999] i w oparciu o siłę redukującą jonów żelaza (FRAP) [Benzie, Strain 1996]. Wykorzystane w oznaczeniach odczynniki: 2,2-difenylo-1 pikrylohydrazyl (DPPH), 2,2'-azobis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonian (ABTS), kompleks żelazowo-2,4,6-tripirydylo-S-tiazyny (TPTZ) o czystości analitycznej zakupiono w Sigma-Aldrich (Steinheim, Niemcy). Pomiarów wykonywano w trzech powtórzeniach, wykorzystując spektrofotometr UV-2401 PC (Kioto, Japonia). Aktywność przeciwutleniającą wyrażono w nM Troloxu na mg suchej masy.

Uzyskane wyniki badanych cech chleba z dodatkiem mikrokapsulek z inuliną lub maltodekstryną opracowano statystycznie, wykorzystując analizę wariancji dla dwóch zmiennych. Źródłem zmienności były ilość ekstraktu (0%, 0,5%) i nośnika ekstraktu (0,5; 1,0; 1,5). W przypadku stwierdzenia istotności wpływu czynnika lub interakcji czynników na badaną cechę wartości średnie testowano testem Duncana przy poziomie ufności 0,05 w celu wyznaczenia grup jednorodnych. Do obliczeń używano programu Statistica 10.0 firmy StatSoft. W pracy przedstawiono wartości średnie interakcji między ilością ekstraktu i nośnika.

### 3. Wyniki i dyskusja

W tabeli 1 przedstawiono wyniki wydajności i objętości pieczywa z dodatkiem samych nośników – inuliny i maltodekstryny (0% ekstraktu) oraz z dodatkiem w ilości 0,5% ekstraktu z cebuli utrwalanego na tych nośnikach w proporcjach 1:1, 1:2, 1:3. Stwierdzono, że wydajność pieczywa była duża i wahała się w zakresie od 145,2% (chleb zawierający 1% inuliny) do 149,6% (0,5% ekstraktu i 1% maltodekstryny). Na podstawie wyników uzyskanych podczas stosowania inuliny i maltodekstryny jako nośników ekstraktu można wnioskować, że oba stosowane nośniki ekstraktu podobnie oddziałują na wydajność chleba. Na uwagę zasługuje fakt że, gdy dodatek nośnika do chleba wynosił 1%, wydajność chlebów z maltodekstryną była większa o 2-3% od tych z inuliną. Karolini-Skaradzińska i in. [2007, 2012] stwierdzili, że wprowadzenie do receptury chleba pszennego 1-4% inuliny lub maltodekstryny nie wpływa na jego wydajność. W badaniach własnych obserwowano różnice wydajności chlebów z różną ilością inuliny lub maltodekstryny. Oceniając wydajność chlebów zawierających inulinę, wykazano, że największą wydajnością cechowały się chleby z jej 0,5-procentowym dodatkiem niezależnie od tego, czy ekstrakt był dodawany, czy nie. Spośród chlebów, do których dodawano maltodekstrynę, największą wydajnością cechowały się te zawierające 0,5% ekstraktu oraz 0,5 i 1% nośnika (mikrokapsułki o proporcji 1:1 i 1:2) (tab. 1). Różnice między wynikami własnymi a cytowanych autorów mogą wynikać m.in. ze stosowania odmiennego materiału badawczego: mąki pszennej, inuliny i maltodekstryny. W badaniach własnych użyto maltodekstrynę niskocukrzoną, o równoważniku glukozowym równym 8 (DE=8), natomiast w badaniach Karolini-Skaradzińskiej i in. [2012] była to maltodekstryna o równoważniku 9,4 (DE=9,4). Inulina stosowana przez Karolini-Skaradzińską i in. [2007] to inulina TEX!, a w badaniach własnych zastosowano inulinę HPX. Nie bez znaczenia dla uzyskanych wyników może być także dodatek ekstraktu z cebuli.

