

AGNIESZKA NARWOJSZ, EULALIA J. BOROWSKA

## ZMIANY SKŁADNIKÓW STRUKTUROTWÓRCZYCH OWOCÓW PORZECZKI CZARNEJ PODCZAS MACERACJI MIAZGI A UWALNIANIE POLIFENOLI DO SOKU

### Streszczenie

Celem pracy było określenie przemian pektyn i błonnika podczas obróbki miazgi owoców porzeczki czarnej różnymi sposobami przed procesem tłoczenia oraz określenie wpływu tych przemian na wydajność soku oraz uwalnianie polifenoli, w tym antocyjanów. Miazgę owoców przed tłoczeniem soku poddano zróżnicowanej obróbce: cieplnej, enzymatycznej lub łączonej, w której maceracja enzymatyczna poprzedzona była obróbką cieplną.

Do maceracji miazgi zastosowano następujące preparaty: Pectinex BE Colour, Pectinex BE XXL oraz Gammapect LC Color, różniące się składem enzymów i aktywnością. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Do oceny istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi zastosowano test Duncana.

Wykazano, że przemiany pektyn i błonnika uzależnione były od sposobu obróbki miazgi, w tym rodzaju zastosowanego preparatu enzymatycznego. Zmniejszenie zawartości pektyn ogółem w miazgach po obróbce cieplnej, enzymatycznej lub łączonej, w porównaniu z miazgą kontrolną, stanowiło od 12 do 50 %. Analizując skład frakcji pektyn, stwierdzono wzrost zawartości pektyn rozpuszczalnych w wodzie i równoległe zmniejszenie ilości pektyn rozpuszczalnych w szczawianach. Nastąpiło także zmniejszenie zawartości celulozy. Zmniejszeniu zawartości pektyn ogółem, w tym protopektyny, oraz zmniejszeniu zawartości celulozy towarzyszył wzrost wydajności soku oraz bardziej efektywne uwalnianie związków fenolowych, w tym antocyjanów.

**Słowa kluczowe:** pektyny, błonnik, porzeczka czarna, obróbka miazgi, wydajność soku, polifenole

### Wprowadzenie

Owoce porzeczki czarnej stanowią cenny surowiec do otrzymywania soków ze względu na dużą zawartość składników biologicznie aktywnych, wykazujących m.in. właściwości przeciwutleniające [22]. Związki te reprezentowane są przez witaminę C

i polifenole, a wśród nich antocyjany, kwasy fenolowe, flawanole, flawonole i proantocyjanidyny [20].

W przemysłowym procesie otrzymywania soków istotne jest uzyskanie możliwie jak największej wydajności soku. Dla konsumenta natomiast najważniejsze są cechy prozdrowotne i sensoryczne nabywanego produktu. Warunki procesu technologicznego powinny być zatem tak dobrane, aby jednocześnie spełniały wskazane powyżej założenia.

Porzeczka czarna, ze względu na dużą zawartość pektyn, zwłaszcza frakcji powodujących nadmierną lepkość miazgi, należy do owoców trudno poddających się tłoczeniu, co uzasadnia stosowanie wstępnej obróbki cieplnej bądź enzymatycznej owoców [18]. Obróbka taka wskazana jest również ze względu na uzyskanie odpowiedniej zawartości polifenoli w soku, w tym antocyjanów, które w owocach porzeczki zlokalizowane są w skórce [7, 13, 24]. W komórkach związku te występują w wakuolach, w postaci granulek różnej wielkości, natomiast ściany komórkowe nie zawierają antocyjanów [25]. Ściany komórkowe zbudowane są ze zwartej sieci celulozy i hemiceluloz, osadzonej w matrycy pektyn [8]. W związku z tym wydobycie antocyjanów ze struktur komórkowych nie jest łatwe i jest mniej efektywne niż innych związków fenolowych. Po wytłoczeniu soku duża część antocyjanów pozostaje w wyciekach [6, 11, 21]. W celu ułatwienia tłoczenia i osiągnięcia zadowalającej wydajności soku oraz poprawy efektywności uwalniania polifenoli, w tym antocyjanów, przed tłoczeniem stosuje się obróbkę miazgi. Do obróbki miazgi z owoców porzeczki czarnej zaleca się macerację enzymatyczną, obróbkę cieplną lub łączoną [17, 18]. Podczas tej obróbki w miazdze zachodzą przemiany składników strukturotwórczych w znaczącym stopniu warunkujące zarówno wydajność soku, jak i uwalnianie polifenoli z miazgi do soku [2, 11].

W związku z powyższym, celem pracy było określenie przemian pektyn i błonnika podczas obróbki miazgi owoców porzeczki czarnej różnymi sposobami oraz określenie wpływu tych przemian na wydajność soku oraz uwalnianie polifenoli, w tym antocyjanów.

