

2. ZAGOSPODAROWANIE PRODUKTÓW UBOCZNYCH PRZETWÓRSTWA OWOCÓW W PRODUKCJI ŻYWNOŚCI

2.1. Produkcja i przetwórstwo owoców w Polsce

Rynek owoców stanowi jeden z bardziej istotnych segmentów branży spożywczej w Polsce. Zbiory owoców ogółem w Polsce w 2015 roku wyniosły 4099,8 tys. ton i były o 2,1% niższe od zbiorów uzyskanych w 2014 roku, a jednocześnie aż o ponad 35% wyższe od średniej produkcji owoców w Polsce w latach 2006–2010. Zdecydowanie największy odsetek wszystkich owoców produkowanych w Polsce stanowiły jabłka – 77,3%, których zbiory w 2015 roku osiągnęły wielkość 3168,8 tys. ton. Wielkość zbiorów pozostałych owoców z drzew (wyłączając jabłka) znajdowała się w 2015 roku na poziomie 412,7 tys. ton, co odpowiadało 10% łącznej produkcji owoców w Polsce. W tej grupie największe zbiory dotyczyły wiśni (179,4 tys. ton), śliwek (94,9 tys. ton), gruszek (69,6 tys. ton) i czereśni (48,1 tys. ton). Zbiory owoców jagodowych w Polsce w 2015 roku wyniosły łącznie 518,3 tys. ton, co stanowiło ponad 12,6% całej produkcji owoców w Polsce w analizowanym okresie. Wielkość zbiorów truskawek w 2015 roku wyniosła 204,9 tysięcy ton, co klasyfikowało je na drugim miejscu wśród wszystkich owoców – jedynie za jabłkami. Zbiory innych owoców jagodowych – porzeczek, malin i aronii – wyniosły w omawianym roku odpowiednio: 159,9 tys. ton, 79,9 tys. ton oraz 38,2 tys. ton (Główny Urząd Statystyczny, 2016a).

Polska jest od kilku lat jednym z największych światowych producentów wszystkich popularnych gatunków owoców jagodowych. Powierzchnia upraw roślin jagodowych stanowi około 30% powierzchni wszystkich upraw owocowych. Produkcji tej sprzyjają korzystne warunki glebowe oraz klimatyczne (Kraciński, 2014). Polska praktycznie zmonopolizowała światowy rynek aronii, gdyż według danych Krajowego Zrzeszenia Plantatorów Aronii rodzima produkcja to prawie 90% ogólnoświatowej uprawy tego owocu. Jednocześnie, jak wynika z danych znajdujących się w bazie FAOSTAT, nasz kraj znajduje się w czołowej dziesiątce największych producentów malin, porzeczek, truskawek i borówek (Food and Agriculture Organization of the

United Nations [FAO]). Jedynym państwem, w którym odnotowuje się w ostatnich latach wyższy niż w Polsce poziom produkcji malin i porzeczek, jest Rosja. Państwami, oprócz Rosji i Polski, w których produkcja malin w 2013 roku osiągnęła wartość ponad 100 milionów dolarów, były USA i Serbia (tabela 15). W przypadku pozostałych państw produkcja malin była na kilkukrotnie niższym poziomie niż w Polsce. W czołowej dziesiątce znaleźli się przedstawiciele aż trzech kontynentów: Europy, Azji i Ameryki Północnej.

Tabela 15. Ranking państw o największej wielkości i wartości produkcji malin na świecie w 2013 roku według danych FAOSTAT

Miejsce w rankingu	Państwo	Wielkość produkcji (w tys. ton)	Wartość produkcji (w mln \$)
1	Rosja	143,0	276,7
2	Polska	121,0	234,2
3	USA	83,3	161,1
4	Serbia	68,5	132,5
5	Meksyk	30,4	58,8
6	Ukraina	29,5	57,1
7	Wielka Brytania	14,6	28,2
8	Azerbejdżan	12,0	23,2
9	Hiszpania	11,7	22,6
10	Kanada	9,7	18,8

Źródło: Na podstawie: FAOSTAT.

O ile, w porównaniu do zestawienia dotyczącego malin, dwa pierwsze miejsca w rankingu producentów porzeczek zajęły ponownie Rosja i Polska, o tyle różnica w wielkości i wartości produkcji tych owoców między czołowymi krajami jest znacznie większa (tabela 16). Wielkość produkcji malin w Rosji była bowiem o kilkanaście procent wyższa niż w Polsce, natomiast produkcja porzeczek w Rosji osiągnęła poziom niemal dwukrotnie wyższy niż w naszym kraju. Należy dodatkowo podkreślić znaczącą różnicę między tymi dwoma krajami a pozostałymi producentami porzeczek. Łączna produkcja tych owoców w krajach, które znalazły się w rankingu na miejscach od trzeciego do dziesiątego, osiągnęła w 2013 roku poziom 121 milionów ton, co było wartością o ponad 1/3 niższą od wielkości produkcji w Polsce oraz ponad trzykrotnie niższą niż w Rosji. Warto zauważyć większą niż w przypadku malin koncentrację produkcji na kontynencie europejskim (w tym Rosji). Jedynym krajem spoza Europy w czołowej dziesiątce rankingu była Nowa Zelandia.

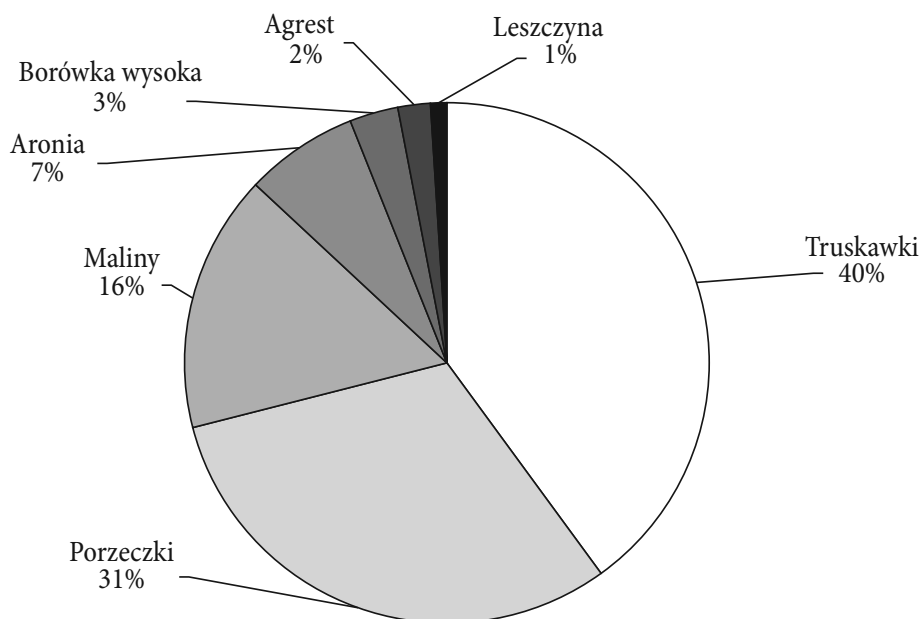
Poziom zróżnicowania rynku owoców jagodowych w Polsce ukazuje struktura zbiorów najpopularniejszych owoców z krzewów owocowych i plantacji jagodowych (rysunek 1). W 2015 roku największy odsetek produkowanych owoców stanowiły truskawki (40%), natomiast na drugim i trzecim miejscu znalazły się porzeczki i maliny – odpowiednio 31% i 16% wszystkich zbiorów z krzewów owocowych