Objętość wypieczonych chlebów była bardzo zróżnicowana i wahała się w granicach od 303,3 cm<sup>3</sup> (0,5% ekstraktu, 1% inuliny) do 422,7 cm<sup>3</sup> (0% ekstraktu, 1,5% inuliny) (tab. 1). W chlebie pszenным bez dodatku ekstraktu z cebuli zwiększenie ilości inuliny i maltodekstryny od 0,5 do 1,5% przyczyniało się do zwiększania jego objętości (inulina 399,3-422,7 cm<sup>3</sup>, maltodekstryna 385,3-407,3 cm<sup>3</sup>). Natomiast Karolini-Skaradzińska i in. [2007, 2012], dodając inulinę i maltodekstrynę o innych

parametrach, nie stwierdzili istotnych różnic objętości chleba przy dodatku tych substancji w ilości do 2% w stosunku do mąki. Chleby zawierające mikrokapsułkowany w inulinie lub maltodekstrynie ekstrakt z cebuli miały mniejszą objętość w porównaniu do chlebów nie zawierających ekstraktu (tab. 1). Przy czym chleby z dodatkiem ekstraktu były największe, gdy dodawano mikrokapsułki o proporcji ekstraktu do nośnika 1:3 (0,5% ekstraktu i 1,5% nośnika). W dostępnej literaturze brak jest doniesień na temat wpływu dodatku mikrokapsułkowanych ekstraktów z cebuli na cechy wypiekowe pieczywa. Prowadzone były natomiast badania, w których jako dodatek do pieczywa stosowano mikrokapsułkowany w maltodekstrynie ekstrakt z owoców garczyny [Ezhilarasi i in. 2014]. Wykazano w nich, podobnie jak w badaniach własnych, że taki dodatek powoduje obniżenie objętości pieczywa. Również Sun-Waterhouse i in. [2011], dodając do pieczywa ekstrakty z suszonych jabłek, kiwi i czarnej porzeczki wykazali, że niekorzystnie wpływają one na objętość pieczywa.

**Tabela 1.** Wydajność i objętość pieczywa pszennego z różnym dodatkiem mikrokapsułkowanych w inulinie i maltodekstrynie ekstraktów z cebuli

**Table 1.** Yield and volume of wheat bread with different addition of onion extracts microencapsulated with inulin and maltodextrin

Ilość ekstraktu/ Extract amount [%]	Czynnik/Factor		Wydajność pieczywa/ Yield of bread [%]		Objętość pieczywa ze 100 g mąki/ Volume of bread from 100 g flour [cm <sup>3</sup> ]	
	rodzaj nośnika/ carrier type		maltodekstryna/ maltodextrin	inulina/ inulin	maltodekstryna/ maltodextrin	inulina/ inulin
	ilość nośnika/ carrier amount [%]					
0	0,5		147,3 b	148,0 a	385,3 bc	399,3 b
	1,0		147,4 b	145,2 b	407,3 a	384,3 b
	1,5		146,8 b	146,4 ab	400,0 ab	422,7 a
0,5	0,5		147,6 ab	148,7 a	360,7 d	316,7 cd
	1,0		149,6 a	147,6 a	312,7 e	303,3 d
	1,5		146,7 b	147,0 ab	380,3 c	323,3 c