### **Material i metody badań**

Materiał badawczy stanowiły owoce porzeczki czarnej odmiany Öjebyn w postaci miazgi oraz otrzymane z nich soki. Owoce pochodziły z terenu województwa warmińsko-mazurskiego. Surowiec do badań w stadium dojrzałości konsumpcyjnej zakupiono w handlu detalicznym. W celu zabezpieczenia surowca do doświadczenia technologicznego owoce myto, osuszano, a następnie zamrażano. Zamrożone owoce przechowywano w temp.  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  nie dłużej niż 4 tygodnie. Doświadczenie przeprowadzono w skali laboratoryjnej.

W celu otrzymania miazgi owoce rozmrażano przez 12 h w temp. 4 °C, a następnie rozdrabniano przy użyciu urządzenia laboratoryjnego (typ ZM Mesko). Uzyskaną miazgę podzielono na osiem próbek, które poddano obróbce według następujących wariantów:

- 1 – bez obróbki miazgi (próba kontrolna),
- 2 – obróbka cieplna,
- 3 – maceracja enzymatyczna – Pectinex BE Colour,
- 4 – maceracja enzymatyczna – Pectinex BE XXL,
- 5 – maceracja enzymatyczna – Gammapect LC Color;
- 6 – obróbka cieplna, maceracja enzymatyczna – Pectinex BE Colour,
- 7 – obróbka cieplna, maceracja enzymatyczna – Pectinex BE XXL,
- 8 – obróbka cieplna, maceracja enzymatyczna – Gammapect LC Color.

Preparaty enzymatyczne – Pectinex BE Colour i Pectinex BE XXL pochodziły z firmy Novozymes A/S (Dania), a Gammapect LC Color – Gamma Chemie GmbH (Niemcy).

Dawki poszczególnych preparatów enzymatycznych określano doświadczalnie, przyjmując za podstawę zakresy zalecane przez firmy dla owoców porzeczki czarnej. Ilości preparatów dodanych do 1 kg miazgi wynosiły odpowiednio: Pectinex BE Colour – 0,20 cm<sup>3</sup>, Pectinex BE XXL – 0,30 cm<sup>3</sup> i Gammapect LC Color – 0,14 cm<sup>3</sup>. Przed dodaniem do miazgi preparaty rozcieńczano 10-krotnie wodą redestylowaną.

Obróbkę cieplną miazgi prowadzono w temp. 85 °C przez 5 min, a macerację enzymatyczną w temp. 50 °C przez 1,5 h. Miazgi, do których dodano preparat enzymatyczny ogrzewano po zakończeniu maceracji w temp. 85 °C przez 2 min w celu inaktywacji enzymów. Miazgi po przeprowadzonej obróbce (każdy wariant) dzielono na dwie części, z których jedną przeznaczano do oznaczenia zawartości składników strukturotwórczych, drugą natomiast poddawano tłoczeniu w prasie laboratoryjnej (ZPBB O/Bydgoszcz) celem uzyskania soku.

W miazgach po obróbce oznaczano zawartość pektyn ogółem i ich frakcji [28]: pektyn rozpuszczalnych w wodzie, pektyn rozpuszczalnych w roztworze szczawianów, protopektyny oraz zawartość błonnika detergentowego kwaśnego [1], w tym lignin i celulozy [1]. Z poszczególnych wariantów obróbki miazgi określano wydajność soku oraz stopień uwolnienia związków fenolowych ogółem, w tym antocyjanów, do soku. Wydajność soku określano w odniesieniu do masy miazgi poddanej tłoczeniu. Stopień uwolnienia polifenoli/ antocyjanów obliczano, biorąc pod uwagę zawartość polifenoli/ antocyjanów w miazdze kontrolnej (wariant 1) oraz zawartość polifenoli/antocyjanów w sokach (wariant 1-8). Zawartość związków fenolowych ogółem oznaczano wg Singletona i Rossi [19], a antocyjanów wg Wrolstad [27].

Doświadczenie technologiczne przeprowadzono dwukrotnie, a wszystkie analizy wykonano w trzech powtórzeniach.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, stosując jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy wynikami średnimi weryfikowano testem Duncana, na poziomie istotności  $p < 0,05$ , przy użyciu programu komputerowego Statistica 8.0 PL.

## Wyniki i dyskusja

Poddanie miazgi z owoców obróbce przed tłoczeniem soku prowadzi do przemian związków pektynowych i błonnika w wyniku działania na miazgę owoców ciepła i/lub enzymów. Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowane różne sposoby obróbki miazgi owocowej spowodowały statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) zmniejszenie zawartości pektyn ogółem w porównaniu z próbą kontrolną (tab. 1). Największe zmniejszenie zawartości tych związków powodowała maceracja enzymatyczna. Najmniej pektyn ogółem, ok. 2-krotnie mniej niż w miazdze kontrolnej, stwierdzono w miazdze poddanej maceracji enzymatycznej preparatem Pectinex BE Colour.

