

## Remigiusz Ołędzki

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

e-mail: remigiusz.oledzki@ue.wroc.pl

ORCID: 0000-0002-3817-8619

---

### **ACEROLA (MALPIGIA GRANATOLISTNA, MALPIGHIA EMARGINATA DC./MALPIGHIA GLABRA L.) – ZASTOSOWANIE W ŻYWIENIU, PROFILAKTYCE ZDROWIA ORAZ W POZYSKIWIANIU SUBSTANCJI O ZNACZENIU PRZEMYSŁOWYM**

---

### **ACEROLA (MALPIGIA, MALPIGHIA EMARGINATA DC./ MALPIGHIA GLABRA L.) – APPLICATION IN NUTRITION, HEALTH PREVENTION AND ACQUISITION OF INDUSTRIAL SUBSTANCES**

---

DOI: 10.15611/nit.2020.36.09

JEL Classification: I100

**Streszczenie:** W pracy zawarto przegląd najnowszych doniesień naukowych na temat składu, właściwości i zakresu oddziaływań prozdrowotnych malpigii granatolistnej, zwanej potocznie acerolą. Opisano miejsca występowania i zasięg terytorialny tego gatunku oraz podano aktualną charakterystykę biochemiczną owoców i liści aceroli. Omówiono obszary oddziaływań aceroli na wybrane procesy fizjologiczne w organizmie człowieka, wyjaśniając jednocześnie ich biochemiczne mechanizmy. Przedstawiono zalecenia spożycia aceroli w prewencji otyłości i innych przewlekłych chorób cywilizacyjnych i dietozależnych, jak również w kontekście kształtowania odporności immunologicznej organizmu. W części artykułu poświęconej zastosowaniom aceroli w przemyśle opisano możliwości wykorzystania pozostałości poprzetwórczych (produktów ubocznych) z aceroli do wytwarzania gospodarczo cennych produktów, jak mąka, glukoza, etanol oraz kompozyty biodegradowalne. Omówiono również możliwości zastosowania pozostałości roślinnych z aceroli do mikrobiologicznego otrzymania bakteryjnej celulozy oraz napojów typu kombucha, charakteryzujących się wysokimi właściwościami przeciwutleniającymi i bioaktywnymi.

**Słowa kluczowe:** malpigia granatolistna, acerola, profilaktyka żywieniowa, substancje bioaktywne, przeciwutleniacze.

**Abstract:** The paper contains a review of the latest scientific reports on the composition, properties and scope of health-promoting effects of the pomegranate malpiga, commonly

known as acerola. The places of occurrence and territorial range of this species were described, as well as the current biochemical characteristics of acerola fruits and leaves. The areas of acerola influence on selected physiological processes in the human body were discussed, explaining their biochemical mechanisms. Recommendations for the consumption of acerola in the prevention of obesity and other chronic civilization and diet-related diseases, as well as in the context of shaping the body's immune resistance, were presented. The second part of the article, devoted to the industrial applications of acerola, describes the possibilities of using post-processing residues (by-products) from acerola to produce economically valuable products, such as flour, glucose, ethanol and biodegradable composites. The possibilities of using plant residues from acerola for microbiological preparation of bacterial cellulose and kombucha-type beverages characterized by high antioxidant and bioactive properties were also discussed.

**Keywords:** malpiga, acerola, nutritional prophylaxis, bioactive substances, antioxidants.

## 1. Wstęp

Holistyczne podejście do zdrowia cieszy się coraz większą popularnością wśród konsumentów, co przejawia się poszukiwaniem bardziej skutecznych metod leczenia naturalnego, do których należą m.in. dobór odpowiednich składników i sposobu żywienia.

Malpigia granatolistna (łac. *Malpighia emarginata/Malpighia glabra* L.), zwana potocznie acerolą lub wiśnią z Barbadosu, to pochodząca z Wysp Kanaryjskich roślina, która ma interesujące i cenne właściwości prozdrowotne. Coraz bardziej rozpoznawana na rynku roślinnych surowców egzotycznych acerola zaczyna być powszechnie ceniona przez konsumentów, głównie jako owoc o wysokiej zawartości witaminy C (kwasu askorbinowego), jak również związków polifenolowych (np. antocyjanów) i karotenoidów (Belwal i in., 2018).

Dotychczasowe doniesienia o aceroli przedstawiają owoc (wytłoki, nasiona i sok) oraz liście aceroli jako surowiec bogaty w karotenoidy (np. luteinę,  $\beta$ -karoten), związki polifenolowe (kwasy hydroksycynamonowe i flawonoidy), feofitynę oraz pochodne chlorofilu, które mogą pełnić funkcję składników dla potencjalnych, naturalnych nutraceutyków (Poletto, 2021).

Z tego względu, że dostęp do tego surowca na rynkach Europy Zachodniej jest coraz łatwiejszy, roślina ta staje się coraz częstszym celem zakupowym konsumentów. Na rynku konsumenckim acerolę można nabyć w różnych postaciach, głównie w formie przetworów, jako dodatek w żywności (np. w jogurtach), w suplementach diety oraz w formie świeżych owoców (dostępnych głównie w dużych supermarketach oraz w specjalistycznych sklepach ze zdrową żywnością).

Acerola bardzo szybko zyskuje popularność w żywieniu i technologii żywności nie tylko dzięki cennym walorom smakowym, ale również dzięki swoim wyjątkowym właściwościom prozdrowotnym. Z tego powodu, że w ostatnich latach ukazały się wyniki wielu ciekawych badań naukowych poświęconych tej wyjątkowej roślinie

nie, istotnym celem artykułu stało się uporządkowanie tych informacji pod kątem przydatności w edukacji żywieniowej.

## 2. Charakterystyka botaniczna i siedliskowa aceroli

Malpigia granatolistna pochodzi z ciepłych rejonów Ameryki Środkowej, a jej zasięg terytorialny obejmuje południowe obszary Ameryki Północnej (Teksas, Nowy Meksyk, Kalifornia Dolna, Sonora w Meksyku), Amerykę Środkową, północne obszary Ameryki Południowej oraz wyspy karaibskie (Ayala-Zavala i in., 2011). Acerola porasta doliny rzek w ciepłych i suchych lasach tropikalnych, cechujących się dużą żyznością, np. w dolinie rzeki Balsas i centralnych dolinach Oaxaca w Meksyku (Tena, 2021). Brazylia jest największym producentem, konsumentem i eksporterem aceroli na świecie. Według brazylijskiego Ministerstwa Rolnictwa, Zwierząt Gospodarskich i Zaopatrzenia zarejestrowanych jest tam osiemnaście odmian aceroli, wśród których najpopularniejsze to BRS 235-Apodi, BRS 236-Cereja i BRS 237-Roxinha (Carneiro Ferreira i in., 2021).

Acerola w naturalnych warunkach (pierwotnych siedliskach) przyjmuje postać niewysokiego, wiecznie zielonego drzewka o owalnych, zielonych liściach. W regionach swojego pochodzenia acerola osiąga 2-3 metry wysokości i często uprawiana jest jako roślina żywopłotowa i jednocześnie jako drzewko owocowe, które wykształca czerwone, pestkowe owoce o żółtym miąższu, podobne kształtem i wielkością do owoców wiśni pospolitej (*Prunus cerasus* L.) lub wiśni ptasiej (wiśnia dzika, czereśnia, trześnia) (*Prunus avium* L.) (Jankiewicz i Lipecki, 2012; Rutkowski, 2006). Najcenniejszą częścią aceroli są jej owoce, o średnicy ok. 1,5-2,0 cm, które można spożywać na surowo, poddawać suszeniu oraz przetwarzać w celu przygotowania z nich np. wywarów, soków czy dżemów.