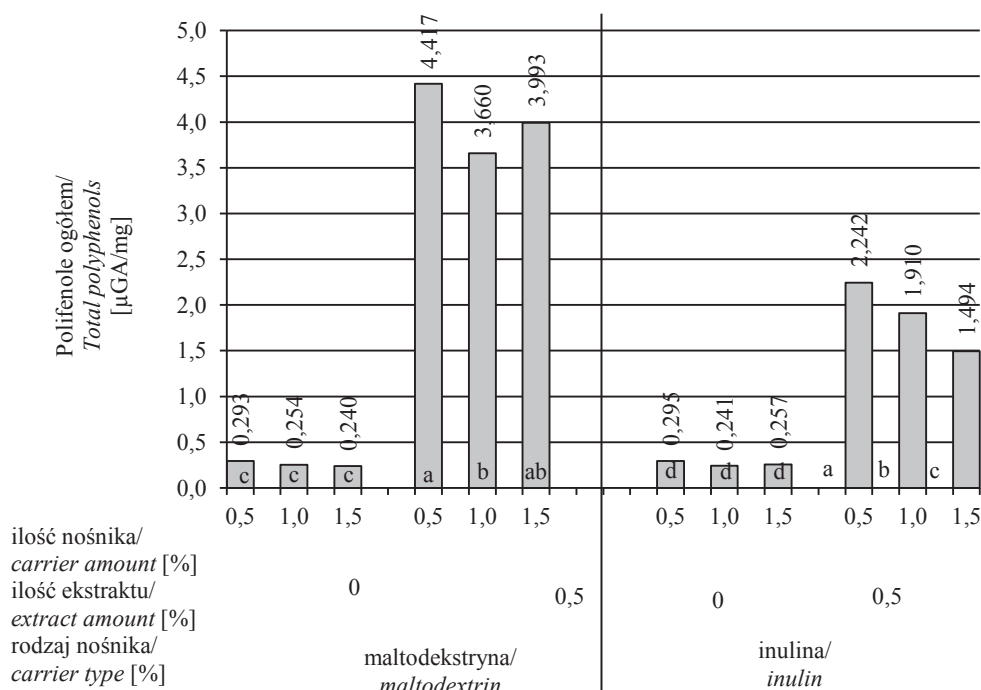
a-e – wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / – mean values in columns and designated by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Pieczywo pszenne zawiera nieznaczące ilości polifenoli [Sumczynski i in. 2015]. Badania prowadzone przez różnych autorów wykazały, że pieczywo można wzbogacić w polifenole, bez pogorszenia jego jakości, przez dodatek naturalnych produktów bogatych w te związki. Lin i in. [2009] uzyskali wzrost zawartości rutyny i kwercetyny w chlebie w wyniku zastąpienia 15% mąki pszennej mąką gryczaną.

Gawlik-Dziki i in. [2013] wykazali natomiast, że do wzbogacenia pieczywa w kwercetynę może się przyczynić 2-3-procentowa suplementacja pieczywa preparatem z łuski cebuli. W chlebach z większym dodatkiem łuski cebuli jakość pieczywa ulegała pogorszeniu. W badaniach własnych, w których jako dodatek do pieczywa stosowano mikroksułowane w maltodekstrynie lub inulinie ekstrakty z cebuli, zawartość polifenoli po ich zastosowaniu zwiększała się wielokrotnie (rys. 1). W chlebach pszennych z dodatkiem inuliny, jak i maltodekstryny w ilościach 0,5-1,5% zawartość polifenoli ogółem (związków fenolowych reagujących z odczynnikiem Folina-Ciocalteu) kształtowała się na poziomie od 0,240  $\mu\text{g GA}/\text{mg}$  do 0,295  $\mu\text{g GA}/\text{mg}$ . Po wprowadzeniu do chleba 0,5% ekstraktu z cebuli ilość polifenoli istotnie się zwiększyła i była największa, gdy stosowano mikroksułowki o proporcji ekstraktu do nośnika 1:1 (0,5% ekstraktu, 0,5% nośnika). Przy większym stosunku nośnika do ekstraktu obserwowano statystycznie istotne obniżenie zawartości tych związków w chlebie. Gdy jako nośnik ekstraktu stosowano maltodekstrynę, zawartość polifenoli ogółem była prawie dwukrotnie większa (3,668 do 4,41  $\mu\text{g GA}/\text{mg}$ ) w porównaniu z próbkami zawierającymi inulinę (1,494 do 2,242  $\mu\text{g GA}/\text{mg}$ ).



**Rys. 1.** Zawartość związków polifenolowych ogółem w pieczywie pszennym z dodatkiem mikroksułowanych w inulinie i maltodekstrynie ekstraktów z cebuli

**Fig. 1.** Total polyphenols content in wheat bread with onion extracts microencapsulated with inulin and maltodextrin

Źródło: opracowanie własne.  
Source: own study.