Tabela 1

Zawartość pektyn ogółem oraz ich frakcji w miazgach z owoców porzeczki czarnej.  
Content of total pectins and their fractions in blackcurrant fruit mash.

Sposób obróbki miazgi Method of mash treatment	Pektyny ogółem Total pectins [g /100 g]	Pektyny rozpuszczalne w wodzie Water soluble pectins [g /100 g]	Pektyny rozpuszczalne w szczawianach Oxalate soluble pectins [g /100 g]	Protopektyna Protopectin [g /100 g]
Próba kontrolna (1) Control sample (1)	2,52 <sup>h</sup> ± 0,06	0,53 <sup>a</sup> ± 0,02	0,66 <sup>f</sup> ± 0,03	1,33 <sup>g</sup> ± 0,01
Ciepła (2) Heat (2)	1,88 <sup>e</sup> ± 0,03	0,81 <sup>e</sup> ± 0,03	0,45 <sup>e</sup> ± 0,01	0,62 <sup>d</sup> ± 0,01
Pectinex BE Colour (3)	1,25 <sup>a</sup> ± 0,01	0,79 <sup>e</sup> ± 0,02	0,18 <sup>c</sup> ± 0,02	0,28 <sup>a</sup> ± 0,03
Pectinex BE XXL (4)	2,21 <sup>g</sup> ± 0,04	0,65 <sup>c</sup> ± 0,04	0,11 <sup>a</sup> ± 0,01	1,45 <sup>h</sup> ± 0,01
Gammapect LC Color (5)	1,53 <sup>c</sup> ± 0,02	0,57 <sup>b</sup> ± 0,02	0,15 <sup>b</sup> ± 0,02	0,81 <sup>e</sup> ± 0,02
Ciepła, Pectinex BE Colour (6) Heat, Pectinex BE Colour (6)	1,77 <sup>d</sup> ± 0,04	1,02 <sup>f</sup> ± 0,04	0,33 <sup>d</sup> ± 0,02	0,42 <sup>b</sup> ± 0,03
Ciepła, Pectinex BE XXL (7) Heat, Pectinex BE XXL (7)	1,44 <sup>b</sup> ± 0,03	0,77 <sup>e</sup> ± 0,03	0,20 <sup>c</sup> ± 0,03	0,47 <sup>c</sup> ± 0,03
Ciepła, Gammapect LC Colour (8) Heat, Gammapect LC Colour (8)	2,09 <sup>f</sup> ± 0,05	0,71 <sup>d</sup> ± 0,02	0,31 <sup>d</sup> ± 0,04	1,07 <sup>f</sup> ± 0,01

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Różne litery (a, b, c...) w tej samej kolumnie oznaczają różnice statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) / Different letters (a, b, c...) in the same column denote statistically significant differences ( $p < 0.05$ )

Wykazane w pracy ilościowe zmiany pektyn ogółem związane są z przemianami w poszczególnych ich frakcjach. Prześladowano zmiany ilościowe trzech frakcji pektyn: rozpuszczalnych w wodzie oraz w roztworze szczawianów i protopektyny podczas obróbki miazgi. Niezależnie od zastosowanego sposobu obróbki miazgi – w tym rodzaju preparatu enzymatycznego, w badanych próbkach odnotowano statystycznie istotny ( $p < 0,05$ ) wzrost zawartości pektyn rozpuszczalnych w wodzie w odniesieniu do miazgi kontrolnej, przy czym największy, ok. 2-krotny, miał miejsce podczas maceracji enzymatycznej preparatem Pectinex BE Colour, poprzedzonej obróbką cieplną (tab. 1). Najmniejszy przyrost ilości tych związków stwierdzono podczas samej obróbki enzymatycznej. Analizując uzyskane wyniki należy podkreślić, że wzrostowi zawartości pektyn rozpuszczalnych w wodzie towarzyszyło statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) zmniejszenie ilości pektyn rozpuszczalnych w roztworze szczawianów (tab. 1). Największe zmniejszenie ilości tej frakcji pektyn stwierdzono podczas maceracji enzymatycznej; najmniejszą ilość tej frakcji pektyn zawierała miazga po obróbce preparatem Pectinex BE XXL. Frakcja pektyn rozpuszczalnych w wodzie według Montero i wsp. [15] zawiera pektyny wysoko metylowane i kwasy pektynowe, natomiast frakcję rozpuszczalną w roztworze szczawianów stanowią pektyny nisko metylowane i kwasy pektowe. Generalnie, po obróbce miazgi stwierdzono zmniejszenie ilości protopektyny (tab. 1). Istotnie ( $p < 0,05$ ) największy rozkład miał miejsce podczas maceracji miazgi preparatem Pectinex BE Colour. Zawartość protopektyny w tej miazdze kształtowała się na poziomie 0,28 g/100 g, podczas gdy w miazdze kontrolnej wynosiła 1,33 g/100 g.

