



Octy winogronowe – charakterystyka, właściwości oraz bezpieczeństwo stosowania

Grape vinegars – characteristics, properties and safety of use

Justyna Antoniewicz^{1, A–D}, Katarzyna Janda-Milczarek^{1, E–F}

¹ Zakład Żywienia Człowieka i Metabolomiki, Pomorski Uniwersytet Medyczny, Szczecin, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne recenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Antoniewicz J, Janda-Milczarek K. Octy winogronowe – charakterystyka, właściwości oraz bezpieczeństwo stosowania. Med Og Nauk Zdr. 2021; 27(4): 379–386. doi: 10.26444/monz/140881

■ Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Ocet jest fermentowanym produktem rozpowszechnionym na całym świecie. Stosowany jest przede wszystkim jako przyprawa w celu wzbogacenia smaku dań oraz utrwalenia żywności w postaci marynat. Ocet może jednak stanowić źródło wielu związków o pozytywnym wpływie na organizm człowieka. Celem pracy jest przybliżenie tematyki związanej z różnego rodzaju octami wytworzonymi z owoców winogron oraz ich właściwości zdrowotnych.

Metody przeglądu. Systematycznego przeglądu badań dokonano na podstawie przeszukiwania elektronicznych baz danych takich jak PubMed, Elsevier oraz Google Scholar.

Opis stanu wiedzy. Octy owocowe, w tym octy winogronowe, stanowią bogate źródło witamin, związków mineralnych, kwasów organicznych oraz związków polifenolowych, dzięki którym wykazują pozytywne działanie na organizm człowieka. Z racji zawartości związków o działaniu antyoksydacyjnym produkt ten może być stosowany wspomagająco w terapii schorzeń o podłożu wolnorodnikowym, np. chorób układu sercowo-naczyniowego. Skład i jakość produktu finalnego warunkowane są doбором surowca wyjściowego, metodą produkcji, jak i mikroorganizmami biorącymi udział w procesie fermentacji. Octy winogronowe wykazują korzystny wpływ na gospodarkę węglowodanową, obniżając stężenie glukozy na czczo, hemoglobiny A1c, ale również glikemii poposiłkowej. Badania wskazują, że octy winogronowe wpływają również pozytywnie na profil lipidowy, obniżając stężenie cholesterolu całkowitego oraz jego frakcji LDL.

Podsumowanie. Octy winogronowe są bogatym źródłem wielu związków bioaktywnych, dzięki czemu mogą być stosowane we wspomaganiu terapii niektórych schorzeń, głównie o podłożu wolnorodnikowym. Zawartość poszczególnych związków w octach winogronowych jest silnie zróżnicowana, a na ich kompozycję wpływa zarówno proces produkcji octu, jak i wykorzystana odmiana winogron.

■ Słowa kluczowe

ocet owocowy, fermentacja octowa, metody produkcji, właściwości hipoglikemiczne, właściwości antyoksydacyjne

■ Abstract

Introduction and objective. Vinegar is a fermented product that is widespread worldwide. It is used primarily as a seasoning to enrich the taste of dishes and to solidify food in the form of marinades. Vinegar may be the source of many compounds exerting a positive effect on the human body. The aim of the study is to present various types of vinegars produced from grape fruit, as well as their health properties.

Review methods. A systematic review of research was conducted using electronic databases such as PubMed, Elsevier and Google Scholar.

Brief description of the state of knowledge. Fruit vinegars are a rich source of vitamins, minerals, organic acids and polyphenolic compounds. The content of these compounds makes vinegars a product with a positive influence on the human organism. Due to the high content of antioxidant compounds, vinegars can be used as adjuncts in the treatment of free radical diseases, such as cardiovascular diseases. The composition and quality of the final product depends on the production method and the microorganisms involved in the fermentation process. Grape vinegars have a beneficial effect on carbohydrate metabolism, reducing the level of fasting glucose and haemoglobin A1c in blood, as well as postprandial glycaemia. Research show that grape vinegars also have a positive effect on the lipid profile by reducing the concentration of total cholesterol and its LDL fraction.

Conclusions. Grape vinegars are a rich source of many bioactive compounds, therefore, they can be used in the treatment of certain diseases, mainly those related to free radicals. The content of individual compounds in grape vinegars is highly diversified, and their composition is influenced both by the vinegar production process and the grape variety used.