Tabela 16. Ranking państw o największej wielkości i wartości produkcji porzeczek na świecie w 2013 roku według danych FAOSTAT

Miejsce w rankingu	Państwo	Wielkość produkcji (w tys. ton)	Wartość produkcji (w mln \$)
1	Rosja	372,7	333,6
2	Polska	198,5	177,6
3	Ukraina	26,6	23,8
4	Austria	19,2	17,2
5	Francja	18,3	16,3
6	Wielka Brytania	17,0	15,2
7	Dania	13,7	12,2
8	Niemcy	12,7	11,3
9	Nowa Zelandia	10,1	9,0
10	Węgry	3,4	3,0

Źródło: Na podstawie: FAOSTAT.

i plantacji jagodowych. Łączne zbiory malin i porzeczek stanowiły blisko połowę zbiorów wszystkich owoców uwzględnionych w zestawieniu. Mniejszy odsetek rynku stanowiły owoce aronii, borówki wysokiej, agrestu i leszczyny.



Rysunek 1. Struktura zbiorów owoców z krzewów owocowych i plantacji jagodowych w Polsce w 2015 roku

Źródło: Główny Urząd Statystyczny (2016a)

Wielkości zbiorów owoców z krzewów owocowych i plantacji jagodowych w Polsce w ostatnich latach ulegały istotnym zmianom (tabela 17). Najwyższy poziom zbiorów owoców z krzewów owocowych i plantacji jagodowych

w Polsce – na poziomie powyżej 600 tysięcy ton – odnotowano w 2013 roku, a najniższy w 2015 roku – 513 tysięcy ton.

Tabela 17. Wielkość zbiorów wybranych owoców z krzewów owocowych i plantacji jagodowych w Polsce w latach 2012–2015 (w tys. ton)

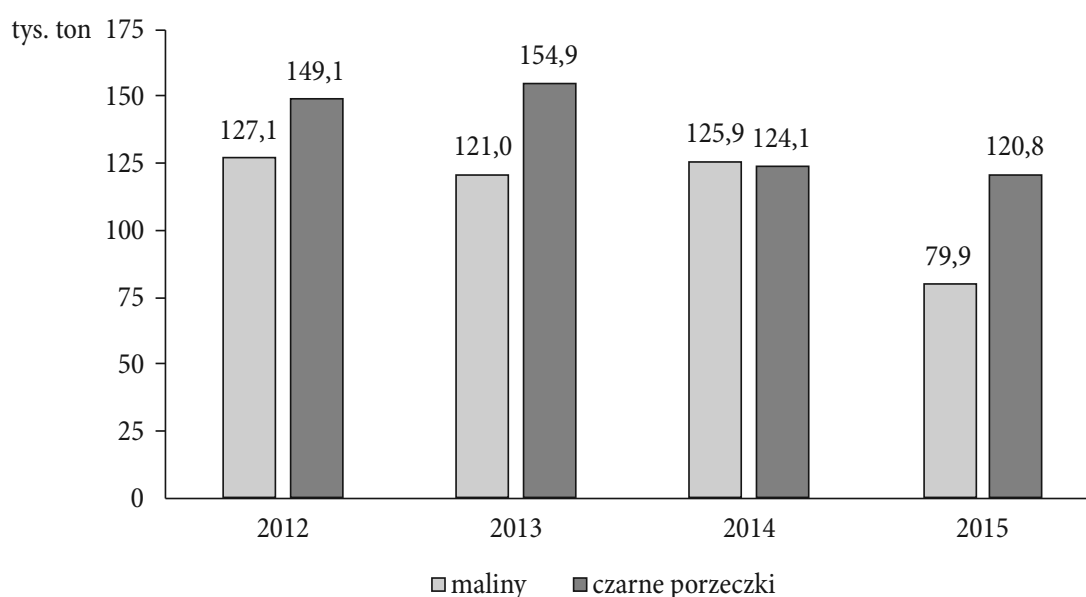
Owoce	Wielkość zbiorów w poszczególnych latach				Procentowa zmiana 2015	
	2012	2013	2014	2015	2012 = 100	2014 = 100
Truskawki	150,2	192,6	202,5	204,9	136,4	101,2
Porzeczki	194,5	198,5	162,6	159,9	82,2	98,3
Maliny	127,1	121,0	125,9	79,9	62,9	63,5
Aronia	51,2	57,9	43,4	38,2	74,6	88,0
Borówka wysoka	11,3	12,7	12,5	13,1	115,9	104,8
Agrest	16,3	15,0	12,4	12,1	74,2	97,6
Leszczyna	4,2	5,1	5,5	5,4	128,6	98,2
Łącznie	554,8	602,8	564,8	513,5	92,6	90,9

Źródło: Na podstawie: (Główny Urząd Statystyczny, 2014; 2016a).

W latach 2012 i 2013 najwyższe zbiory spośród wszystkich analizowanych owoców dotyczyły porzeczek, natomiast w latach 2014 i 2015 największy poziom zbiorów dotyczył truskawek. Przez cały analizowany okres na trzecim miejscu pod względem wielkości zbiorów znajdowały się maliny. W porównaniu do tych trzech rodzajów owoców znacznie mniejsze poziomy zbiorów w Polsce odnotowywano w poszczególnych latach w przypadku aronii, borówki wysokiej, agrestu i leszczyny. Jedynymi owocami, dla których w całym analizowanym okresie odnotowywano coroczny wzrost wielkości zbiorów, były truskawki, natomiast z roku na rok systematycznie spadała w Polsce w latach 2012–2015 produkcja agrestu. Wielkości produkcji innych owoców uwzględnionych w zestawieniu zmieniały się w analizowanym okresie w sposób nieregularny.