W pracy przeanalizowano także zmiany błonnika detergentowego kwaśnego, w tym lignin i celulozy podczas obróbki miazgi. Spośród zastosowanych w pracy różnych sposobów obróbki, jedynie w przypadku trzech wariantów: 4. (maceracja enzymatyczna preparatem Pectinex BE XXL), 5. (Gammapect LC Color) oraz 6. (obróbka łączona – maceracja enzymatyczna preparatem Pectinex BE Colour poprzedzona była obróbką cieplną) stwierdzono statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) zmniejszenie zawartości błonnika detergentowego kwaśnego w stosunku do jego poziomu w miazdze kontrolnej (tab. 2).

Z wyjątkiem wariantu 5., we wszystkich pozostałych wykazano statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) zwiększenie zawartości lignin (tab. 2). W przypadku celulozy, większość zastosowanych sposobów obróbki spowodowała istotny ( $p < 0,05$ ) spadek jej zawartości (tab. 2). Największy stopień rozkładu celulozy miał miejsce podczas obróbki cieplnej (wariant 2.) oraz łączonej – w której obróbka cieplna poprzedzała macerację enzymatyczną preparatem Pectinex BE Colour (wariant 6.).

T a b e l a 2

Zawartość błonnika detergentowego kwaśnego (ADF), w tym ligniny i celulozy w miazgach z owoców porzeczki czarnej.

Content of acid detergent fibre (ADF), including lignin and cellulose, in blackcurrant fruit mash.

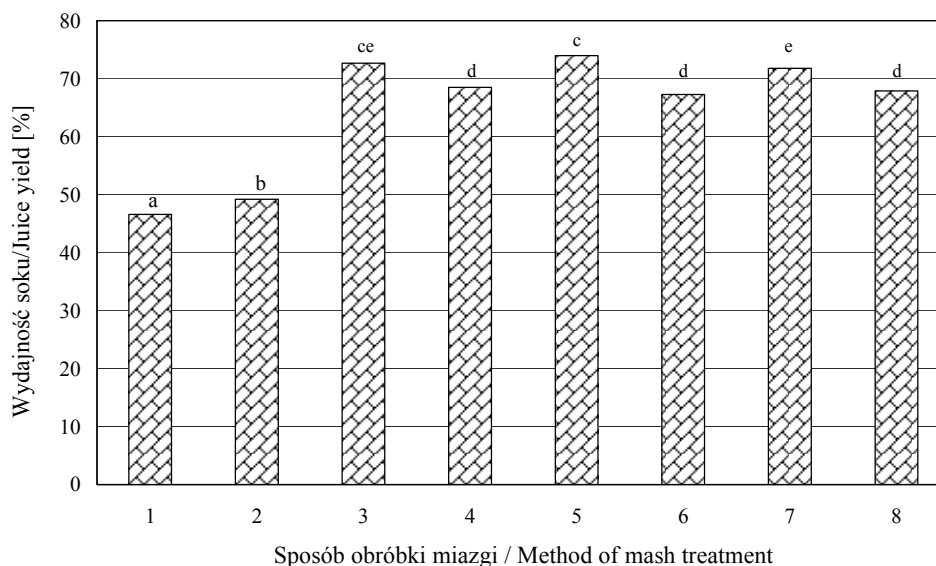
Sposób obróbki miazgi Method of mash treatment	Błonnik detergentowy kwaśny Acid detergent fibre [g /100 g]	Ligniny Lignins [g/100 g]	Celuloza Cellulose [g/100 g]
Próba kontrolna (1) Control sample (1)	4,03 <sup>c</sup> ± 0,13	2,26 <sup>a</sup> ± 0,04	1,77 <sup>de</sup> ± 0,08
Ciepłna (2) Heat (2)	4,21 <sup>e</sup> ± 0,06	3,09 <sup>f</sup> ± 0,07	1,12 <sup>a</sup> ± 0,01
Pectinex BE Colour (3)	4,08 <sup>c</sup> ± 0,03	2,86 <sup>d</sup> ± 0,04	1,22 <sup>b</sup> ± 0,03
Pectinex BE XXL (4)	3,80 <sup>a</sup> ± 0,07	2,61 <sup>c</sup> ± 0,10	1,19 <sup>ab</sup> ± 0,06
Gammapect LC Colour (5)	3,90 <sup>b</sup> ± 0,11	2,19 <sup>a</sup> ± 0,06	1,71 <sup>d</sup> ± 0,07
Ciepłna, Pectinex BE Colour (6) Heat, Pectinex BE Colour (6)	3,95 <sup>b</sup> ± 0,09	2,83 <sup>d</sup> ± 0,05	1,12 <sup>a</sup> ± 0,04
Ciepłna, Pectinex BE XXL (7) Heat, Pectinex BE XXL (7)	4,34 <sup>f</sup> ± 0,05	2,98 <sup>e</sup> ± 0,03	1,36 <sup>c</sup> ± 0,09
Ciepłna, Gammapect LC Colour (8) Heat, Gammapect LC Colour (8)	4,13 <sup>d</sup> ± 0,04	2,34 <sup>b</sup> ± 0,04	1,79 <sup>e</sup> ± 0,06