## 3. Właściwości biochemiczne aceroli

Owoce aceroli, ze względu na istnienie wielu odmian botanicznych, przedstawiają szeroki zakres właściwości biochemicznych, który jest wynikiem wysokiej zmienności genetycznej tej rośliny (występowania dużej ilości genotypów w obrębie gatunku) oraz dużej zmienności fenotypowej poszczególnych cech tej rośliny. Wyniki badań potwierdzają, że acerola jest przede wszystkim cennym źródłem kwasu askorbinowego i jabłkowego. Kwas askorbinowy jest głównym kwasem organicznym aceroli, którego stężenie w owocach (w pulpie owocowej, w zależności od odmiany) wykazuje wartości od 1,18 g do 2,43 g • 100 g<sup>-1</sup> świeżej masy, co sprawia, że acerola jest równie cennym źródłem kwasu askorbinowego, co np. owoce czarnej porzeczki, *Ribesnigrum* L. (1,5-3,0 g • 100 g<sup>-1</sup> świeżej masy). Z tego powodu konsumpcja aceroli może silnie stymulować układ immunologiczny, m.in. poprzez zwiększenie ilości i aktywności komórek odpornościowych, np. limfocytów. Analiza biochemiczna owoców aceroli wykazała również wysoką zawartość β-karotenu

wynoszącą (w wyciekach) 5,84 mg • g<sup>-1</sup> suchej masy, co sprawia, że surowiec ten może być równie cennym źródłem β-karotenu, co np. marchew zwyczajna, *Daucus carota* L. (Carneiro Ferreira i in., 2021).

Ponadto w aceroli wykazano wysoką całkowitą zawartość związków polifenolowych, wynoszącą (w zależności od odmiany) od 378,69 do 444,05 mg GAE (równoważnika kwasu galusowego) w przeliczeniu na 100 g<sup>-1</sup> suchej masy, co decyduje o tym, że można określić ten owoc jako jedno z najbogatszych pokarmowych źródeł polifenoli, na równi np. z owocem aronii czarnoowocowej (*Aronia melanocarpa*) (Carneiro Ferreira i in., 2021).

**Tabela 1.** Zawartość najważniejszych związków bioaktywnych w owocach i liściach aceroli  
**Table 1.** The content of the most important bioactive compounds in acerola fruit and leaves

Związki bioaktywne/ Bioactive compounds	<i>Malpigia granatolistna (Malpighia emarginata)/Malpighia glabra</i>
Kwas askorbinowy/ Ascorbic acid	1,18 do 2,43 g • 100 g <sup>-1</sup> świeżej masy (owoce)/ 1,18 to 2,43 g • 100 g <sup>-1</sup> fresh weight (fruit)
Kwas askorbinowy/ Ascorbic acid	34 mg • 100 g <sup>-1</sup> świeżej masy (liście)/ 34 mg • 100 g <sup>-1</sup> fresh weight (leaves)
β-karoten/ β-carotene	5,84 mg • g <sup>-1</sup> sm (suchej masy) (owoce)/ 5,84 mg • g <sup>-1</sup> DM dry weight (fruit)
Związki polifenolowe (Σ)/ Polyphenolic compounds (Σ)	378,69 do 444,05 mg • 100 g <sup>-1</sup> sm (owoce)/ 378,69 to 444,05 mg • 100 g <sup>-1</sup> DM (fruit)
Naryngenina/ Naringenin	478 μg • g <sup>-1</sup> suchej masy (owoce)/ 478 μg (microgram) • g <sup>-1</sup> DM dry matter (fruit)
Cyanidyno-3-ramnozyd/ cyanidin-3-rhamnoside	149-682 μg • g <sup>-1</sup> świeżej masy (owoce)/ 149-682 μg • g <sup>-1</sup> wet weight (fruit)
Kwas ferulowy/ Ferulic acid	40,96 μg • g <sup>-1</sup> suchej masy (owoce)/ 40,96 μg • g <sup>-1</sup> DM dry matter (fruit)
Kwas p-kumarowy/ p-coumaric acid	42,25 μg • g <sup>-1</sup> suchej masy (owoce)/ 42,25 μg • g <sup>-1</sup> DM dry matter (fruit)
Katechiny/ Catechins	15,66 μg • g <sup>-1</sup> suchej masy (owoce)/ 15,66 μg • g <sup>-1</sup> DM dry matter (fruit)
Epikatechyna/ Epicatechin	15,95 μg • g <sup>-1</sup> suchej masy (owoce)/ 15,95 μg • g <sup>-1</sup> DM dry matter (fruit)
Rutozyd (rutyna)/ R utoside	36,22 μg • g <sup>-1</sup> suchej masy (owoce)/ 36,22 μg • g <sup>-1</sup> DM dry matter (fruit)
Kwas winowy/ Tartaric acid	1116 mg • 100 g <sup>-1</sup> suchej masy (owoce)/ 1116 mg • 100 g <sup>-1</sup> DM dry weight (fruit)
Kwas bursztynowy/ Succinic acid	119 mg • 100 g <sup>-1</sup> suchej masy (owoce)/ 119 mg • 100 g <sup>-1</sup> DM dry weight (fruit)
Fruktoza/ Fructose	29,8 mg • g <sup>-1</sup> suchej masy (owoce)/ 29,8 mg • g <sup>-1</sup> DM dry weight (fruit)
Glukoza/ Glucose	48,55 mg • g <sup>-1</sup> suchej masy (owoce)/ 48,55 mg • g <sup>-1</sup> DM dry weight (fruit)

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Carneiro Ferreira i in., 2021, Carvalho i Oliveira, 2021; Monteiro, 2020).

Source: own study on the basis of (Carneiro Ferreira et al., 2021, Carvalho and Oliveira, 2021; Monteiro, 2020).

Potwierdzono, że związkami fenolowymi o najwyższym stężeniu w wyciekach aceroli jest naryngenina (w ilości 478  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  suchej masy), czyli 5,7,4'-trihydroksyflawanon), której przypisuje się działanie przeciwmiażdżycowe oraz estrogenopodobne (Carvalho i Oliveira, 2021). Stwierdzono, że głównym związkiem antocyjanowym w owocach aceroli jest cyjanidyno-3-ramnozyd, którego zawartość występuje w ilości 149-682  $\mu\text{g/g}$  świeżej masy. W owocach aceroli potwierdzono również występowanie takich związków fenolowych, jak 3-glukozyd kwercetyny, izoramnetyna, katechyna, procyanidyna A2, hesperydyna, kwas chlorogenowy oraz trans-resweratrol. Obecność wymienionych związków w aceroli sprawia, że konsumpcja jadalnych części tej rośliny (np. owoców) może wywierać korzystny wpływ na szereg procesów fizjologicznych i biochemicznych w organizmie człowieka (Carneiro Ferreira i in., 2021).

## 4. Korzyści zdrowotne wynikające ze spożycia aceroli

### 4.1. Acerola w leczeniu nadwagi i otyłości

Prowadzone badania wskazują, że regularne spożywanie aceroli może skutecznie wspomagać proces odchudzania poprzez wzmocnienie procesu przemiany materii. Badania sugerują, że acerola jest skuteczna w obniżaniu masy ciała, szczególnie w sytuacji, gdy jej wzrost jest spowodowany stosowaniem diety wysokowęglowodanowej. Dieta wysokowęglowodanowa (wysokokaloryczna) powoduje zmiany w profilu lipidowym surowicy krwi (wzrost trójglicerydów i lipoprotein o bardzo małej gęstości – VLDL) (Han i Lean, 2016). Spożywanie aceroli może chronić osoby stosujące dietę wysokokaloryczną przed zaburzeniami gospodarki lipidowej, które stanowią istotny czynnik ryzyka rozwoju m.in. miażdżycy czy chorób układu sercowo-naczyniowego. Ponadto stwierdzono, że regularnej konsumpcji aceroli towarzyszy wzrost aktywności katalazy (CAT) we krwi. Wzrost aktywności tego enzymu jest elementem reakcji obronnej organizmu, polegającej na usuwaniu nadmiernej ilości wolnych rodników tlenowych, które powstają na skutek spożywania dużych ilości węglowodanów. Ponadto, w efekcie regularnego spożywania aceroli zaobserwowano (zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn) zmniejszenie objętości tkanki tłuszczowej podskórnej. Z tego powodu spożywanie produktów zawierających acerolę zaleca się jako element wspierający proces leczenia otyłości (Batista, Ribeiro, Oliveira, de Souza i de Oliveira, 2021).