Wielkość zbiorów truskawek w 2015 roku wyniosła w Polsce 204,9 tysięcy ton, co oznaczało ponad 36-procentowy wzrost w porównaniu z 2012 rokiem. Zarówno w przypadku porzeczek, jak i malin najniższy poziom zbiorów w analizowanym okresie odnotowano w 2015 roku. W odniesieniu do porzeczek zbiory wyniosły około 160 tysięcy ton, co oznacza spadek o blisko 1,7% w porównaniu z 2014 rokiem i aż o 17,8% w porównaniu z 2012 rokiem. Jeszcze bardziej znaczący spadek wielkości zbiorów (najwyższy spośród wszystkich analizowanych owoców) został zanotowany dla malin. Ich zbiory w 2015 roku osiągnęły poziom około 80 tysięcy ton, co oznaczało spadek o około 38% w porównaniu z poziomem odnotowanym w latach 2012 oraz 2014. Było to związane z na ogół niesprzyjającymi warunkami wegetacji dla krzewów owocowych. Innym istotnym czynnikiem ograniczającym uzyskanie wyższych plonów była susza.

Najpopularniejszą i najczęściej uprawianą odmianą porzeczek w Polsce jest porzeczka czarna. Na rysunku 2 porównano wielkości produkcji malin i czarnych porzeczek w Polsce w latach 2012–2015. W dwóch pierwszych latach należących do analizowanego okresu zanotowano większą o 22–34 tysiące ton produkcję czarnych porzeczek, a jedynie w 2014 roku nieznacznie wyższą produkcję malin (o niecałe 2 tysiące ton). Największą różnicę w poziomie produkcji porównywanych owoców – ponad 40 tysięcy ton na korzyść czarnych porzeczek – zanotowano w 2015 roku. Tak duża różnica wynikała ze znaczącego spadku produkcji malin i niewielkiego spadku produkcji czarnych porzeczek w ostatnim roku omawianego okresu. Brak dostatecznej ilości wody w glebie wpłynął istotnie na znaczące zmniejszenie plonowania malin w 2015 roku. W przypadku porzeczki czarnej o wysokości zbiorów zdecydował przede wszystkim czynnik ekonomiczny. Produkcja czarnych porzeczek w sezonie 2015 roku wyniosła 120,8 tysiące ton i byłaby znacznie większa, gdyby wszystkie owoce zostały zebrane, jednakże wielu plantatorów produkujących te owoce z przeznaczeniem do przemysłu zaniechało zbioru ze względu na niską cenę skupu.

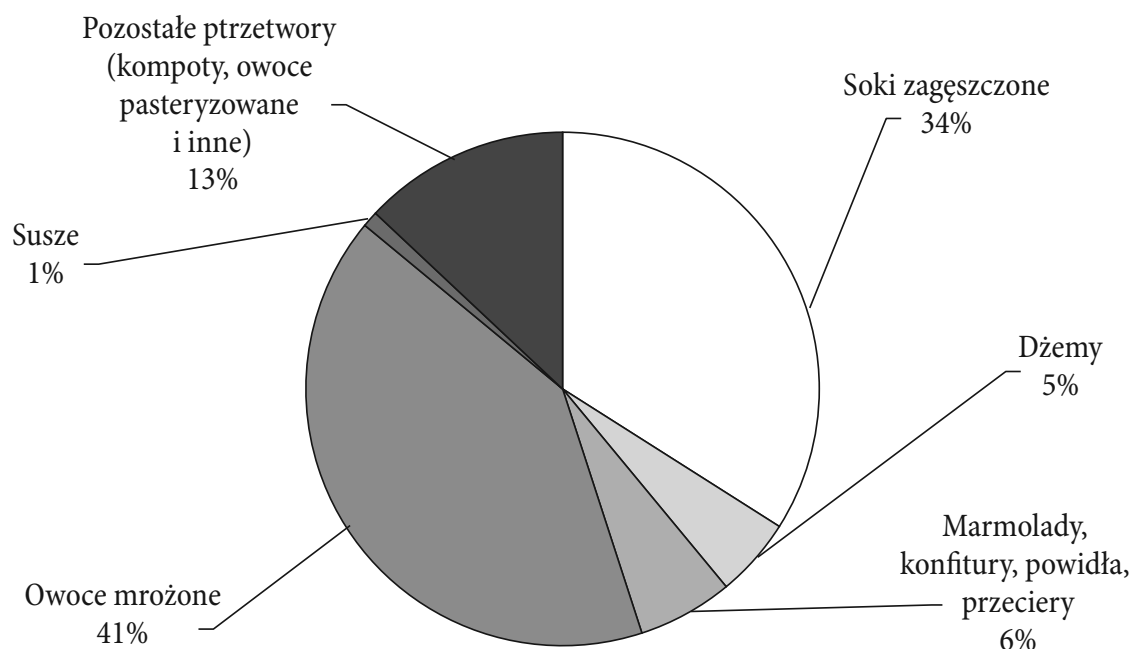


Rysunek 2. Porównanie wielkości produkcji malin i czarnych porzeczek w Polsce w latach 2012–2015 (w tys. ton)

Źródło: Na podstawie: (Główny Urząd Statystyczny, 2014, 2015a, 2016a).

Mimo wyższego poziomu produkcji w Polsce czarnych porzeczek niż malin dane dotyczące eksportu wskazują wyraźnie na dominujący udział malin. W 2015 roku eksport malin osiągnął poziom 17,9 tys. ton, co stanowi 22,4% całej produkcji malin w Polsce. W przypadku czarnych porzeczek mieliśmy do czynienia z niewielkim udziałem eksportu – 2,8 tys. ton, czyli jedynie 2,3% całej produkcji w 2015 roku.