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

Miazgi z niektórych gatunków owoców jagodowych, jak np. aronia, borówka czernica, truskawka czy żurawina błotna dość łatwo poddają się tłoczeniu i bez żadnej dodatkowej obróbki możliwe jest osiągnięcie dużych wydajności soku [3, 16, 23]. Natomiast porzeczka czarna ze względu na znaczną zawartość pektyn powodujących dużą lepkość miazgi, należy do owoców szczególnie trudno poddających się tłoczeniu [18].

W niniejszej pracy wydajność soku kształtowała się w szerokim zakresie od 46,6 % (próba kontrolna) do 74,0 % (maceracja preparatem Gammapect LC Colour) (rys. 1). Landbo i Meyer [10], w zależności od warunków obróbki miazgi owoców porzeczki czarnej, uzyskały wydajność soku w granicach 66,4 - 78,9 %, a Buchert i wsp. [4], zależnie od rodzaju zastosowanych preparatów uzyskali wydajność w przedziale 51,6 - 77,4 %. Koponen i wsp. [9] uzyskali natomiast mniejsze wydajności soku w zakresie 51 - 65 %; wydajność w próbie kontrolnej wynosiła 47 %. W przeprowadzonym doświadczeniu efektywność tłoczenia soku z miazgi bez jej obróbki była bardzo mała (46,6 %) (rys. 1). Zastosowanie różnych sposobów obróbki miazgi pozwoliło osiągnąć statystycznie istotny ( $p < 0,05$ ) wzrost wydajności w porównaniu z próbą kontrolną. Największą wydajność osiągnięto stosując macerację preparatem Gammapect LC Color (wariant 5.) i Pectinex BE Colour (wariant 3.), odpowiednio na pozio-

mie 74 i 72,7 %, nieróżniące się statystycznie istotnie ( $p < 0,05$ ) między sobą. Preparat Gammapect LC Color zawierał w składzie poligalakturonazę, liazę pektynową i pektynoesterazę. Uzyskane wyniki potwierdzają informacje zawarte w literaturze, że do obróbki miazgi owoców zawierających duże ilości pektyn, celem uzyskania zadowalających wydajności, zalecane jest stosowanie maceracji enzymatycznej. W wyniku działania enzymów pektynolitycznych zawartych w preparatach następuje rozkład pektyn, przez co zmniejsza się lepkość układu, a to ułatwia wydzielanie soku [17]. Mniej korzystna okazała się obróbka łączona miazgi (rys. 1), niemniej jednak w wariancie 7. (maceracja preparatem Pectinex BE XXL poprzedzona obróbką cieplną) uzyskano wydajność wynoszącą 71,8 %. Pectinex BE XXL, otrzymywany z mikroorganizmów genetycznie modyfikowanych, zawiera liazę pektynową. Enzym ten powoduje niehydrolityczny rozkład wiązań w pektynach w wyniku  $\beta$ -eliminacji, co prowadzi do utworzenia podwójnego wiązania pomiędzy węglem 5. i 6. [26]. Preparat ten dzięki temu,



Objaśnienia: / Explanatory notes:

1 – próba kontrolna / control sample, 2 – obróbka cieplna / heat treatment, 3 – Pectinex BE Colour, 4 – Pectinex BE XXL, 5 – Gammapect LC Colour, 6 – obróbka cieplna, Pectinex BE Colour / heat treatment, Pectinex BE Colour, 7 – obróbka cieplna, Pectinex BE XXL / heat treatment, Pectinex BE XXL, 8 – obróbka cieplna, Gammapect LC Colour / heat treatment, Gammapect LC Colour.

Różne litery (a, b, c...) oznaczają statystycznie istotne różnice,  $p < 0,05$  / Different letters (a, b, c...) denote significant differences at  $p < 0.05$

Rys. 1. Wpływ sposobu obróbki miazgi owoców porzeczki czarnej na wydajność soku.

Fig. 1. Effect of treatment method of blackcurrant mash on juice yield.