Uzupełnieniem powyższych wniosków badawczych jest zaobserwowany wpływ konsumpcji aceroli na profil mikrobiomu organizmu. Zaobserwowano, że spożywanie aceroli korzystnie wpływa na florę jelitową (mikrobiom jelitowy), która odgrywa istotną rolę w zapewnieniu homeostazy organizmu oraz uczestniczy w formowaniu swoistej i nieswoistej odpowiedzi immunologicznej. Wykazano, że spożywanie fermentowanych napojów sojowych (zawierających szczepy probiotyczne *Lactobacillus acidophilus* LA-5 i *Bifidobacterium longum* BB-46) poprawia zarówno u osób

szczupłych, jak i otyłych równowagę mikrobiologiczną w jelitach, co skutkuje obniżeniem stanu zapalnego w obrębie śluzówki tego narządu. Badania wykazały, że w jelicie grubym (w okrężnicy) osób spożywających fermentowany napój sojowy wzbogacony sokiem z aceroli następuje zwiększona produkcja kwasu octowego i mlekowego. Zwiększona produkcja kwasu octowego i mlekowego przez mikroflorę jelitową jest czynnikiem oddziałującym ochronnie przed bakteriami patogennymi (Ang i Ding, 2016).

Zaobserwowano ponadto, że u osób o prawidłowej masie ciała (z prawidłowym BMI), które spożywały fermentowany napój sojowy z dodatkiem aceroli, następuje zmniejszenie produkcji kwasu propionowego i masłowego. Kwas propionowy i masłowy są ligandami dla receptorów GPR41 oraz GPR43 sprzężonych z białkami typu G. Receptory te są aktywowane przez krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA), głównie takie jak propionian i maślan, wytwarzane podczas fermentacji w wyniku rozkładu błonnika pokarmowego przez znajdujące się w jelitach bakterie komensalne. Wskazuje się, że propionian i maślan, które są silnymi agonistami dla GPR41 i GPR43, dokonują aktywacji tych receptorów (GPR41 i GPR43) (Ang i Ding, 2016; Vinolo, Rodrigues, Nachbar i Curi, 2011). Z kolei aktywacja GPR41 i GPR43 (receptorów sprzężonych z białkiem G) w adipocytach prowadzi do zahamowania procesu lipolizy i obniżenia stężenia wolnych kwasów tłuszczowych we krwi. Ponadto zaobserwowano, że aktywacji receptorów GPR41 i GPR43 towarzyszy zwiększona ilość wydzielanych przez adipocyty adipokin prozapalnych, jak interleukina-6 (IL-6), interleukina-8 (IL-8), MCP-1 (białko chemotaktyczne monocytów, MCP-1) oraz leptyna (Olszanecka-Glinianowicz i Zahorska-Markiewicz, 2008).

Natomiast wytwarzany (endogennie przez mikrobiotę jelitową) w nadmiernej ilości propionian stymuluje glikogenolizę, prowadząc do hiperglikemii na skutek zwiększonej aktywności glukagonu i białka FABP4 (*fatty acid-binding protein 4* – białka wiążącego kwasy tłuszczowe 4) we krwi. Potwierdzono, że propionian może aktywować współczulny układ nerwowy i poprzez uwalnianie noradrenaliny (norepinefryny), prowadzić do wydzielania glukagonu i białka FABP4 *in vivo*. Dlatego wskazuje się, że spożywanie posiłków przyczyniających się do produkcji propionianu w jelitach może powodować poposiłkowy wzrost stężenia glukagonu, FABP4 i norepinefryny we krwi, prowadząc do insulinooporności i wyrównawczej hiperinsulinemii. Potwierdzono, że przewlekła ekspozycja na zwiększone, ponadfizjologiczne dawki propionianu może skutkować zmniejszeniem wrażliwości na insulinę i w konsekwencji stopniowym przyrostem masy ciała oraz licznymi nieprawidłowościami metabolicznymi. Dlatego substancje bioaktywne zawarte w aceroli, spożywane m.in. w postaci synbiotyku, czyli w połączeniu z bakteriami probiotycznymi *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*, mogą, poprzez udział w opisanych mechanizmach, obniżyć ryzyko wystąpienia otyłości i towarzyszących jej stanów zapalnych (Tirosh i Calay, 2019).

Podobnie korzystnych zmian składu krótkołańcuchowych i rozgałęzionych kwasów tłuszczowych (SCFA i BCFA) we krwi na skutek konsumpcji opisywanego synbiotyku nie potwierdzono w przypadku osób z już rozwiniętą nadwagą oraz u osób

otyłych. Dlatego opisane powyżej wyniki należy traktować jako potwierdzenie, że spożywanie fermentowanych napojów sojowych wzbogaconych sokiem z aceroli jest jednym z elementów profilaktyki zdrowotnej dla osób o prawidłowej wadze, u których istnieje tendencja do przybierania masy ciała (Vieira, de Souza, Padilha, Saad i Venema, 2021).

## 4.2. Wpływ aceroli na skład mikrobiomu jelit

Opisanym powyżej zmianom u osób spożywających fermentowany napój sojowy z dodatkiem aceroli towarzyszyły również korzystne zmiany mikrobiomu jelitowego. Wykazano, że u osób o prawidłowej wadze (z prawidłowym BMI), które spożywały fermentowany napój sojowy z dodatkiem aceroli, uległa zmniejszeniu liczba komensalnych bakterii z rodzaju *Firmicutes* oraz *Bacteroidetes*. Z drugiej strony, spożywanie aceroli w postaci opisanego synbiotyku (aceroli w połączeniu z bakteriami probiotycznymi *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*) przez osoby o prawidłowej masie ciała (prawidłowym BMI) spowodowało ponad 4,5-krotny wzrost liczby promieniowców (*Actinobacteria*), które były reprezentowane głównie przez bardzo korzystne dla organizmu drobnoustroje z rodzaju *Bifidobacterium*. Również u osób o nieprawidłowej masie ciała (z nieprawidłowym BMI) spożywanie fermentowanego napoju sojowego z dodatkiem aceroli wywołało podobne korzystne zmiany. Konsekwencją spożywania (zarówno przez osoby zdrowe i z nadwagą) fermentowanego napoju sojowego z dodatkiem aceroli jest rozwój pożytecznych bakterii, jak *Bifidobacterium* i *Prevotella*, któremu towarzyszy obniżenie poziomu uwalniania prozapalnych cytokin, takich jak IFN- $\gamma$ , TNF- $\alpha$  i IL-12. Kolejnym pozytywnym następstwem jest zmniejszenie populacji bakterii z rodziny *Clostridiaceae*, którym z kolei przypisuje się udział w inicjowaniu produkcji cytokin prozapalnych, takich jak TNF- $\alpha$  i IL-1 $\beta$  (Vieira i in., 2021).