■ Key words

vinegar fermentation, production methods, hypoglycaemic properties, antioxidant properties

Adres do korespondencji: Justyna Antoniewicz, Zakład Żywienia Człowieka i Metabolomiki, Pomorski Uniwersytet Medyczny, ul. Broniewskiego 24, 71-460 Szczecin, Polska

E-mail: justynakaldunska@wp.pl

Nadesłano: 18.03.2021; zaakceptowano do publikacji: 05.08.2021; publikacja online: 19.08.2021

WPROWADZENIE I CEL PRACY

Ocet jest produktem otrzymywanym w wyniku konwersji etanolu do kwasu octowego, zachodzącej dzięki bakteriom kwasu octowego (ang. *acetic acid bacteria* – AAB) [1]. Do jego produkcji można wykorzystać wiele surowców, jednak powinny one spełniać dwa kryteria: być bezpieczne do spożycia przez ludzi oraz stanowić źródło cukrów fermentujących, czyli węglowodanów zdolnych do fermentacji alkoholowej [2]. Najczęściej wykorzystywanymi surowcami są winogrona, jabłka, sód, miód, ziemniaki, ryż oraz inne produkty o wysokiej zawartości cukru, ale również alkohole, w tym wina [3]. W zależności od użytego surowca wyjściowego ocet klasyfikowany może być jako winny, owocowy, z cydru jabłkowego, spirytusowy, zbożowy. Wyróżnia się również inne rodzaje octu, np. z wyłoków, piwny, słodowy, miodowy czy serwatkowy [4]. Zgodnie z przepisami prawa żywnościowego nazwę „ocet” można stosować wyłącznie w odniesieniu do produktów otrzymanych z surowców pochodzenia rolniczego, otrzymanych w wyniku fermentacji alkoholowej i octowej. Nazwy tej nie można używać w odniesieniu do mieszaniny octu i kwasu spożywczego (E 260) [5]. Ocet jest produktem rozpowszechnionym na całym świecie, a jego zróżnicowanie wywodzi się z odmiennych metod produkcji oraz wykorzystywanych surowców. Wśród octów, których surowcem wyjściowym są owoce winogron, wyróżnia się: octy balsamiczne, winne (z białego i czerwonego wina), a także ocet sherry [6]. Produkcja octów winnych jest szczególnie popularna w krajach o cieplejszym klimacie, słynących również z produkcji win. Według danych OEC (The Observatory of Economic Complexity) w roku 2018 czołowymi producentami octów były Włochy, Hiszpania, Francja oraz Niemcy [7].

Od wieków wykorzystuje się ocet w celu utrwalenia żywności. Ze względu na swój kwaśny smak jest również stosowany w celu wzbogacenia smaku wielu dań. Jest składnikiem niezbędnym do przygotowywania marynat warzywnych i owocowych, wchodzi w skład majonezów, musztard czy dressingów [8]. Bywa również stosowany jako środek zapobiegający rozwojowi licznych schorzeń [9]. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania tematyką octów [10], a obszar badań nad ich właściwościami uległ znacznemu rozszerzeniu [11]. Uwaga naukowców skupia się również m.in. na optymalizacji metod produkcji [12], weryfikacji autentyczności produktu [13, 14] czy specyfikacji mikroflory biorącej udział w procesie fermentacji [15]. Obecny stan wiedzy wskazuje, że ocet wykazuje m.in. właściwości obniżające ciśnienie krwi [16] oraz stężenie cholesterolu [17] i przeciwdziałające efektom cukrzycy [18]. Może również zapobiegać rozwojowi chorób sercowo-naczyniowych [19], stłuszczeniu wątroby [20] oraz otyłości [21]. Ma także silne właściwości antybakteryjne [22] i przeciwutleniające [23]. Prozdrowotne działanie octów przygotowanych na bazie surowców roślinnych związane jest z zawartością składników odżywczych i bioaktywnych [8], dzięki którym ocet zaliczany jest do żywności funkcjonalnej [24]. Dominującymi związkami bioaktywnymi w octach owocowych są m.in. kwasy organiczne, fruktooligosacharydy, związki polifenolowe, związki mineralne i witaminy [25].

Celem pracy jest charakterystyka różnych octów z owoców winogron, przedstawienie technik służących do ich przygotowania oraz ich działania hipoglikemicznego i antyoksydacyjnego, a także bezpieczeństwa ich stosowania.