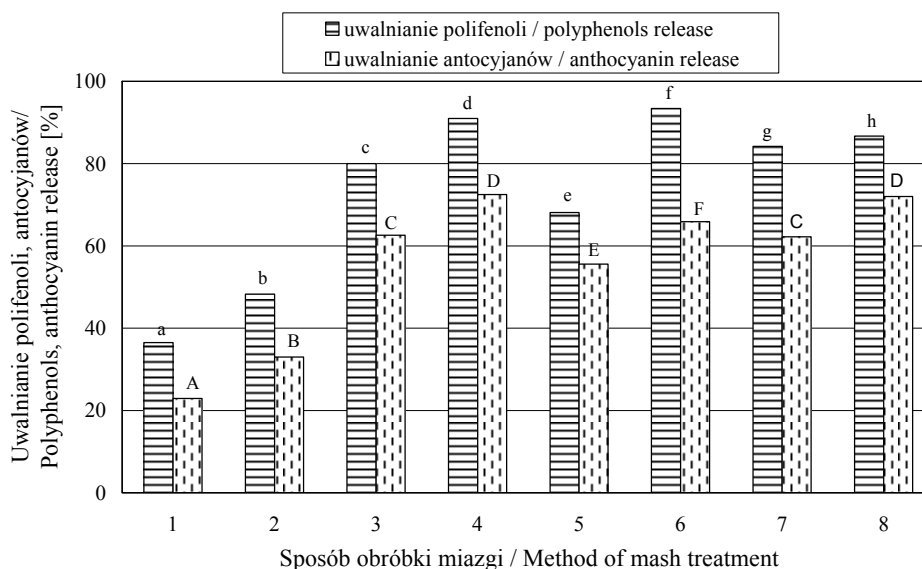
że nie zawiera esterazy pektynowej i poligalakturonazy zmniejsza lepkość soków w wyniku skrócenia łańcucha pektyn, nie powodując ich deestryfikacji, co zarazem zapobiega wypadaniu z soku cząstek stałych [5]. Spośród zastosowanych w pracy sposobów obróbki miazgi najmniej efektywna okazała się obróbka cieplna (rys. 1). W tym wariancie wydajność soku wynosiła 49,2 %.

Uzyskane w pracy wyniki potwierdzają, że wydajność soku uwarunkowana jest przemianami pektyn i błonnika ścian komórkowych podczas obróbki miazgi przed tłoczeniem soku. Należy podkreślić, że wraz ze zmniejszeniem zawartości pektyn ogółem w miazdze, w tym protopektyny, oraz rozkładem celulozy nastąpił wzrost wydajności soku. Przykładowo, w wyniku zastosowania do maceracji miazgi porzeczek czarnej preparatu Pectinex BE Colour (zawierającego poligalakturonazę) uzyskano jedną z największych (72,7 %) wydajności soku. W miazdze tej stwierdzono największy rozkład i zmniejszenie zawartości pektyn ogółem, w tym protopektyny oraz duży ubytek celulozy. Jak podaje Wilska-Jeszka [26], poligalakturonazy są głównym enzymem preparatów pektynolitycznych, stosowanych w celu zwiększenia wydajności soku.

Obecnie, coraz większą uwagę zwraca się nie tylko na wydajność soku, ale także na zawartość związków bioaktywnych, wykazujących właściwości przeciwutleniające. Stwierdzono zdecydowanie większe różnice ekstraktywności związków fenolowych ogółem, w tym antocyjanów, niż przy wydajności soku. Z przeprowadzonych badań wynika, że wydajność soku wytłoczonego z miazgi nie była równoznaczna z wydajnością polifenoli, w tym antocyjanów. Według Skrede i wsp. [21], przy wydajności soku z owoców borówki wysokiej na poziomie 83 %, wydajność antocyjanów była równa tylko 32 %. Wydajność flawonoli, procyjanidyn i kwasu chlorogenowego wynosiła odpowiednio 35, 43 i 53 %. Znaczne ilości antocyjanów i innych związków pozostają w wytlókach. Według Dietrich i wsp. [6] wydajność związków fenolowych z miazgi owoców porzeczek czarnej wynosiła 64 %. Z kolei Lee i wsp. [12], w zależności od sposobu traktowania owoców przed rozdrabnianiem, odzyskali tylko 13 - 23 % antocyjanów i od 36 do 39 % związków fenolowych ogółem. W warunkach doświadczenia, najmniejszy uzysk polifenoli (36,5 %), a także antocyjanów (22,9 %), miał miejsce w próbie kontrolnej (rys. 2). Największą natomiast efektywność uwalniania polifenoli, w tym antocyjanów, wykazano w wariantach, w których po obróbce cieplnej miazgę poddano maceracji enzymatycznej. Najwięcej polifenoli (93,4 %) zostało uwolnionych podczas maceracji preparatem Pectinex BE Colour poprzedzonej obróbką cieplną. Spośród zastosowanych preparatów do maceracji miazgi najefektywniejszy w uwalnianiu polifenoli okazał się Pectinex BE XXL (rys. 2). Zastosowanie tego preparatu pozwoliło jednocześnie na uzyskanie największej wydajności antocyjanów wynoszącej 72,5 %. Różnice wydajności polifenoli, w tym antocyjanów, spowodowane zastosowaniem do maceracji różnych preparatów enzymatycznych, wynikają także z ich niespecyficznych aktywności pobocznych i związanego z tym różnego stopnia rozkładu poli-



sacharydów ścian komórkowych [2, 14]. Landbo i Meyer [11] stwierdziły, że wydajność polifenoli jest dodatnio, liniowo skorelowana ze stopniem hydrolizy polisacharydów, katalizowanej przez enzymy zawarte w preparatach enzymatycznych. Spośród zastosowanych w pracy różnych sposobów obróbki miazgi – podobnie, jak przy wydajności soku, najmniej efektywna w uwalnianiu polifenoli, w tym antocyjanów, okazała się obróbka cieplna (rys. 2). W tym wariancie ekstraktywność polifenoli, w tym antocyjanów, wynosiła odpowiednio 48,3 i 33 %.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli, jak pod rys. 1. / Explanation of symbols as in Fig. 1.