Ponadto wykazano, że użycie aceroli jako dodatku owocowego, i tym samym prebiotycznego, do fermentowanego napoju sojowego zwiększa żywotność i odporność bakterii probiotycznych na warunki żołądkowo-jelitowe oraz stymuluje w okrężnicy wzrost takich bakterii probiotycznych, jak *Bifidobacterium* spp. (w szczególności *Bifidobacterium longum* BB-46) oraz *Lactobacillus* (Vieira, Battistini, Bedani i Saad, 2021).

Wykazano również, że spożywanie owoców aceroli ogranicza nadmierny rozwój takich bakterii, jak *Enterococcus*, *Clostridium cocoides* i *Eubacterium rectall*, których to endotoksyny są odpowiedzialne za aktywację czynnika transkrypcyjnego NF- $\kappa$ B, będącego kluczowym elementem wyzwalającym proliferację komórek w nabłonku okrężnicy. Dlatego w celu zmniejszenia ryzyka wystąpienia nowotworów jelita grubego zaleca się uzupełnienie stosowanej diety produktami zawierającymi owoce aceroli (Menezes, de Melo i Vieira, 2021; Wang, Wan i Wu, 2021).

Spożywanie owoców aceroli w obecności bakterii probiotycznych może dostarczać dodatkowych korzyści związanych z mikrobiologiczną biotransformacją po-

lifenuoli zawartych w tym surowcu. Wykazano, że polifenole zawarte w owocach aceroli mogą podlegać biotransformacji przez *Lactobacillus acidophilus* La-5 i *Lactocaseibacillus casei* 01, co wpływa na zwiększoną biodostępność i wyższą aktywność przeciwutleniającą tych substancji. Ponadto wykazano, że przeciery owocowe z aceroli wzbogacone kulturami probiotycznymi w efekcie procesów fermentacji charakteryzują się zwiększoną zawartością kwasu mlekowego (8,45-15,44 mg/ml), kwasu octowego (0,05-1,05 mg/ml) oraz obniżoną zawartością glukozy i fruktozy w porównaniu z przecierami owocowymi z aceroli bez dodatku kultur probiotycznych (Assis, 2021).

Potwierdzono również, że przeciery owocowe z aceroli z dodatkiem kultur probiotycznych charakteryzują się wyższą aktywnością antyoksydacyjną, co jest efektem przekształcenia oligomerycznych i polimerycznych substancji polifenolowych (np. proantocyjanidyn) w substancje monomeryczne (jak np. katechiny i epikatechiny), które mają wyższe właściwości przeciwutleniające niż substancje wyjściowe (Assis, 2021).

Podobnie korzystny wpływ na aktywności przeciwutleniające aceroli i biodostępność zawartych w niej związków bioaktywnych wykazano dla probiotycznych izolatów *Lactobacillus casei* L-26, *Lactobacillus fermentum* 56, *Lactobacillus paracasei* 106 oraz *Lactobacillus plantarum* 53 (Oliveira i in., 2020).

### 4.3. Aktywność przeciwnowotworowa aceroli

Wykazano, że substancje zawarte w liściach aceroli mogą zmniejszać żywotność komórek nowotworowych piersi (linii komórek MCF-7) oraz okrężnicy (linii komórek HCT-116). Z tego powodu ekstrakty z liści aceroli mogą stanowić istotny element profilaktyki żywieniowej dla osób szczególnie narażonych na zachorowanie na raka piersi, czyli ze zidentyfikowaną mutacją w genach BRCA1 i BRCA2 lub osób, u których w rodzinie występowały już zachorowania na raka piersi (El-Hawary, 2020).

### 4.4. Działanie gastroochronne aceroli

Wykazano, że polisacharydy pozyskane z aceroli (ze skórek i pulpy owoców) mogą mieć działanie gastroprotekcyjne. Wyniki analizy strukturalnej wskazały, że wyekstrahowana z produktów ubocznych aceroli frakcja węglowodanowa jest heteropolisacharydem (o charakterze pektynowym) o złożonej budowie, zawierającym w swoim składzie cząsteczki glukozy, arabinozy, galaktozy, kwasu D-galakturonowego oraz arabinogalaktanu. Analizowana frakcja heteropolisacharydów może oddziaływać stymulująco na proces odnowy komórek nabłonka jelit, którego funkcje czynnościowe zostały upośledzone na skutek naciekania blaszki właściwej przez komórki zapalne. Na podstawie doświadczeń *in vivo* wykazano, że polisacharydy pozyskane z owoców aceroli mogą redukować stres oksydacyjny w obrębie błony śluzowej żołądka i jelit. Spożywanie polisacharydów z aceroli obniża również (o 56,5 %) zawartość dialdehydu malonowego (MDA) nagromadzonego w tkankach żołądka na skutek zażywania etanolu (Sousa, 2020).



Zaobserwowano, że obniżenie poziomu peroksydacji lipidów błon komórkowych w tkankach żołądka i jelit objętych stresem oksydacyjnym (np. wywołanym etanolem) następuje na skutek wzrostu potencjału przeciwutleniającego tych tkanek, będącego efektem wzrostu stężenia glutationu (GSH- $\gamma$ -glutamylcysteinylglicyny) – silnego endogennego antyoksydantu syntetyzowanego w organizmach zwierząt. Zakłada się, że polisacharydy zawarte w aceroli zwiększają aktywność reduktazy glutationowej oraz syntetazy  $\gamma$ -glutamylcysteinowej, które odpowiadają za wzrost stężenia zredukowanego glutationu (również poprzez redukcję GSSH, czyli utlenionego glutationu). Dlatego zwiększony poziom zredukowanego glutationu (GSH) w tkance nabłonkowej żołądka i jelit w efekcie konsumpcji aceroli daje skuteczną ochronę tych narządów przed uszkodzeniami powodowanymi przez czynniki i substancje rodnikotwórcze (np. etanol). Jednocześnie wykazano, że frakcje polisacharydowe aceroli nie tylko nie wykazują efektów cytotoksycznych względem komórek nabłonka żołądka i jelit, ale mogą stymulować proces ich regeneracji. W oparciu o uzyskane rezultaty opisanych badań postuluje się wykorzystanie polisacharydów ekstrahowanych z aceroli do produkcji preparatów działających ochronnie i regeneracyjnie na błonę śluzową żołądka (Sousa, 2020).

#### 4.5. Działanie hepatoprotekcyjne i hepatoregeneracyjne aceroli

Wykazano, że liście aceroli to surowiec będący również bogatym źródłem metabolitów wtórnych, które mają wysoki potencjał hepatoprotekcyjny. W wyniku przeprowadzonych badań *in vivo* potwierdzono, że ekstrakt z liści aceroli wykazuje działanie ochronne względem komórek wątroby. Wniosek ten powstał na podstawie obserwacji, że konsumpcja ekstraktu z liści aceroli obniża we krwi podwyższone (w warunkach ekspozycji tego narządu na czynniki toksyczne) aktywności aminotransferazy alaninowej (ALT), aminotransferazy asparaginianowej (AST, AspAT) oraz czynnika martwicy nowotworu  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ , kachektyny). Jednocześnie zaobserwowano, że ekstrakt z liści aceroli jest w stanie znacząco (ponad 20-krotnie) zwiększyć we krwi aktywność katalazy, której funkcją jest rozkład nadtlenu wodoru (do wody i tlenu), który powstaje z rodników ponadtlenkowych tworzących się w warunkach stresu oksydacyjnego. Wskazuje się, że za ten korzystny efekt hepatoprotekcyjny i hepatoregeneracyjny mogą odpowiadać obecne w liściach aceroli substancje bioaktywne z takich grup, jak kumaryny (kapensyna, dafnoretyna i skopoletyna), flawonoidy (głównie glikozydy, jak kwercetyna i apigenina), kwasy fenolowe (kwas cynamonowy i pochodne kwasu chinowego) oraz aminokwasy, jak homoizoleucyna i fenyloalanina (El-Hawary, 2021).