Zawartość związków polifenolowych wpływa na aktywność przeciwutleniającą produktów. Lin i in. [2009] wykazali, że 15% udziału mąki gryczanej w chlebie pszennym powoduje wzrost aktywności przeciwutleniającej określanej metodą DPPH<sup>•</sup> w stosunku do pieczywa niezawierającego tego dodatku. Według Gawlik-Dziki i in. [2013] efektywnym dodatkiem powodującym wzrost właściwości przeciwutleniających pieczywa może być dodatek zmielonej łuski cebuli. W badaniach własnych dodatek ekstraktu z cebuli, powodujący wielokrotny wzrost ilości związków polifenolowych w chlebie, również istotnie wpłynął na aktywność przeciwutleniającą określaną różnymi metodami (tab. 2). Aktywność przeciwutleniającą można określać metodą unieczynniania rodnika DPPH<sup>•</sup>. Wartości uzyskiwane tą metodą były ponad czterokrotnie wyższe niż w metodzie z wykorzystaniem ABTS<sup>•+</sup> (tab. 2). Dodatek ekstraktu z cebuli spowodował wzrost aktywności antyoksydacyjnej wyrażonej przez DPPH<sup>•</sup> z ok. 8,5 nM/mg w chlebach zawierających tylko nośnik bez ekstraktu (0%) do 60,48 nM/mg w chlebie z dodatkiem ekstraktu z cebuli utrwalonego w inulinie (1,5% nośnika) i 52,48 nM/mg w chlebie z ekstraktem utrwalonym przez maltodekstrynę (1% nośnika). Uzyskane wyniki wskazują, że aktywność przeciwutleniająca określana tą metodą była większa w próbkach z inuliną.

Floegel i in. [2011] uważają, że metoda ABTS<sup>•+</sup> lepiej niż metoda DPPH<sup>•</sup> odzwierciedla właściwości przeciwutleniające produktów o wysokiej pigmentacji.

**Tabela 2.** Właściwości przeciwutleniające pieczywa pszennego z różnym dodatkiem mikroenkapsulowanych w inulinie i maltodekstrynie ekstraktów z cebuli

**Table 2.** Wheat bread antioxidant activity with microencapsulated with inulin and malodextrin onion extracts

Ilość ekstraktu/ Extract amount [%]	Czynnik/Factor	DPPH <sup>•</sup> [nM/mg]		ABTS <sup>•+</sup> [nM/mg]		FRAP [nM/mg]		
	rodzaj nośnika/ carrier type	ilość nośnika/ carrier amount [%]	malto-dekstryna/ maltodextrin	inulina/ inulin	malto-dekstryna/ maltodextrin	inulina/ inulin	malto-dekstryna/ maltodextrin	inulina/ inulin
0	0,5		8,53 c	8,51 d	2,11 c	2,15 b	0,52 b	0,43 c
	1,0		8,45 c	8,48 d	1,98 c	2,08 b	0,42 b	0,36 c
	1,5		8,54 c	8,60 d	1,90 c	2,08 b	0,29 b	0,33 c
0,5	0,5		50,79 ab	59,09 b	13,89 a	8,19 a	22,50 a	12,23 a
	1,0		52,48 a	57,94 c	12,23 b	7,81 a	20,84 a	10,12 b
	1,5		48,74 b	60,48 a	12,26 b	7,61 a	21,69 a	10,80 ab

a-e – wartości średnie oznaczone w kolumnach różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / – mean values in columns and designated by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.



Chleby oceniane w przedstawianych badaniach można natomiast zaliczyć do produktów o stosunkowo niskiej zawartości związków o właściwościach przeciwutleniających. Aktywność przeciwutleniająca wyrażona przez zdolność do dezaktywacji kationorodników ABTS<sup>•+</sup> zwiększała się pod wpływem dodatku ekstraktu z cebuli blisko czterokrotnie, gdy nośnikiem była inulina, i ponad sześciokrotnie w wypadku użycia maltodekstryny. Stwierdzono ponadto, że przy stosowaniu ekstraktu z cebuli utrwalanego w inulinie różnice aktywności określanej metodą ABTS między chlebami zawierającymi mikrokapsułki o różnej proporcji ekstraktu do nośnika były nieistotne, a gdy nośnikiem ekstraktu była maltodekstryna, chleby zawierające ekstrakt i nośnik w proporcji 1:1 charakteryzowały się wyższą aktywnością przeciwutleniającą (13,89 nM/mg) niż przy pozostałych dodatkach.