Przetwórstwo owoców i warzyw stanowi czwarty sektor polskiego przemysłu spożywczego z 8-procentowym udziałem w segmencie artykułów spożywczych. Sytuacja finansowa przemysłu owocowo-warzywnego w Polsce od wielu lat jest dobra i bezpieczna. Świadczą o tym wskaźniki ekonomiczne osiągnięte w ostatnich latach przez przedsiębiorstwa działające w tej branży. Większość wyprodukowanych w Polsce w latach 2010–2013 truskawek, malin i czarnych porzeczek była przeznaczona do przetwórstwa (odpowiednio: 68%, 77% i 92%) (Kraciński, 2014). W sezonie 2015/2016 łączna produkcja przetworów owocowych w Polsce wyniosła 1 110 tys. ton, co oznaczało wzrost wobec 1085 tys. ton w sezonie poprzednim. Odnotowano wzrost produkcji przetworów wytwarzanych m.in. z truskawek, porzeczek, jabłek i wiśni, natomiast spadek produkcji przetworów malinowych i śliwkowych. Zmiany te były zgodne z kształtowaniem się zbiorów i podaży poszczególnych gatunków owoców (Instytut Ekonomiki Rolnictwa, 2016). Na rysunku 3 została przedstawiona struktura produkcji przetworów owocowych w sezonie 2015/2016.



Rysunek 3. Struktura produkcji przetworów owocowych w Polsce w sezonie 2015/2016

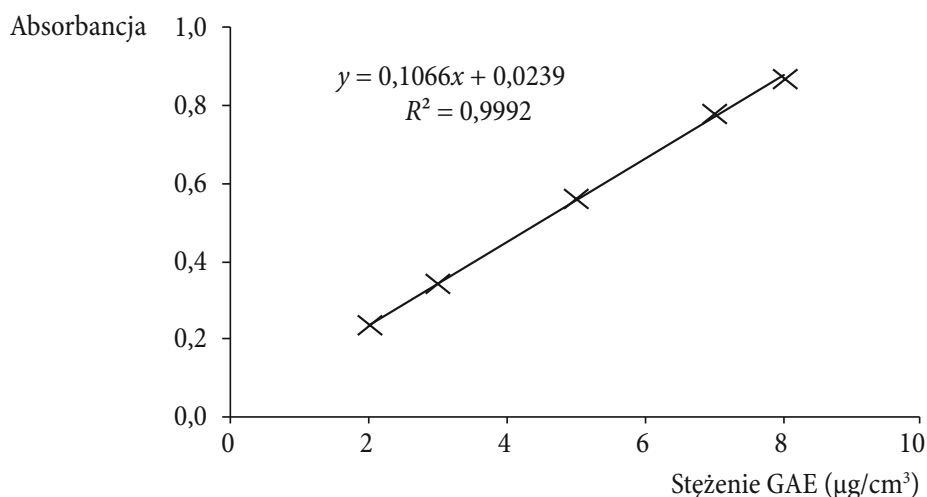
Źródło: Na podstawie: (IERiGŻ-PIB, 2016).

Dwie największe kategorie przetworów produkowanych z owoców stanowiły w Polsce w sezonie 2015/2016 owoce mrożone (41%) oraz soki zagęszczone (34%). Polska umocniła się jednocześnie na pozycji największego producenta owoców mrożonych i zagęszczonych soków owocowych w Unii Europejskiej. Na kolejnym miejscu znajdowała się kategoria obejmująca pozostałe przetwory (13%),

a następnie: marmolady, konfitury, powidła, przeciery (łącznie 6%) oraz dżemy (5%). Zdecydowanie najmniejszy odsetek stanowiły natomiast susze (1%).

Analiza danych szczegółowych dotyczących przetwórstwa owoców jagodowych w Polsce wskazuje, że w sezonie 2015/2016 produkcja mrożonych truskawek osiągnęła poziom ponad 140 tys. ton, mrożonych porzeczek (czarnych i kolorowych) – 45 tys. ton, natomiast mrożonych malin – około 56 tys. ton. Dane te oznaczają, że w porównaniu z sezonem poprzedzającym odnotowano wzrost poziomu produkcji mrożonych truskawek, spadek produkcji mrożonych malin, natomiast na niezmiennym poziomie pozostała produkcja mrożonych porzeczek. Sezon 2015/2016 charakteryzował się jednocześnie wzrostem produkcji zagęszczonych soków z owoców jagodowych, która osiągnęła poziom 32,5 tys. ton (w porównaniu z 30,5 tys. ton w sezonie wcześniejszym). Odnotowano tym samym wzrost produkcji zagęszczonych soków owocowych z czarnych porzeczek (z 9,5 do 14,5 tys. ton) i truskawek (z 6,5 do 7,5 tys. ton), jak również spadek produkcji zagęszczonego soku aroniowego (z 7 do 5 tys. ton) i malinowego (z 3 do 2 tys. ton). Na niezmiennym poziomie (1 tys. ton) pozostała natomiast produkcja zagęszczonego soku z czerwonych porzeczek. W sezonie 2015/2016 zanotowano wzrost produkcji dżemów, marmolad, powideł i przecierów z truskawek oraz spadek poziomu produkcji tych przetworów wytwarzanych z malin. Tendencją wzrostową charakteryzowała się również wielkość produkcji suszonych owoców jagodowych (IERiGŻ, 2016).

W Polsce od wielu lat dużą popularnością wśród plantatorów cieszy się uprawa owoców jagodowych, co stawia nasz kraj w roli światowego potentata w ich produkcji. W 2015 roku został zapoczątkowany trzyletni Program Informacyjny „Niezwyczajne właściwości zwykłych owoców”, którego inicjatorem był Związek Sadowników RP. W ramach tego programu jest prowadzona edukacja konsumentów w zakresie korzyści płynących ze spożywania europejskich owoców jagodowych. Program jest skoncentrowany na promocji wybranych owoców jagodowych, takich jak: truskawki, borówki, maliny i czarne porzeczki. Charakteryzują się one wysoką jakością, bogactwem składników mineralnych i witamin oraz niepowtarzalnym smakiem. Kampania jest prowadzona w pięciu europejskich państwach: Polsce, Austrii, Finlandii, Szwecji oraz Czechach, a celem programu jest wzrost spożycia owoców jagodowych (szacowanego w kg/osobę) w tych krajach o 8%. W 2016 roku podjęto szereg działań, które angażowały w promocję spożywania europejskich owoców jagodowych przedstawicieli mediów oraz ekspertów w dziedzinie produkcji, certyfikacji żywności, a także dietytyki. Z badań przeprowadzonych w 2017 roku w ramach Programu Informacyjnego „Niezwyczajne właściwości zwykłych owoców” wynika, że czterech na pięciu badanych wykazało się świadomością dotyczącą korzyści płynących ze spożywania owoców jagodowych (Związek Sadowników RP).