Konsumpcja ekstraktu z liści aceroli powoduje również obniżenie poziomu TNF- $\alpha$  we krwi, co wskazuje na silny potencjał przeciwzapalny tego surowca, który jest porównywalny z właściwościami przeciwzapalnymi sylimaryny (kompleksu flawonolignanów: sylibiny i jej izomerów – izosylibiny, sylikrystyny i sylidianiny), pozyskiwanej z łupin nasiennych ostropestu plamistego (*Silybummarianum*) i która

jest wykorzystywana w leczeniu toksycznych uszkodzeń i chorób cholestatycznych wątroby (El-Hawary, 2021).

#### **4.6. Oddziaływanie aceroli w procesie detoksykacji organizmu**

Oprócz owoców, do produkcji wyrobów odżywczych lub suplementacyjnych wykorzystuje się również liście aceroli. Wykazano, że są one zasobnym źródłem witaminy C, która występuje w ilości 34 mg/100 g, oraz kwasu glukuronowego (33,04% ogólnej zawartości kwasów organicznych), który w organizmie pełni szczególnie istotną funkcję ze względu na wysokie właściwości detoksykacyjne. Kwas glukuronowy za pośrednictwem glukuronylotransferazy (UDP) może łączyć się z endogennymi substancjami toksycznymi, przekształcając je w rozpuszczalne w wodzie glukuroniany, które są usuwane z ustroju przez nerki. Ponadto cząsteczki kwasu D-glukuronowego razem z N-acetyloglukozaminą stanowią substraty do budowy kwasu hialuronowego, istotnego polisacharydu w tkance łącznej, który poprzez właściwość wiązania wody nadaje odpowiednią sprężystość skórze właściwej (El-Hawary, 2020).

#### **4.7. Działanie pobudzające syntezę hormonów steroidowych (działanie hormonotwórcze)**

W liściach aceroli wykryto również obecność  $\beta$ -sitosterolu, który podobnie jak cholesterol, może stanowić związek wyjściowy do syntezy androgenów (steroidowych hormonów płciowych). Konsumpcja  $\beta$ -sitosterolu może zwiększać w organizmie stężenie steroidowych hormonów płciowych (np. testosteronu), przyczyniając się tym samym do stymulacji procesów związanych z rozbudową masy mięśniowej (El-Hawary, 2020). Dlatego zawierający  $\beta$ -sitosterol ekstrakt z aceroli może być stosowany jako bezpieczna alternatywa dla nieobjętych dla zdrowia i mających często status nielegalnych (znajdujących się na liście substancji zabronionych według Światowej Agencji Antydopingowej – The World Anti-Doping Agency, WADA), syntetycznych substancji podnoszących wydolność organizmu (np. sterydów anabolicznych).

#### **4.8. Oddziaływanie przeciwutleniające i przeciwzapalne aceroli**

Owocom aceroli przypisuje się również właściwości przeciwutleniające i przeciwzapalne. Zaobserwowano, że przeciwutleniające i przeciwzapalne oddziaływanie tego surowca na ludzki organizm jest szczególnie odczuwalne, gdy acerola jest spożywana z innymi produktami o wysokim potencjale bioaktywnym, jak zielona herbata (*Camellia sinensis* L.). Wykazano, że substancje bioaktywne zawarte w obu roślinach, gdy są zażywane równocześnie i długotrwale, mogą oddziaływać terapeutycznie na wiele procesów patofizjologicznych w sposób synergistyczny. Produkty (mieszanki) funkcjonalne, powstałe zarówno z aceroli, jak i z zielonej herbaty, wykazują wysokie właściwości przeciwutleniające i przeciwzapalne. Związki bioaktywne zawarte w obu roślinach mogą powodować obniżenie stresu oksydacyjnego w makrofagach,

pojawiającego się podczas odpowiedzi zapalnej. Za oddziaływanie ochronne opisanej mieszanki obu surowców odpowiada addycyjny synergizm pomiędzy kwasem askorbinowym (zawartym w dużej ilości w aceroli) oraz 3-galusanem epigallatokatechiny (zawartym w dużej ilości w zielonej herbacie) (Souza, 2020).

**Tabela 2.** Obszary prozdrowotnych oddziaływań substancji bioaktywnych zawartych w owocach aceroli

**Table 2.** Areas of health-promoting effects of bioactive substances contained in fruits and leaves of acerola

Model doświadczenia (badania)/ Experimental (research) model	Oddziaływanie na organizm/The impact on the human organism
1	2
In vivo	działanie przeciwmiażdżycowe i estrogenopodobne/ antiatherosclerotic and estrogen-like effect
In vivo	działanie przeciwnowotworowe oraz przeciwzapalne/ anti-cancer and anti-inflammatory effects
In vivo	wspomaganie procesu odchudzania/ supporting the process of weight loss
In vivo	ochrona przed zaburzeniami gospodarki lipidowej/ protection against lipid disorders
In vivo	zwiększenie aktywności katalazy/ increase in catalase activity
In vivo	zmniejszenie tkanki tłuszczowej podskórnej/ reduction of subcutaneous fat
In vivo	poprawa równowagi mikrobiologicznej w jelitach/ improving the microbiological balance in the intestines
In vitro	obniżenie stanów zapalnych/ reduction of inflammation
In vivo	oddziaływanie detoksykacyjne/ detoxification effect
In vitro	działanie przeciwnowotworowe, obniżenie żywotności komórek nowotworowych piersi (komórek MCF-7) i okrężnicy (linii komórek HCT-116)/ antitumoreffect; reduction of the viability of breast cancer cells (MCF-7) and colon (HCT-116 cellline)
In vivo (na modelu zwierzęcym)/ In vivo (on an animal model)	oddziaływanie hepatoprotekcyjne, obniżenie aktywności czynnika martwicy nowotworu $\alpha$ (TNF- $\alpha$ , kachektyny)/ hepatoprotective effect, lowering the activity of tumor necrosis factor $\alpha$ (TNF- $\alpha$ , cachectic)
In vivo	działanie gastroprotektcyjne: stymulacja odnowy komórek nabłonka jelit, hamowanie peroksydacji lipidów w tkankach żołądka i jelit/ gastroprotective effect, stimulation of the renewal of intestinal epithelial cells, inhibition of lipid peroxidation in gastric and intestinal tissues
In vivo	zwiększenie stężenia glutationu (GSH)/ increasing the concentration of glutathione (GSH)

Tabela 2, cd./Table 2, cont.

1	2
In vivo	regeneracja błony śluzowej żołądka/ regeneration of the gastric mucosa
In vitro	obniżenie stresu oksydacyjnego w makrofagach, zmniejszenie wydzielania cytokin prozapalnych IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10 i TNF- $\alpha$ / reduction of oxidative stress in macrophages, reduction of the secretion of the pro-inflammatory cytokines IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10 and TNF- $\alpha$
In vivo	stymulacja syntezy androgenów, przyrost liczby włókien mięśniowych (hiperplazja) oraz zwiększenie objętości włókien mięśniowych (hipertrofia)/ stimulation of androgen synthesis, increase in the number of muscle fibers (hyperplasia) and enlargement of the volume of muscle fibers (hypertrophy)

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Assis, 2021; El-Hawary, 2021; Menezes, de Melo i Vieira, 2021; Olszanecka-Glinianowicz i Zahorska-Markiewicz, 2008; Oliveira i in., 2020; Sousa, 2020; Souza, 2020; Tirosh i Calay, 2019; Vieira, Battistini i in., 2021; Vieira, de Souza i in., 2021; Vinolo i Rodrigues, 2011; Wang i in., 2021).