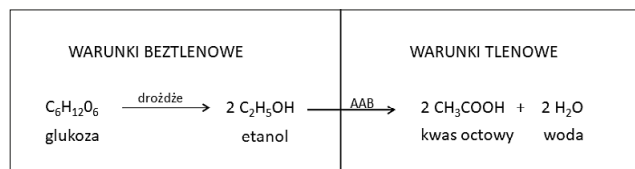
PROCES PRODUKCJI OCTU

Proces produkcji octów owocowych można podzielić na dwa etapy (ryc. 1). W pierwszej kolejności drożdże (najczęściej *Saccharomyces cerevisiae*) metabolizują cukry fermentujące do etanolu. Reakcja ta zachodzi w warunkach beztlenowych. Czas przeprowadzania tego procesu zależy od rodzaju wykorzystanego surowca, zawartości cukru, ale również wykorzystanej kultury starterowej oraz temperatury otoczenia [26].

Następnie AAB w warunkach tlenowych przekształcają etanol do kwasu octowego [27] w wyniku dwóch reakcji katalizowanych przez pirolochinolochinon (PQQ)-zależną dehydrogenazę alkoholową (ADH) oraz dehydrogenazę aldehydową (ALDH). ADH utlenia etanol do aldehydu octowego, który później przekształcany jest przez ALDH do kwasu octowego. Powstały kwas octowy może być następnie dalej utleniany w cyklu kwasów trikarboksylowych, co prowadzi do tzw. reakcji nadoksydacji [28].

AAB są mikroorganizmami bezwzględnie tlenowymi, Gram-ujemnymi lub Gram-zmiennymi, należącymi do rodziny *Acetobacteraceae*, szeroko rozpowszechnionymi w środowisku [29]. Ich szczepy są izolowane zarówno w klimacie tropikalnym, śródziemnomorskim, jak i umiarkowanym [30]. Obecnie do grupy AAB wlicza się 19 rodzajów bakterii, z czego za produkcję octu odpowiedzialni są głównie przedstawiciele *Acetobacter*, *Gluconacetobacter*, *Gluconobacter* oraz *Komagataeibacter*. Bakterie do niej należące charakteryzują się wysoką zdolnością przekształcania etanolu do kwasu octowego oraz odpornością na wysokie stężenie kwasu octowego w środowisku [31]. Szczegółowy skład AAB znajdujących się w occie jest zróżnicowany i silnie uwarunkowany specyfiką surowca wyjściowego, a także sposobem przeprowadzenia procesu produkcji [15].

Analiza wzrostu AAB podczas różnych etapów produkcji octów, przeprowadzona przez A. Gonzalez i wsp. wykazała, że *A. oxydans* był głównym gatunkiem występującym na świeżych owocach winogron oraz w początkowych etapach fermentacji [32]. W gotowym occie balsamicznym zidentyfikowano szczepy *G. xylinus*, *A. aceti*, *A. pasteurianus*, *G. europaeus*, *G. hansenii*, *A. malorum* [33] oraz *G. oxydans* [34]. Z kolei w occie winogronowym stwierdzono obecność *A. indonesiensis*, *K. hansenii*, *K. europaeus*, a także *K. sacchariorans* [35].



Rycina 1. Schemat procesu produkcji octu

Następnym etapem produkcji octu jest fermentacja octowa, w wyniku której powstaje przede wszystkim kwas octowy. W zależności od zastosowanego surowca tworzone są również niewielkie ilości innych kwasów organicznych [36]. W badaniu 21 próbek tradycyjnego octu balsamicznego przeprowadzonym przez D. Sanarico i wsp. [37] w 100 g próbki zawartość kwasu octowego mieściła się w przedziale 1,2–3,08 g, kwasu winowego – 0,38–0,77 g, jabłkowego – 0,43–1,47 g, mlekowego – 0,03–1,17 g, zaś cytrynowego wyniosła maksymalnie 0,21 g. W skład octów przygotowanych

na bazie surowców roślinnych poza kwasami organicznymi wchodzi również związki barwnikowe, sole mineralne oraz inne produkty fermentacji, takie jak estry, ketony oraz aldehydy, nadające produktom charakterystyczny smak oraz aromat [38, 39]. Zawartość kwasu octowego oraz etanolu w octach produkowanych w krajach Wspólnoty Europejskiej jest określona w Codex Alimentarius. Ocety muszą zawierać co najmniej 6% kwasu octowego (w/v) oraz maksymalnie 1,5% etanolu (v/v) [40]. Zgodnie z Rozporządzeniem Rady (WE) NR 479/2008 z dnia 29 kwietnia 2008 roku w sprawie wspólnej organizacji rynku wina octem winnym można nazywać ocet, który został wyprodukowany wyłącznie na drodze kwaśnej fermentacji wina oraz posiada kwasowość nie mniejszą niż 60 g/L w przeliczeniu na kwas octowy [41].