Ocena aktywności przeciwutleniającej produktów metodą FRAP oparta jest na pomiarze zdolności do redukcji kompleksu jonów Fe<sup>3+</sup> z odczynnikiem TPTZ (2,4,6 tripirydylo-S-triazyna) do intensywnie niebieskiego kompleksu Fe<sup>2+</sup>/TPTZ w badanym układzie. Również tą metodą stwierdzono istotny wzrost aktywności przeciwutleniającej w pieczywie po dodaniu ekstraktów z cebuli utrwalanych na obu nośnikach (tab. 2). W próbkach, w których stosowano 0,5% dodatku ekstraktu utrwalonego w inulinie, wartości FRAP wahały się od 10,12 nM/mg (1,0% nośnika) 12,23 nM/mg bez ekstraktu (0,5% nośnika), podczas gdy w chlebach zawierających tylko inulinę od 0,33 do 0,43 nM/mg (odpowiednio 1,5-0,5% nośnika) (tab. 2). Wartości aktywności przeciwutleniającej badanej metodą FRAP w chlebie, w którym obecna była maltodekstryna, w zależności od obecności tego związku i ekstraktu z cebuli wahały się w granicach od 0,29 nM/mg do 22,50 nM/mg. W tym przypadku przy zastosowaniu maltodekstryny wartości aktywności przeciwutleniającej były około dwa razy wyższe w stosunku do prób, w których dodawano ekstrakt utrwalany w inulinie.

Bakowska-Barczak i Kołodziejczyk [2011] wykazali, że rodzaj nośnika ma istotny wpływ na zawartość polifenoli, a tym samym na wyniki aktywności przeciwutleniającej. W badaniach własnych, przy stosowaniu do wypieku chleba mikrokapsułkowanych w inulinie i maltodekstrynie ekstraktów z cebuli, stwierdzono, że spośród trzech stosowanych metod określania aktywności przeciwutleniającej dwiema metodami (ABTS<sup>•+</sup> i FRAP) uzyskiwano wyższe wartości w chlebach z dodatkiem ekstraktu utrwalanego w maltodekstrynie, w porównaniu z próbami ekstraktem utrwalanym inuliną. Chleby zawierające ekstrakty z maltodekstryną cechowały się także większą zawartością związków polifenolowych. Przypuszczalnie jest to wynikiem lepszej ochrony substancji zawartych w ekstrakcie z cebuli przez maltodekstrynę niż inulinę. Przy badaniu aktywności przeciwutleniających metodą DPPH<sup>•</sup> wyższe wartości uzyskano przy zastosowaniu w roli nośnika inuliny.

## 4. Wnioski

1. Chleby z dodatkiem ekstraktów z cebuli mikro kapsułkowanych w proporcji ekstraktu do nośnika 1:1 i 1:2 cechowały się dużą wydajnością. Dodatek ekstraktu z cebuli powodował zmniejszenie objętości chleba. Chleby z ekstraktem mikro kapsułkowym w maltodekstrynie miały większą objętość niż te z mikro kapsułkami zawierającymi inulinę.

2. Dodatek mikro kapsułkowanych ekstraktów z cebuli istotnie zwiększał zawartość polifenoli ogółem oraz aktywność przeciwutleniającą chleba.

3. Zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniająca w chlebach pszennych z dodatkiem ekstraktów z cebuli mikro kapsułkowanych z inuliną i maltodekstryną była największa przy stosowaniu mikro kapsułek o proporcji ekstraktu do nośnika 1:1.

4. Stwierdzono, że maltodekstryna w większym stopniu niż inulina chroniła aktywne związki ekstraktu z cebuli i dzięki temu chleby zawierały więcej związków polifenolowych i miały wyższą aktywność przeciwutleniającą.