Source: own study on the basis of (Assis, 2021; El-Hawary, 2021; Menezes, de Melo and Vieira, 2021; Olszanecka-Glinianowicz and Zahorska-Markiewicz, 2008; Oliveira et al., 2020; Sousa, 2020; Souza, 2020; Tirosh and Calay, 2019; Vieira, Battistini et al., 2021; Vieira, de Souza et al., 2021; Vinolo and Rodrigues, 2011; Wang et al., 2021).

Fizjologicznym i komórkowym efektem tego synergistycznego oddziaływania jest modulacja odpowiedzi zapalnej poprzez zmniejszenie wydzielania cytokin prozapalnych, jak IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10 i TNF- $\alpha$ . Dlatego zaleca się spożywanie obu tych produktów (zielonej herbaty i aceroli) w ramach profilaktyki przewlekłych chorób zapalnych, jak m.in. miażdżyca, cukrzyca, zespół jelita drażliwego czy zapalenie stawów (Souza, 2020). W tab. 2 przedstawiono rodzaje prozdrowotnych oddziaływań substancji bioaktywnych zawartych w owocach aceroli.

## 5. Przemysłowe zastosowania pozostałości przetwórczych z aceroli

### 5.1. Acerola w produkcji wzbogacanych produktów piekarniczych

Jednym z rodzajów produktów dostępnych na rynku, coraz częściej wybieranych przez konsumentów, są innowacyjne produkty bezglutenowe. Stworzono ryżowe pieczywo bezglutenowe wzbogacane proszkiem z owoców aceroli o szczególnie cennych właściwościach fizyko-sensorycznych i przeciwutleniających. Wykazano, że częściowe zastąpienie mąki ryżowej (w ilości do 3% masy mąki niezbędnej do wytworzenia pieczywa) proszkiem z owoców aceroli przyczynia się do zmniejszenia przeżuwalności (wielokrotności żucia potrzebnego do rozdrobnienia pokarmu) przy jednocześnie zwiększonej sprężystości otrzymanego produktu (Bourekoua i Gawlik-Dziki, 2021).

Ponadto wykazano, że proszek z owoców aceroli jest w stanie poprawić również parametry strukturalne pieczywa, m.in. zwiększając wielkość i udział powierzchniowy komórek miękiszu, co ostatecznie umożliwia wytworzenie pieczywa (bochenka chleba), którego objętość jest prawie o 26% większa względem pieczywa ryżowego bez dodatku owoców aceroli. Stwierdzono, że dodatek sproszkowanego owocu aceroli zwiększa również całkowitą zawartość związków polifenolowych oraz ogólną aktywność przeciwutleniającą pieczywa (Bourekoua i Gawlik-Dziki, 2021).

## **5.2. Acerola w produkcji mączki bezglutenowej o zwiększonej zawartości białka i błonnika**

Wykazano, że zmielone nasiona owoców aceroli mogą być istotnym źródłem białka oraz błonnika. Analiza składu fizykochemicznego wykazała, że mączka z nasion aceroli charakteryzuje się zawartością suchej masy 86,12%, z czego 8,03% to zawartość białka natywnego. Ponadto mączka z nasion aceroli jest w stanie dostarczyć energii brutto w ilości 4553 kcal • kg<sup>-1</sup>. Wskazuje się również na wysoki współczynnik strawności pozornej (wynoszący 39,04%) dla białka zawartego w mączce z nasion aceroli. Wspomniane badania dowodzą, że mączka z nasion aceroli jest również cennym źródłem błonnika pokarmowego i pomimo wysokiej zawartości białka spożywanie jej nawet w dużych ilościach nie wpływa niekorzystnie na bilans azotowy i stężenie mocznika we krwi (Leal, 2021).

## **5.3. Produkcja mąki z pozostałości rolno-przemysłowej aceroli będącej źródłem błonnika**

Potwierdzono, że również wysuszone wytloki z owoców aceroli (tzw. bagassa acerolowa) mogą stanowić surowiec do produkcji mąki funkcjonalnej o wysokiej zawartości błonnika. Mąka z tego surowca może być stosowana jako bezglutenowy, główny składnik przy wyrobieniu pieczywa lub jako dodatkowy, uzupełniający składnik ciasta wyrabianego z mąki pszennej lub innych mąk. Istotną wartością funkcjonalną mąki uzyskanej z aceroli jest wysoka zawartość błonnika (77% świeżej masy) oraz jej wysoka aktywność przeciwutleniająca wynikająca z obecności karotenoidów (300 µg/100 g) oraz antocyjanów (2011 µg/100 g) (Monteiro, 2020).

## **5.4. Acerola w produkcji glukozy i etanolu**

Wysoka różnorodność i skala produkcji owoców aceroli (szczególnie na obszarach lasów równikowych na Nizinie Amazonki) powoduje powstawanie dużej ilości odpadów rolno-przemysłowych, które wymagają odpowiednich metod ich zagospodarowania. Opracowano technologię wykorzystania odpadów, jakimi są wytloki z owoców aceroli, do produkcji glukozy i etanolu. Innowacyjny proces obejmuje trzy główne etapy: wstępną obróbkę kwasem siarkowym (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), hydrolizę z wy-

korzystaniem celulazy oraz fermentację uzyskanych hydrolizatów przy użyciu szczepu drożdży *Saccharomyces cerevisiae*. Na opłacalność opisanego procesu produkcji etanolu i glukozy ma wpływ wysoka (w zależności od odmiany) zawartość lignocelulozy (zakresie od 34,24 do 76,87% świeżej masy) w wyciekach z owoców aceroli (Oliveira i in., 2020).

Opisana technologia pozwala na wytworzenie glukozy w ilości 0,78-1,95 g na litr wycieków z aceroli (bagassy acerolowej). Natomiast wykorzystując wycieki z owoców aceroli do produkcji etanolu, uzyskano wydajność tego procesu na poziomie 3,5-4,6 g na litr bagassy acerolowej (Oliveira i in., 2020).

### 5.5. Produkcja skrobi termoplastycznej z manioku z dodatkiem aceroli

Opracowano również technologię wytwarzania skrobi termoplastycznej (biokompozytów skrobiowych) ze skrobi z manioku z dodatkiem włókien roślinnych z aceroli. Potwierdzono, że powstała według tej metody skrobia termoplastyczna charakteryzuje się wysoką biodegradowalnością i kompostowalnością, dzięki czemu może służyć m.in. do produkcji opakowań, które łatwo podlegają kompostowaniu lub organicznemu recyklingowi (Reinaldo, 2021).

Wykorzystanie owoców aceroli do produkcji skrobi termoplastycznej umożliwiło wytworzenie materiału, którego temperatura początku degradacji termicznej przewyższa temperaturę przetwarzania homogenicznej skrobi termoplastycznej (TPS) oraz innych biokompozytów polimerowych. Ponadto wykazano, że skrobia termoplastyczna z manioku z dodatkiem włókien roślinnych z aceroli nadaje końcowemu materiałowi wysokie właściwości przeciwutleniające. Dzięki temu opisany maniokowo-acerolowy biokompozyt skrobiowy może chronić (np. jako składnik opakowania) przechowywaną w nim żywność przed niekorzystnymi zmianami chemicznymi, jak brązowienie enzymatyczne warzyw i owoców, procesy peroksydacji tłuszczów, utlenianie glutenu czy tworzenie się nadmiernych ilości azotanów. Wykazano, że termoplastyczna skrobia wytworzona z manioku i aceroli charakteryzuje się polepszonymi właściwościami mechanicznymi, które sprawiają, że wytworzone z niej opakowania zachowują wysoką stabilność kształtu i tym samym bezpieczeństwo użytkowania wyrobu przez konsumenta (Reinaldo, 2021).