Różne małe litery (a, b, c...) lub różne duże litery (A, B, C...) wskazują statystycznie istotne różnice,  $p < 0,05$  / Different small letters (a, b, c...) or different large letters (A, B, C...) indicate significant differences at  $p < 0.05$

Rys. 2. Wpływ sposobu obróbki miazgi owoców porzeczki czarnej na uwalnianie polifenoli i antocyjanów z miazg do soków.

Fig. 2. Effect of method of blackcurrant mash treatment on release of polyphenols and anthocyanins into juice.

Efektywność uwalniania polifenoli, w tym antocyjanów do soku – podobnie jak wydajność soku, w znaczącym stopniu uwarunkowana jest przemianami związków pektynowych i błonnika w wyniku działania na miazgę owoców ciepła i/lub enzymów. Analizując uzyskane wyniki należy zauważyć, że zmniejszenie ilości pektyn ogółem, w tym protopektyny, oraz rozkład celulozy przyczyniły się do bardziej efektywnego

uwalniania polifenoli oraz antocyjanów. Największemu ubytkowi celulozy oraz dużemu rozkładowi protopektyny towarzyszyła największa ekstraktywność polifenoli wynosząca 93,4 %.

### Wnioski

1. Wykazano zróżnicowane oddziaływanie zastosowanych sposobów obróbki miazgi na składniki strukturotwórcze owoców, tj. pektyny i błonnika, czego konsekwencją były różnice w wydajności soku i uwalnianiu związków fenolowych, w tym antocyjanów.
2. Stwierdzono, że zmniejszeniu zawartości pektyn ogółem, w tym protopektyny oraz zmniejszeniu zawartości celulozy w miazgach towarzyszył statystycznie istotny ( $p < 0,05$ ) wzrost wydajności soku oraz bardziej efektywne uwalnianie związków fenolowych, w tym antocyjanów.
3. Uzyskane wyniki wskazują, że wybór odpowiedniego sposobu obróbki miazgi przed tłoczeniem umożliwia uzyskanie zadowalającej wydajności soku i wysokiej zawartości związków fenolowych.

### Literatura

- [1] AOAC. Official Methods of Analysis. (15<sup>th</sup> edition), Washington, DC, 1990.
- [2] Bagger-Jørgensen R., Meyer A.S.: Effects of different enzymatic pre-press maceration treatments on the release of phenols into blackcurrant juice. *Eur. Food Res. Technol.*, 2004, **219**, 620-629.
- [3] Borowska E.J., Szajdek A., Czaplicki S.: Effect of heat and enzyme treatment on yield, phenolic content and antioxidant capacity of juices from chokeberry mash. *Ital. J. Food Sci.*, 2009, **21**, 197-209.
- [4] Buchert J., Koponen J.M., Suutarinen M., Mustranta A., Lille M., Törrönen R., Poutanen K.: Effect of enzyme-aided pressing on anthocyanin yield and profiles in bilberry and blackcurrant juices. *J. Sci. Food Agric.*, 2005, **85**, 2548-2556.
- [5] Czapski J.: Owoce i warzywa – szansa czy zagrożenie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2001, **4 (29)** Supl., 29-39.
- [6] Dietrich H., Rechner A., Patz C.D.: Bioactive compounds in fruit and juice. *Fruit Process.*, 2004, **1**, 50-55.
- [7] Helbig J.: Production of colour-intensive and colour-stable coloured juices. *Fruit Process.*, 2001, **9**, 342-347.
- [8] Hilz H., Bakx E.J., Schols H.A., Voragen A.G.J.: Cell wall polysaccharides in black currants and bilberries – characterisations in berries, juice and press cake. *Carbohydrate Polym.*, 2005, **59**, 477-488.
- [9] Koponen J.M., Buchert J., Poutanen K.S., Törrönen A.R.: Effect of pectinolytic juice production on the extractability and fate of bilberry and black currant anthocyanins. *Eur Food Res Technol.*, 2008, **227**, 485-494.