Rysunek 6. Krzywa wzorcową do oznaczania ogólnej zawartości związków fenolowych

zgodnie z metodyką opracowaną przez Sánchez-Moreno, Larrauri i Saura-Calixto (1998), z modyfikacją polegającą na ustaleniu częstotliwości pomiarów i zakresu stężeń dodatku ekstraktów oraz użycia etanolowego roztworu rodnika DPPH. Oceniano aktywność przeciwrodnikową poszczególnych próbek po 5 minutach inkubacji z rodnikiem DPPH. Wygaszenie rodnika DPPH (w %) po 5 minutach inkubacji próbki z rodnikiem obliczono według wzoru:

$$\text{Wygaszenie rodnika DPPH (\%)} = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \cdot 100,$$

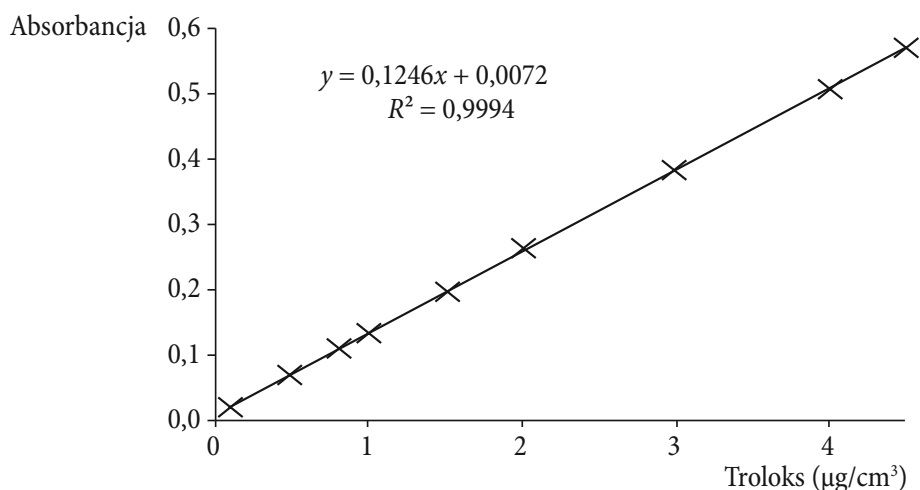
gdzie:

A_0 – absorbancja roztworu rodnika DPPH (próbka kontrolna),

A_t – absorbancja roztworu DPPH po 5 minutach inkubacji z ekstraktem z ciastek.

Badanie potencjału redukującego przeprowadzono na podstawie wytycznych metody FRAP (ang. *ferric reducing antioxidant potential*), zgodnie z metodyką Benzie i Straina (1999). Potencjał redukcyjny wyrażający zdolność ekstraktu do redukcji kompleksu Fe^{+3} z tripirydylotriazyną do kompleksu Fe^{+2} wyrażono jako aktywność troloxu. Krzywą wzorcową opisującą zależność absorbancji od stężenia troloxu zaprezentowano na rysunku 7. Siłę redukującą ekstraktów wyrażono w mg troloxu $\times 100\text{g}^{-1}$ produktu.

Stężenie dodanego ekstraktu do poszczególnych testów zostało wyznaczone doświadczalnie i było uzależnione od zawartości związków fenolowych ogółem i właściwości przeciwutleniających w badanych ekstraktach.