### 5.6. Acerola w produkcji napoju typu kombucha

Produkt będący pozostałością po otrzymaniu soku z aceroli może stanowić surowiec do produkcji napoju typu kombucha. Potwierdzono, że napój typu kombucha może również powstawać w efekcie procesów fermentacji (wywołanych przez grzyba herbacianego w obecności ekstraktu z czarnej lub zielonej herbaty) cukrów pochodzących z rozkładanych heteropolisacharydów zawartych w wyciekach i pulpie owocowej aceroli. Wykazano, że specjalna kultura bakterii i drożdży, należących

do drobnoustrojów grupy SCOBY (*Symbiotic Cultures of Bacteria and Yeasts*, czyli grupy symbiotycznych kultur drożdży i bakterii), fermentuje cukry zawarte w owocach aceroli, prowadząc do nagromadzenia w powstałym napoju etanolu o stężeniu ok. 9,5 g/L (Chakravorty i in., 2016; Leonarski, 2021).

Sugeruje się, że nagromadzenie w powstałym napoju tak dużej ilości etanolu (większej niż w tradycyjnym napoju kombucha wytworzonym bez dodatku aceroli, gdzie zawartość alkoholu waha się w przedziale od 0,5 do 2%) jest spowodowane uwolnieniem dużej ilości związków fenolowych, które zwiększają aktywność metaboliczną mikroorganizmów zaangażowanych w proces fermentacji cukrów. Ponadto napój kombucha wytworzony w oparciu o dodatkowy składnik w postaci aceroli charakteryzował się wyższą aktywnością antyoksydacyjną, wyższą zawartością kwasu askorbinowego oraz wyższą całkowitą zawartością polifenoli w porównaniu z tradycyjnym napojem kombucha (Leonarski, 2021).

### 5.7. Acerola jako surowiec do produkcji celulozy bakteryjnej

Produkty uboczne będące pozostałością po technologicznym przerobieniu aceroli w postaci resztek pulpy owocowej mogą być również wykorzystane do produkcji celulozy bakteryjnej. Opracowano technologię syntezy bioreaktorowej, w której jako pożywkę zastosowano fermentowany napój herbaciany (typu kombucha) z dodatkiem resztek pulpy owocowej z aceroli. Pozwoliło to na uzyskanie końcowej wydajności produkcji biomasy celulozowej na poziomie 4,01 g/l podłoża, która była prawie dwukrotnie wyższa niż w przypadku produkcji celulozy bakteryjnej w wyniku fermentacji tlenowej ekstraktu herbaty i zawartych w niej cukrów, ale bez dodatku składników wzbogacających podłoże hodowlane (Villarreal-Soto i in., 2019).

Wyższa wydajność produkcji celulozy bakteryjnej, uzyskana przy wykorzystaniu pożywki (podłoża fermentacyjnego) zawierającej resztki pulpy owocowej z aceroli, może być związana z wyższą zawartością polifenoli i witaminy C (pochodzących z aceroli), które stymulowały drobnoustroje grupy SCOBY do bardziej intensywnej produkcji celulozy. Stwierdzono, że uzyskana z wykorzystaniem pozostałości z aceroli błona celulozowa charakteryzuje się wysoką porowatością, czystością oraz krystalicznością na poziomie 96%. Uzyskana celuloza bakteryjna wykazywała również bardziej gęstą strukturę, z większą ilością fibryli oraz z mniejszymi przestrzeniami międzyfibrylarnymi niż celuloza bakteryjna wytwarzana w opisany wyżej sposób, ale bez dodatku pulpy owocowej z aceroli (Leonarski, 2021). W tab. 3 przedstawiono przemysłowe zastosowania pozostałości poprzetwórczych z aceroli.

**Tabela 3.** Możliwości przemysłowego wykorzystania pozostałości roślinnych z aceroli  
**Table 3.** Possibilities of industrial use of plant residues from acerola

Rodzaj użytego surowca (produktu ubocznego z aceroli)/ Type of raw material (acerola by-product)	Rodzaj powstałego towaru (produktu) z aceroli/ Type of the resulting commodity (product) from acerola
Wytłoki (sposzkowane) z owoców aceroli/ Acerola fruit pomace (powdered)	pieczywo ryżowe wzbogacane acerolą o podwyższonych parametrach strukturalnych/ rice bread enriched with acerola with increased structural parameters
Nasiona aceroli/ Acerolaseeds	mączka bezglutenowa o wysokiej zawartości błonnika pokarmowego/ gluten-free meal with a high content of dietary fiber
Odwodnione wytłoki z owoców – tzw. bagassa acerolowa/ Dehydrated fruit pomace – the so-called Bagasse acerola	alkohol etylowy o wysokiej czystości/ high purity ethyl alcohol
Odwodnione wytłoki z owoców – tzw. bagassa acerolowa/ Dehydrated fruit pomace – the so-called “Bagasse” acerola	glukoza spożywcza (krystaliczna)/ food (crystalline) glucose
Skrobia z manioku wzbogacana włóknami roślinnymi z wytlóków aceroli/ Manioc starchen riched with plant fibers from acerola pomace	skrobia termoplastyczna o wzmocnionych właściwościach mechanicznych i nowo nadanych właściwościach przeciwutleniających/ thermoplastic starch with enhanced mechanical properties and newly imparted antioxidant properties
Heteropolisacharydy z wytlóków i pulpy owocowej aceroli/ Heteropolysaccharides from pomace and acerola fruit pulp	napój typu kombucha o wysokiej aktywności antyoksydacyjnej, wysokiej zawartości kwasu askorbinowego oraz polifenoli (w porównaniu z tradycyjnym napojem kombucha)/ kombucha drink with high antioxidant activity, high content of ascorbic acid and polyphenols (compared to traditional kombucha drink)
Resztki pulpy owocowej z aceroli/ Remnants of acerola fruit pulp	celuloza bakteryjna o wysokiej porowatości i czystości uzyskanego materiału/ bacterial cellulose with high porosity and purity of the obtained material

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Bourekoua i Gawlik-Dziki 2021; Chakravorty, 2016; Leal, 2021; Leonarski, 2021; Monteiro, 2020; Oliveira i in., 2020, Reinaldo 2021; Villarreal-Soto i in., 2019).

Source: own study on the basis of (Bourekoua and Gawlik-Dziki 2021; Chakravorty, 2016; Leal, 2021; Leonarski, 2021; Monteiro, 2020; Oliveira et al., 2020, Reinaldo 2021; Villarreal-Soto et al., 2019).

## 6. Zakończenie

Przytoczone w pracy wyniki badań wskazują na wysoki potencjał aceroli w wielu obszarach żywienia, profilaktyki żywieniowej oraz w przemyśle przetwórczym. Zapewne nadal będą prowadzone badania nad niepoznanymi jeszcze biochemicznymi



właściwościami i oddziaływaniami aceroli na organizm. W konsekwencji spowoduje to pojawienie się na rynku nowych produktów żywnościowych i suplementacyjnych na bazie aceroli lub z funkcjonalnym dodatkiem różnych jadalnych części tej rośliny (wytłoków, nasion i liści). Dzięki temu konsumenci reprezentujący różne grupy wiekowe, i w konsekwencji różne problemy zdrowotne, otrzymają produkty będące istotnym elementem żywieniowych metod profilaktyki zdrowotnej.