- [10] Landbo A.-K., Meyer A.S.: Effects of different enzymatic maceration treatments on enhancement of anthocyanins and other phenolics in black currant juice. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2004, **5**, 503-513.
- [11] Landbo A.-K., Meyer A.S.: Enzyme-assisted extraction of antioxidative phenols from black currant juice press residues (*Ribes nigrum*). *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 3169-3177.
- [12] Lee J., Durst R.W., Wrolstad R.E.: Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenolics: comparison of two pretreatments. *J. Food Sci.*, 2002, **67**, 1660-1667.
- [13] Lee J., Wrolstad R.E.: Extraction of anthocyanins and polyphenolics from blueberry-processing waste. *J. Food Sci.*, 2004, **69**, 564-572.
- [14] Meyer A.S.: Enhanced extraction of antioxidant phenols from wine and juice press residues via enzymatic polysaccharide hydrolysis. *Fruit Process.*, 2002, **1**, 29-33.
- [15] Montero T.M., Mollá E.M., Esteban R.M., López-Andréu F.J.: Quality attributes of strawberry during ripening. *Sci. Horticult.*, 1996, **65**, 239-250.
- [16] Oszmiański J., Sożyński J.: Wpływ warunków otrzymywania oraz przechowywania soku z aronii na związki fenolowe i barwę. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 1989, **TZ 5 (184)**, 89-100.
- [17] Oszmiański J.: *Technologia i analiza produktów z owoców i warzyw*. Wyd. AR, Wrocław 2002.
- [18] Płocharski W., Markowski J.: Ocena uzysku soku i jego parametrów jakościowych przy obróbce miazgi owoców czarnej porzeczki preparatami enzymatycznymi nowej generacji firmy Novozymes Switzerland AG. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2003, **6**, 24-26.
- [19] Shahidi F., Naczk M.: Methods of analysis and quantification of phenolic compounds. In: *Food Phenolic: Sources, Chemistry, Effects and Applications*. F. Shahidi, M. Naczk Eds. Technomic Publishing Company, Lancaster/Pennsylvania 1995, pp. 287-293.
- [20] Shahidi F., Naczk M.: Phenolic compounds in fruits and vegetables. In: *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. F. Shahidi, M. Naczk Eds. CRC Press, 2004, pp. 131-156.
- [21] Skrede G., Wrolstad R.E., Durst W.: Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *J. Food Sci.*, 2000, **65**, 357-364.
- [22] Szajdek A., Borowska E.J.: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **4 (41) Supl.**, 5-28.
- [23] Szajdek A.: *Badania nad zmianami wybranych związków bioaktywnych i właściwości przeciwutleniających w procesie technologicznym otrzymywania soków z owoców jagodowych*. Praca doktorska, UWM, Olsztyn 2006.
- [24] Urlaub R.: Enzymes from genetically modified microorganisms and their use in the beverage industry. *Fruit Process.*, 1999, **5**, 158-163.
- [25] Wilska-Jeszka J.: *Barwniki*. W: *Chemia żywności – pod red. Z.E. Sikorskiego*. WNT, Warszawa 2002, ss. 401-426.
- [26] Wilska-Jeszka J.: *Polisacharydy*. W: *Chemia żywności - pod red. Z. E. Sikorskiego*. WN, Warszawa 1994, ss. 132-166.
- [27] Wrolstad R.E.: *Color and pigment analyses in fruit products*. Agricultural Experiment Station, Oregon State University, Station Bulletin 1993, 624.
- [28] Yu L., Reitmeier C.A., Love M.H.: Strawberry texture and pectin content as affected by electron beam irradiation. *J. Food Sci.*, 1996, **61**, 844-846.

## CHANGES IN STRUCTURE-FORMING COMPONENTS OF BLACKCURRANT FRUITS DURING MASH MACERATION AND RELEASE OF POLYPHENOLS INTO JUICE

### S u m m a r y

The objective of this study was to analyze the changes in pectins and fibre during blackcurrant mash treatments using diverse methods prior to the process of pressing, as well as to determine the effect of those changes on the juice yield and the release of polyphenols including anthocyanins. Before pressing the juice, the fruit mash was treated using different methods: heat, enzymatic, or combined treatment; and the enzymatic maceration was preceded by a heat treatment.

The following preparations were used to macerate mash: Pectinex BE Colour, Pectinex BE XXL, and Gammapect LC Colour; they differed in their enzymatic composition and activity. The results obtained were statistically analyzed. The significance of differences between mean values was assessed by a Duncan's test.

It was found that the changes in pectins and fibre depended on the method of mash treatment including the type of enzymatic preparation applied. Compared to the control fruit mash, the decrease in the content of total pectins ranged from 12 to 50 %. Based on the analysis of the composition of pectin fractions, it was proved that the content of water-soluble pectins increased and, concurrently, the content of oxalate-soluble pectins decreased. In addition, the content of cellulose decreased. The decrease in the content of total pectins, including protopectins, and in the content of cellulose occurred along with the increase in the juice yield and with a more effective release of phenolic compounds including anthocyanins.

**Key words:** pectins, fibre, blackcurrant, mash treatment, juice yield, polyphenols 