## Literatura

- Bakowska-Barczak A.M., Kołodziejczyk P.P., 2011, *Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation*, Industrial Crops and Products, no. 34, s. 1302-1308.
- Benzie I.F.F., Strain J.J., 1996, *The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay*, Analytical Biochemistry, no. 239, s. 70-76.
- Cieślak E., Gębusia A., 2011, *Żywność funkcjonalna z dodatkiem fruktanów*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, nr 2(75), s. 25-37.
- Dłużewska E., 2008, *Mikro kapsułkowanie dodatków do żywności*, Przemysł Spożywczy, nr 5, s. 30-34.
- Dykes L., Rooney L.W., 2007, *Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits*, Cereal Food World, no. 52(3), s. 105-111.
- Ezhilarasi P.N., Indrani D., Jena B.S., Anandharamkrishnan C., 2014, *Microencapsulation of Garcinia fruit extract by spray drying and its effect on bread quality*, Journal of the Science of Food and Agriculture, no. 94(6), s. 1116-1123.
- Fastinger N.D., Karr-Lilienthal L.K., Spears J.K., Swanson K.S., Zinn K.E., Nava G.M., Ohkuma K., Kanahori S., Gordon D.T., Fahey G.C. Jr, 2008, *A novel resistant maltodextrin alters gastrointestinal tolerance factors, fecal characteristics, and fecal microbiota in healthy adult humans*, Journal of the American College of Nutrition, no. 27(2), s. 356-366.
- Floegel A., Kim D.-O., Chung S.-J., Koo S.I., Chun O.K., 2011, *Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods*, Journal of Food Composition and Analysis, no. 24(7), s. 1043-1048.
- Gao X., Ohlander M., Jeppsson N., Björk L., Trajkovski V., 2000, *Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) during maturation*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, no. 48(5), s. 1485-1490.
- Gawlik-Dziki U., Świeca M., Dziki D., Baraniak B., Tomiło J., Czyż J., 2013, *Quality and antioxidant properties of breads enriched with dry onion (Allium cepa L.) skin*, Food Chemistry, no. 138, s. 1621-1628.
- Gliszczyńska-Świągło A., Szymusiak H., 2009, *Interakcje między składnikami suplementów diety na przykładzie kwercetyny i witaminy C*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, nr 4(65), s. 278-285.

- Griffiths G., Trueman L., Crowther T., Thomas B., Smith B., 2002, *Onions – A global benefit to health*, Phytotherapy Research, no. 16(7), s. 603-615.
- Hollman P.C.H., Katan M.B., 1997, *Absorption, metabolism and health effects of dietary flavonoids in man*, Biomedicine & Pharmacotherapy, no. 51(8), s. 305-310.
- Karolini-Skaradzińska Z., Bihuniak P., Piotrowska E., Wdowik L., 2007, *Properties of dough and qualitative characteristics of wheat bread with addition of inulin*, Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, no. 57, s. 267-270.
- Karolini-Skaradzińska Z., Czubaszek, A., Łuczak, D., Frączak, A., 2010, *Jakość ciasta i pieczywa pszennego z dodatkiem serwatki*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, nr 6(73), s. 46-57.
- Karolini-Skaradzińska Z., Czubaszek A., Stanisławska M., Szewców P., 2012, *Zmiany właściwości wypiekowych mąki pszennej pod wpływem dodatku maltodekstryn*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, nr 4(83), s. 108-121.
- Laguna L., Primo-Martin C., Varela C., Salvador A., Sanza T., 2014, *HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation*, LWT – Food Science and Technology, no. 56, s. 494-501.
- Lin L., Liu H., Yu Y., Lin S., Mau J., 2009, *Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread*, Food Chemistry, no. 112, s. 987-991.
- Peng X., Ma J., Cheng K., Jiang Y., Feng C., Wang M., 2010, *The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread*, Food Chemistry, no. 119, s. 49-53.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C., 1999, *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay*, Free Radical Biology & Medicine, no. 26, s. 1231-1237.
- Sumczynski D., Bubelova Z., Sneyd J., Erb-Weber S., Mlcek J., 2015, *Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in non-traditional wheat flakes and muesli*, Food Chemistry, no. 174, s. 319-325.
- Sun-Waterhouse D., Sivam A.S., Cooney J., Zhou J., Perera C.O., Waterhouse G.I.N., 2011, *Effects of added fruit polyphenols and pectin on the properties of finished breads revealed by HPLC/LC-MS and size-exclusion HPLC*, Food Research International, no. 44, s. 3047-3056.
- Wang R., Zhou W., Isabelle M., 2007, *Comparison study of the effect of green tea extract (GTE) on the quality of bread by instrumental analysis and sensory evaluation*, Food Research International, no. 40, s. 470-479.
- Yen G., Chen H., 1995, *Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, no. 43, s. 27-32.
- Zieliński H., Achremowicz B., Przygodzka M., 2012, *Przeciwutleniacze ziarniaków zbóż*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, nr 1(80), s. 5-26.