Rysunek 7. Krzywa wzorcową do oznaczenia siły redukującej testem FRAP

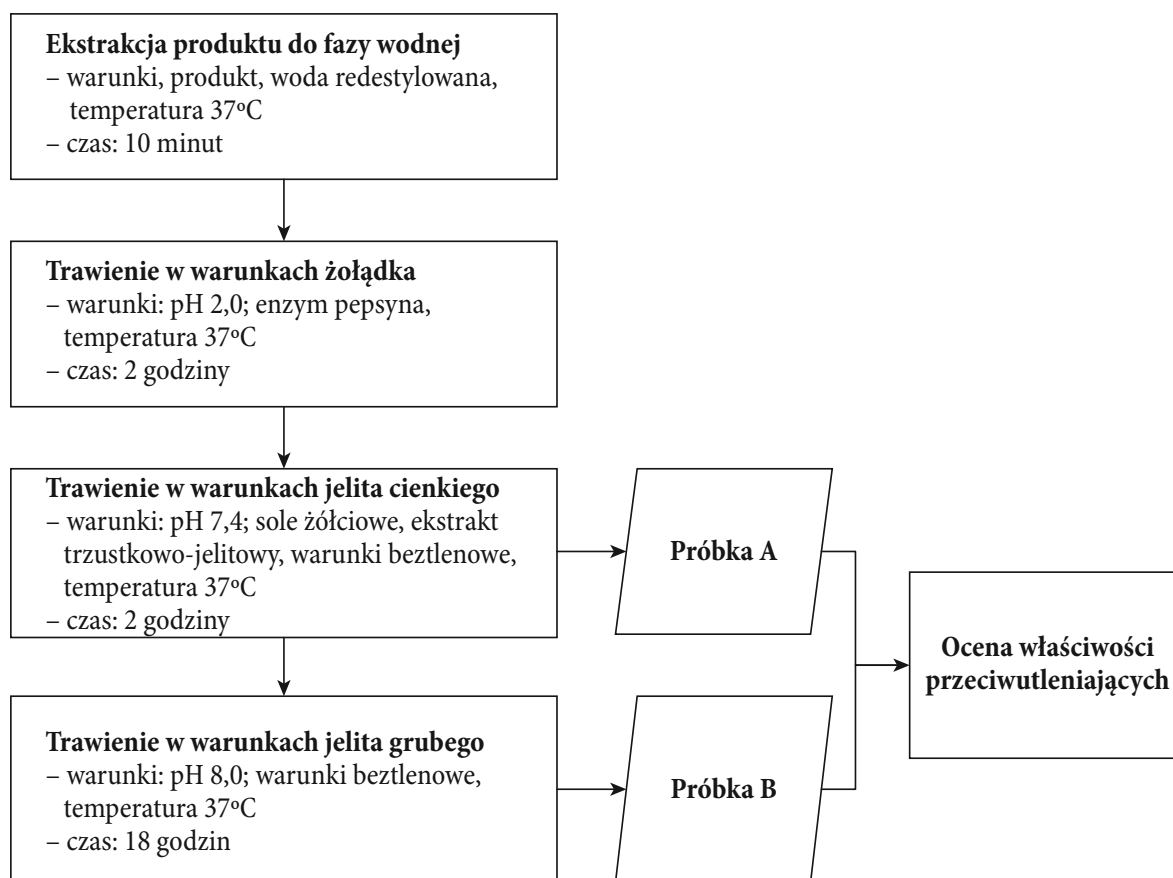
Badania stabilności frakcji tłuszczowej

Badania stabilności frakcji tłuszczowej eksperymentalnych ciastek kruchych z substitucją mąki pszennej pestkami malin i czarnych porzeczek obejmowało przechowywanie próbek ciastek w temperaturze 60 °C w cieplarni bez dostępu światła (warunki testu termostatowego), jak również przechowywanie próbek w temperaturze pokojowej i z dostępem światła (warunki praktycznego składowania) oraz okresowe oznaczanie w niej zawartości liczby kwasowej (LK) i liczby nadtlenkowej (LOO). Oznaczanie liczby kwasowej, będącej wskaźnikiem zmian hydrolytycznych we frakcji tłuszczowej, wykonano zgodnie z procedurą podaną w PN-ISO 660:2010 i wyrażono ją jako liczbę miligramów wodorotlenku potasu potrzebną do zneutralizowania wolnych kwasów tłuszczowych zawartych w 1g oleju. Wyznacznikiem intensywności zmian oksydacyjnych we frakcji tłuszczowej była wartość liczby nadtlenkowej. Zawartość nadtlenków oznaczono zgodnie z wytycznymi podanymi w normie PN-ISO 3960:2012 i wyrażono w milirównoważnikach aktywnego tlenu/kg tłuszczu (meq O₂/kg). Kryterium limitującym była wartość liczby kwasowej i nadtlenkowej próbki kontrolnej, która każdorazowo była również badana w ustalonych przedziałach czasowych. Badania liczby kwasowej i nadtlenkowej były poprzedzone ekstrakcją frakcji tłuszczowej z ciastek kruchych. Ekstrakcję przeprowadzono za pomocą chloroformu w temperaturze pokojowej.

Ocena strawności w układzie *in vitro*

Proces symulacji trawienia w warunkach układu pokarmowego (w żołądku, jelicie cienkim, jelicie grubym) w układzie *in vitro* przeprowadzono metodą podaną w pracy Dziedzic i in. (2015). Proces trawienia przeprowadzono w bioreaktorze Sartorius stedim biotech, Biostat B plus. Schemat procesu trawienia zaprezentowano

na rysunku 8. Badanie właściwości przeciwutleniających uzyskanych produktów trawienia (wyciągów wodnych: próbka A i B) wykonano metodami zaprezentowanymi w ramach „Badanie właściwości przeciwutleniających”.



Rysunek 8. Schemat procesu trawienia *in vitro*

Analiza statystyczna

Analizę statystyczną wyników badań przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica 10. Dla wyznaczenia istotności różnic pomiędzy średnimi przeprowadzono analizę wariancji (ANOVA). Dla zweryfikowania istotności różnic pomiędzy średnimi zastosowano odpowiednie testy: test post-hoc, test Tukeya, test t-Studenta. W szacowaniu statystycznym za poziom istotności przyjęto $p < 0,05$.

W celu wygenerowania parametrów modeli opisujących zależność między zmiennymi wykorzystano regresję liniową ze zmiennymi jakościowymi opracowanych wyrobów. Na podstawie przeprowadzonych badań zaproponowano modele opisujące zależności między rodzajem, ilością i formą substytucji mąki pszennej pestkami malin i (lub) pestek czarnych porzeczek (zmiennie objaśniające) a cechami organoleptycznymi i ocenami konsumenckimi ciastek kruchych (zmiennie objaśniane). Uzyskano następujące postaci równań:

- dla modelu opisującego wpływ pestek malin lub czarnych porzeczek na cechy organoleptyczne i oceny konsumenckie ciastek kruchych:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot Z_1 + a_2 \cdot Z_2,$$

w którym:

a_0 – wyraz wolny,

a_1 – współczynnik regresji przy Z_1 ,

Z_1 – zawartość pestek, w %,

a_2 – współczynnik regresji przy Z_2 ,

Z_2 – forma dodatku ($Z_2 = 1$ rozdrobnionych dla pestek, $Z_2 = 0$ dla nierozdrobnionych pestek),

Y – ocena konsumencka / oceny cech organoleptycznych (w zależności od modelu);

- dla modelu opisującego wpływ pestek malin i czarnych porzeczek na cechy organoleptyczne i oceny konsumenckie ciastek kruchych:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot Z_1 + a_2 \cdot Z_2 + a_3 \cdot Z_3,$$

w którym:

a_0 – wyraz wolny,

a_1 – współczynnik regresji przy Z_1 ,

Z_1 – zawartość pestek, w %,

a_2 – współczynnik regresji przy Z_2 ,

Z_2 – forma dodatku ($Z_2 = 1$ dla rozdrobnionych pestek, $Z_2 = 0$ dla nierozdrobnionych pestek),

a_3 – współczynnik regresji przy Z_3 ,

Z_3 – rodzaj pestek ($Z_3 = 1$ dla pestek malin, $Z_3 = 0$ dla pestek czarnych porzeczek),

Y – ocena konsumencka / oceny cech organoleptycznych (w zależności od modelu).

W celu oceny dopasowania modelu regresji wykorzystano test F, który pozwolił odpowiedzieć na podstawowe pytanie, czy w modelu regresji wielorakiej ze zmiennymi objaśniającymi X_i dla $i = 1, 2, 3, \dots$ istniał liniowy związek regresyjny między zmienną objaśnianą i którąkolwiek zmienną objaśniającą (Aczel, 2000; Bedyńska i Cypryńska, 2013). Hipoteza zerowa w przypadku tego testu brzmiała następująco:

$$a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n = 0.$$

Hipoteza alternatywna wyglądała następująco:

nie wszystkie a_i (dla $i = 1, 2, 3, \dots, k$) są równe 0
(czyli przynajmniej jedno a_i jest różne od zera).

Test F nie jest równoważny z testem t istotności współczynników kierunkowych, które przeprowadzono dla każdego współczynnika osobno.

Drugim testem związanym z oszacowaniem równania regresji był test t, przy którego pomocy oceniono istotność poszczególnych współczynników równania regresji. Każdorazowo sprawdzana była hipoteza zerowa:

$a_i = 0$ (jeśli $a_i = 0$, wtedy krzywa jest równoległa do osi OX i zmiana czynnika i -tego nie wpływa na zmianę zmiennej objaśnianej).

Hipotezą alternatywną była hipoteza:

$$a_i \neq 0.$$

Sprawdzeniem była wartość testu t o $n-2$ stopniach swobody (Aczel, 2000; Bedyńska i Cypryjańska, 2013). W szacowaniu statystycznym za poziom istotności przyjęto $p < 0,05; 0,01; 0,001$.