Z kolei produkty uboczne z przetwarzania technologicznego aceroli, jak np. frakcje polisacharydowe i białkowe wyekstrahowane z wytłoków i resztek pulpy owocowej, mogą stanowić bezpieczny i naturalny surowiec do produkcji wielu cennych współcześnie towarów, jak etanol, bakteryjna celuloza czy biodegradowalne biokompozyty skrobiowe. Jednocześnie, dzięki nowym technologiom przetwarzania poprodukcyjnych pozostałości z aceroli, powstają produkty (np. opakowania) o nowych właściwościach (np. przeciwutleniających), które w zakresie swojego zastosowania dostarczają konsumentom nieznanymi dotychczas korzyści funkcjonalnych i jakościowych.

Najbliższe lata przyniosą zapewne nowe interesujące doniesienia naukowe na temat aceroli, które pozwolą konsumentom spojrzeć na ten surowiec jako na niewyczerpane jeszcze źródło wielu ciekawych właściwości oraz cennych leczniczo i użytkowo zastosowań.

## Literatura

- Ang, Z. i Ding, J. L. (2016). GPR41 and GPR43 in obesity and inflammation – Protective or causative? *Frontiers in Immunology*, 7(28).
- Assis, B. B. T. (2021). Biotransformation of the Brazilian Caatinga fruit-derived phenolics by *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Lactocasei bacillus casei* 01 impacts bioaccessibility and antioxidant activity. *Food Research International*, (146).
- Ayala-Zavala, J. F., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodríguez, J. A., Siddiqui, M. W., Dávila-Aviña, J. E. i González-Aguilar, G. A. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866-1874.
- Batista, A. C. V., Ribeiro, M. D. A., Oliveira, K. A. D., de Souza, E. L. i de Oliveira, A. C. (2021). Effects of consumption of acerola, cashew and guava by-products on adiposity and redox homeostasis of adipose tissue in obese rats. *Clinical Nutrition ESPEN*, (43), 283-289.
- Belwal, T., Devkota, H. P., Hassan, H. A., Ahluwalia, S., Ramadan, M. F., Mocan, A. i Atanasov, A.G. (2018). Phytopharmacology of acerola (*Malpighia spp.*) and its potential as functional food. *Trends Food Science Technology*, (74), 99-106.
- Bourekoua, H. i Gawlik-Dziki, U. (2021) Acerola fruit as a natural antioxidant ingredient for gluten-free bread: An approach to improve bread quality. *Food Science and Technology International*, 27(1), 13-21.
- Carneiro Ferreira, I. i in. (2021). Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) produced under tropical semi-arid conditions: Bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids, and antioxidant capacity. *Journal of Food Biochemistry*, (45).
- Carvalho, G. N. i Oliveira, C. S. (2021) Bioactive compounds and antioxidant activities in the agro-industrial residues of acerola (*Malpighia emarginata* L.), guava (*Psidium guajava* L.), genipap

- (*Genipa americana* L.) and umbu (*Spondias tuberosa* L.) fruits assisted by ultrasonic or shaker extraction. *Food Research International*, 147(3).
- Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Chatzinotas, A., Chakraborty, W., Bhattacharya, D. i Gachhui, R. (2016). Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. *International Journal of Food Microbiology*, (220), 63-72.
- El-Hawary, S. (2020). Cytotoxic, antimicrobial activities, and phytochemical investigation of three peach cultivars and acerola leaves. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*, 9(2), 221-236.
- El-Hawary, S. S. (2021). Metabolic profiling and in vivo hepatoprotective activity of *Malpighia glabra* L. leaves. *Journal of Food Biochemistry*, 45(2).
- Han, T. S. i Lean, M. E. (2016). A clinical perspective of obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *JRSM Cardiovascular Disease*, (5), 1-13.
- Jankiewicz, L. i Lipecki, J. (2012). *Fizjologia roślin sadowniczych strefy umiarkowanej. T. 2. Plonowanie roślin i udział w tym procesie różnych czynników*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Leal, I. F. (2021). Acerola seed meal (*Malpighia emarginata*) as a source of dietary fibre in starter piglet diets. *Semina Ciencias Agrarias*, 42(3), 1209-1228.
- Leonarski, E. (2021). Production of kombucha-like beverage and bacterial cellulose by acerola by product as raw material. *LWT – Food Science and Technology*, (135).
- Menezes, F. N., de Melo, F. H. C. i Vieira, A. R. S. (2021). Acerola (*Malpighia glabra* L.) and guava (*Psidium guajava* L.) industrial processing by-products stimulate probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* growth and induce beneficial changes in colonic microbiota. *Journal of Applied Microbiology*, 130(4), 1323-1336.
- Monteiro, S. A. (2020). Preparation, phytochemical and bromatological evaluation of flour obtained from the acerola (*Malpighia puniceifolia*) agroindustrial residue with potential use as fiber source. *LWT – Food Science and Technology*, (134).
- Oliveira, S. D., Araújo, C. M., Borges, G. da S. C., Lima, M. dos S., Viera, V. B. i Garcia, E. F. (2020). Improvement in physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and guava (*Psidium guajava* L.) fruit by-products fermented with potentially probiotic lactobacilli. *LWT – Food Science and Technology*, (134).
- Oliveira, J.A.R. i da Conceição, A. C. (2020). Evaluation of the technological potential of four wastes from Amazon fruit industry in glucose and ethanol production. *Journal of Food Process Engineering*, 438156, 2018-2028.
- Olszanecka-Glinianowicz, M. i Zahorska-Markiewicz, B. (2008). Otyłość jako choroba zapalna. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, (62), 249-257.
- Poletto, P. (2021). Recovery of ascorbic acid, phenolic compounds and carotenoids from acerola by-products: An opportunity for their valorization. *LWT – Food Science and Technology*, (146).
- Reinaldo, J. S. (2021). Influence of grape and acerola residues on the antioxidant, physicochemical and mechanical properties of cassava starch biocomposites. *Polymer Testing*, (93).
- Rutkowski, L. (2006). *Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Sousa, B. S. (2020). Polysaccharides from acerola, cashew apple, pineapple, mango and passion fruit co-products: Structure, cytotoxicity and gastroprotective effects. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, (24).
- Souza, N. C. (2020). Anti-inflammatory and antioxidant properties of blend formulated with compounds of *Malpighia emarginata* D.C. (acerola) and *Camellia sinensis* L. (green tea) in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, (128).
- Tena, M. M. (2021). Distribution of *Malpighia mexicana* in Mexico and its implications for Barranca del Río Santiago. *Journal of Forestry Research*, 32(3), 1095-1103.
- Tirosh, A. i Calay, E. S. (2019). The short-chain fatty acid propionate increases glucagon and FABP4 production, impairing insulin action in mice and humans. *Science Translational Medicine*, 11(489).

- Vieira, S. A. D., Battistini, C., Bedani, R. i Saad, S. M. I. (2021). Acerola by-product may improve the in vitro gastrointestinal resistance of probiotic strains in a plant-based fermented beverage. *LWT – Food Science and Technology*, (141).
- Vieira, A. D. S., de Souza, C. B., Padilha, M., Saad, S. M. I. i Venema, K. (2021). Impact of a fermented soy beverage supplemented with acerola by-product on the gut microbiota from lean and obese subjects using an in vitro model of the human colon. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(9), 3771-3785.
- Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J. P., Renard, T. i Rollan, S. (2019). Impact of fermentation conditions on the production of bioactive compounds with anticancer, anti-inflammatory and antioxidant properties in kombucha tea extracts. *Process Biochemistry*, (83), 44-54.
- Vinolo, M. A., Rodrigues, H. G., Nachbar, R. T. i Curi, R. (2011). Regulation of inflammation by short chain fatty acids. *Nutrients*, (3), 858-876.
- Wang, Y., Wan, X. i Wu, X. (2021). *Eubacterium rectale* contributes to colorectal cancer initiation via promoting colitis. *Gut Pathogens*, 13(1), 2.