4.3. Charakterystyka ubocznych produktów przetwórstwa malin i czarnych porzeczek jako źródła substancji prozdrowotnych

Pestki czarnych porzeczek i malin uzyskane z wyłoku poprodukcyjnego charakteryzowały się zróżnicowanym składem chemicznym. Mając na uwadze, że badane pestki w recepturowym składzie opracowanych wyrobów będą zastępowały mąkę pszenną (typ 550), przedstawiono szczegółowy skład chemiczny badanych pestek w porównaniu do składu mąki pszennej – tabela 24.

Wartość energetyczna pestek czarnych porzeczek wynosiła 1412 kcal/100 g, a pestek malin – 1432 kcal/100 g i wartości te są porównywalne do wartości energetycznej mąki pszennej typu 550. Dominującym składnikiem chemicznym zarówno badanych pestek, jak i mąki były węglowodany. Zarówno w przypadku pestek malin, jak i czarnych porzeczek składnik ten charakteryzował się wysoką zawartością błonnika pokarmowego, będącego deficytowym elementem przeciętnej diety. Zawartość błonnika wynosiła odpowiednio: dla pestek czarnej porzeczki – 57,8%,

Tabela 24. Skład chemiczny i wartość energetyczna pestek czarnych porzeczek i malin (w 100 g)

Składnik	Zawartość w		
	pestkach czarnych porzeczek	pestkach malin	mące pszennej typ 550 (dane literaturowe*)
Wartość energetyczna, w kJ/kcal	1412/343	1432 /348	1476/348
Białko (w g),	21,9 ±0,8	21,5 ±0,9	11,5
w tym aminokwasy:			
– alanina	0,95 ±0,05	1,12 ±0,04	0,37
– arginina	1,45 ±0,06	1,25 ±0,05	0,48
– cysteina	0,33 ±0,02	0,09 ±0,01	0,31
– fenyloalanina	0,99 ±0,05	1,04 ±0,05	0,52
– glicyna	1,23 ±0,06	1,18 ±0,03	0,32
– histydyna	0,60 ±0,04	0,78 ±0,02	0,24
– izoleucyna	1,15 ±0,04	1,04 ±0,06	0,46
– kwas asparaginowy	2,16 ±0,09	2,39 ±0,09	0,54
– kwas glutaminowy	5,31 ±0,18	4,62 ±0,15	3,16
– leucyna	1,44 ±0,06	1,69 ±0,04	0,74
– lizyna	1,00 ±0,05	1,25 ±0,04	0,25
– metionina	0,33 ±0,01	0,11 ±0,01	0,21
– prolina	1,28 ±0,07	0,93 ±0,05	1,16
– seryna	0,90 ±0,05	1,18 ±0,04	0,50
– treonina	0,88 ±0,05	1,02 ±0,05	0,31
– tyrozyna	0,66 ±0,04	0,70 ±0,04	0,33
– walina	0,81 ±0,04	1,20 ±0,05	0,53
Węglowodany ogółem (w g),	60,2 ±0,51	60,0 ±0,48	73,0
w tym frakcje błonnika:			
– ogólny błonnik pokarmowy (<i>SDF</i>), w tym:	57,8 ±0,59	57,3 ±0,39	2,2
◦ rozpuszczalny błonnik pokarmowy (<i>SDF</i>)	3,2 ±0,13	1,7 ±0,11	b.d.
◦ nierozpuszczalny błonnik pokarmowy (<i>IDF</i>)	54,6 ±0,53	55,6 ±0,33	b.d.
Tłuszcz (w g),	14,5 ±0,2	15,2 ±0,2	1,6
w tym kwasy tłuszczowe:			
C _{8:0}	–	–	–
C _{10:0}	–	–	–
C _{12:0}	–	–	–
C _{14:0}	0,02 ±0,00	–	–
C _{15:0}	–	–	–
C _{16:0}	0,90 ±0,04	0,43 ±0,02	0,30
C _{16:1}	0,01 ±0,00	0,01 ±0,00	–
C _{17:0}	–	0,01 ±0,00	0,02
C _{17:1}	–	0,03 ±0,00	–

uwagę zasługuje również znaczna zawartość awenasterolu (5,3% frakcji sterolowej pestek czarnych porzeczek i 8,7% pestek malin), który wykazuje aktywność przeciwutleniającą. Prozdrowotne właściwości steroli polegają m.in. na obniżeniu ryzyka chorób serca przez zdolność do obniżania poziomu cholesterolu frakcji LDL we krwi. Ponadto sterole wykazują właściwości przeciwutleniające, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne (AbuMweis i Jones, 2008; Ambavade, Misar i Ambavade, 2014; Bartnikowska, 2009; Gordon i Magos 1984; Hicks i Moreau, 2001; Islam i in., 2017; Kritschewsky i Chen, 2005; Lagarda, Garcia-Llatas i Farré, 2006; Mel'nikov, Seijent ten Hoorn i Eijkelenboom, 2004; Moreau, Norton i Hicks, 1999; Moreau, Whitaker i Hicks, 2002; Ogbe, Ochalefu, Mafulul i Olaniru, 2015; Pieszka i in., 2015).

4.4. Techniczne testowanie koncepcji wyrobów ciastkarskich z wykorzystaniem produktów ubocznych przetwórstwa malin i czarnych porzeczek

Na drugim etapie badań przedmiotem były opracowane eksperymentalne kruche ciastka z różną substytucją mąki pszennej pestkami malin lub czarnych porzeczek wyprodukowane zgodnie z tradycyjną recepturą, w której mąkę pszenną zastąpiono pestkami malin i czarnych porzeczek w ilości: 100, 75, 50, 25%, przy czym zastosowano dwie formy: pestki rozdrobnione (10–20 μm) i bez rozdrobnienia. Próbkę kontrolną natomiast stanowiły ciastka kruche bez pestek malin i czarnych porzeczek.

4.4.1. Ocena cech organoleptycznych i pożądalności konsumpcyjnej

Wysoka jakość sensoryczna produktów żywnościowych jest szczególnie istotna, gdyż decyduje o ocenie przez konsumentów. Doświadczalne ciastka charakteryzowały się zróżnicowaną smakowitością w zależności od zastosowanej ilości, rodzaju i formy pestek. Szczegółowe wyniki przeprowadzonej oceny cech organoleptycznych (kruchość, nuty zapachowe: owocowa, maślana, obca, nuty smakowe: słodka, kwaśna, gorzka, owocowa, obca) i oceny pożądalności cząstkowych i pożądalności ogólnej ciastek kruchych z substytucją mąki pszennej pestkami malin zaprezentowano w tabelach 27 i 28, natomiast pestkami czarnych porzeczek – w tabelach 29 i 30. W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że wzrost procentowej zawartości pestek wpływa na wzrost intensywności owocowej nuty zapachowej i smakowej, smaku kwaśnego ciastek kruchych oraz na obniżenie wyczuwalności

Tabela 27. Ocena cech organoleptycznych eksperymentalnych ciastek kruchych z substytucją mąki pszennej pestkami malin i bez substytucji (w mm)

Ciastko kruche	Kruchość	Nuty zapachowe			Nuty smakowe					
		owocowa	maślana	obca	słodka	kwaśna	gorzka	owocowa	obca	
Substytucja mąki pszennej nierozdrobnionymi pestkami										
- 100%	46,5 ^a ± 2,4	52,5 ^f ± 5,9	4,9 ^a ± 1,6	52,0 ^{e,f} ± 7,8	8,0 ^a ± 2,2	34,4 ^d ± 6,3	55,8 ^f ± 8,1	48,9 ^f ± 6,0	62,7 ^f ± 7,4	
- 75%	55,5 ^b ± 5,5	43,0 ^e ± 5,8	4,0 ^a ± 1,8	43,8 ^e ± 7,2	10,5 ^{b,c} ± 2,3	27,0 ^c ± 5,4	40,9 ^d ± 6,5	41,7 ^e ± 8,4	44,7 ^d ± 7,9	
- 50%	57,0 ^b ± 6,3	20,4 ^c ± 3,1	11,0 ^{c,d} ± 1,9	16,9 ^b ± 1,9	19,2 ^c ± 3,3	9,3 ^b ± 1,6	8,3 ^b ± 1,5	26,9 ^c ± 4,0	15,1 ^b ± 2,6	
- 25%	60,0 ^b ± 5,3	9,1 ^b ± 1,2	17,2 ^e ± 2,7	3,1 ^a ± 1,4	32,3 ^d ± 4,3	2,6 ^a ± 1,0	1,4 ^a ± 1,7	14,8 ^b ± 2,6	2,0 ^a ± 2,6	
Substytucja mąki pszennej rozdrobnionymi pestkami										
- 100%	48,5 ^a ± 4,7	56,4 ^f ± 5,1	5,0 ^a ± 2,5	54,3 ^f ± 6,9	6,4 ^a ± 2,1	40,3 ^e ± 6,2	59,7 ^f ± 8,2	56,8 ^g ± 5,4	65,6 ^f ± 9,7	
- 75%	55,0 ^b ± 4,7	42,5 ^e ± 6,8	6,0 ^{a,b} ± 1,9	46,2 ^{d,e} ± 6,8	8,5 ^a ± 1,5	29,0 ^c ± 7,7	47,5 ^e ± 7,2	45,0 ^{e,f} ± 5,9	47,5 ^e ± 5,9	
- 50%	57,4 ^b ± 8,8	34,2 ^d ± 3,5	9,1 ^{b,c} ± 1,4	25,7 ^c ± 3,0	14,2 ^c ± 2,7	23,9 ^c ± 3,3	19,9 ^c ± 3,8	33,1 ^d ± 6,3	26,6 ^c ± 3,7	
- 25%	58,5 ^b ± 4,8	22,5 ^c ± 3,3	9,2 ^c ± 1,4	12,9 ^b ± 2,4	22,3 ^d ± 4,1	9,7 ^b ± 1,5	4,5 ^{a,b} ± 0,7	23,0 ^c ± 3,3	9,2 ^b ± 2,3	
Bez dodatku pestek (próbka kontrolna)	68,0 ^c ± 5,4	0,7 ^a ± 1,2	40,4 ^f ± 6,5	0,3 ^a ± 0,7	44,2 ^e ± 5,9	0,0 ^a ± 0,0	0,0 ^a ± 0,0	0,0 ^a ± 0,00	0,0 ^a ± 0,0	

Objaśnienia:

Wyniki podane jako wartość średnia ± odchylenie standardowe; a, b, c, d, e, f – grupy jednorodne w obrębie wierszy różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$).

Tabela 28. Ocena pożądalności konsumenciej eksperymentalnych ciastek kruchych z substytucją mąki pszennej pestkami malin i bez substytucji (w mm)

Ciastko kruche	Pożądalność cząstkowa				Pożądalność ogólna
	konsystencji	barwy	zapachu	smaku	
Substytucja mąki pszennej nierozdrobnionymi pestkami					
– 100%	3,6 ^a ± 2,4	16,0 ^b ± 4,6	5,4 ^a ± 4,2	3,4 ^a ± 3,1	3,6 ^a ± 3,2
– 75%	28,0 ^b ± 5,0	32,9 ^c ± 6,7	26,8 ^b ± 4,9	23,9 ^b ± 5,0	22,0 ^b ± 4,5
– 50%	53,1 ^c ± 9,7	54,3 ^e ± 9,7	46,7 ^d ± 9,1	53,1 ^d ± 10,4	48,8 ^d ± 9,9
– 25%	66,5 ^e ± 8,2	64,5 ^f ± 10,1	67,9 ^f ± 10,4	66,1 ^f ± 8,6	66,3 ^f ± 9,1
Substytucja mąki pszennej rozdrobnionymi pestkami					
– 100%	3,7 ^a ± 3,0	5,1 ^a ± 3,5	1,8 ^a ± 2,4	1,5 ^a ± 2,3	1,7 ^a ± 2,4
– 75%	26,0 ^b ± 6,3	32,9 ^c ± 7,2	25,1 ^b ± 5,0	22,5 ^b ± 5,1	22,2 ^b ± 3,7
– 50%	53,8 ^c ± 7,5	42,8 ^d ± 7,9	35,1 ^c ± 6,3	40,0 ^c ± 7,1	39,0 ^c ± 7,9
– 25%	60,5 ^d ± 8,5	58,1 ^e ± 8,0	56,5 ^e ± 9,5	59,2 ^e ± 8,7	58,9 ^e ± 9,9
Bez dodatku pestek (próbka kontrolna)	74,6 ^f ± 8,9	78,5 ^g ± 8,6	75,7 ^g ± 10,2	77,4 ^g ± 9,9	77,3 ^g ± 8,2

Objaśnienia:

Wyniki podane jako wartość średnia ± odchylenie standardowe; a, b, c, d, e, f, g – grupy jednorodne w obrębie wierszy różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$).