Obecnie w technologii produkcji octu wykorzystuje się trzy metody: metody powierzchniowe, metodę ociekową oraz metodę wgłębną. Metody powierzchniowe (do których zalicza się metodę orleańską, Pasteura oraz ich modyfikacje) są najstarszymi i najlepiej poznanymi metodami produkcji octu [42]. Znajdują zastosowanie przy produkcji octów winnych, owocowych, słodowych oraz innych o kwasowości do 8 g/100 ml [43]. Kultura starterowa przeprowadzająca fermentację znajduje się na powierzchni cieczy (na granicy faz powietrze–ciecz) i ma bezpośredni kontakt z powierzchnią cieczy, przez co metoda ta określana jest mianem statycznej. Proces ten jest stosunkowo długi i w zależności od zastosowanego surowca może wynosić od 15 [44] do 144 dni [45]. Jednakże uzyskany tą metodą ocet cechuje się wyższymi walorami sensorycznymi niż ocety otrzymane innymi metodami [46]. Badanie przeprowadzone przez T. Molelekoa i wsp. [47] wskazało również na wyższą zawartość związków antyoksydacyjnych w occie przygotowanym z wykorzystaniem metody powierzchniowej w porównaniu do octu otrzymanego metodą zanurzeniową. Dłuższy czas produkcji niż w przypadku innych metod przekłada się również na wyższą cenę octu [34].

Mikroorganizmy inicjujące fermentację mogą pochodzić z surowca wyjściowego lub być dodane w postaci kultury starterowej. Stosowanie starterów jest częstą praktyką w produkcji octu, ponieważ skraca czas fermentacji oraz zapewnia utrzymanie powtarzalności oraz odpowiedniej jakości gotowego produktu [10]. Uważa się, że na ostateczną jakość tradycyjnego octu ma wpływ wybór surowca wyjściowego, metabolizm AAB (przede wszystkim reakcja oksydacji, ale również tworzenie się m.in. estrów), interakcja z drewnem użytym do produkcji beczek, w których przeprowadza się fermentację, ale również proces dojrzewania, który łączy wszystkie wyżej wymienione cechy [48].

Produkcja octu z wykorzystaniem metody ociekowej (zwanej również metodą Schutzenbacha) prowadzona jest w zbiornikach zawierających porowaty materiał – najczęściej wióry bukowe, stanowiące nośnik dla bakterii. Zacier przepompowywany jest przez nośnik, co znacznie przyspiesza reakcję acetyfikacji [49].

Wgłębne metody produkcji octu, przeprowadzane w generatorach, wykorzystują bakterie AAB umieszczone w zacierze, do którego następnie wprowadza się tlen. Fermentację rozpoczyna się z wykorzystaniem AAB pochodzących z poprzednich reakcji acetyfikacji. Jest to szybki sposób otrzymywania octu, mający zastosowanie w produkcji przemysłowej. Proces ten trwa od 24 do 48 godzin, jednak produkt finalny ma gorszą jakość niż ocet otrzymany w wyniku tradycyjnej

fermentacji [28]. Na obniżenie jakości ma wpływ wymuszony przepływ powietrza, co powoduje utratę części związków lotnych. Dodatkowo powszechnie stosowane generatory ze stali nierdzewnej zmniejszają właściwości organoleptyczne octu. Ograniczenie to rekompensuje się późniejszym leżakowaniem w drewnianych beczkach lub inkubacją z fragmentami drewna [48].

Przemysłowa produkcja octów winnych odbywa się obecnie z wykorzystaniem metod stosowanych również w przemysłowej produkcji octu spirytusowego. Fermentacja przeprowadzana jest w stalowych fermentatorach z wykorzystaniem półciągłej metody zanurzeniowej. Jest to szybka i wysoce wydajna metoda, dzięki której otrzymywany jest ocet o kwasowości 8–14%. W każdym cyklu mieszanina początkowo zawiera maksymalnie 10% kwasu octowego i maksymalnie 5% etanolu. Proces przeprowadzany jest do czasu, aż płyn osiągnie 0,05–0,3% alkoholu. Następnie część gotowego octu jest odprowadzana, a generator zostaje uzupełniony nową porcją zacieru o zawartości 0–2% kwasu octowego i 12–15% etanolu. Czas trwania każdego cyklu wynosi od 18 do 30 godzin; jest on zależny od wydajności procesu napowietrzania [50].

Ważnym procesem tradycyjnej produkcji octu jest dojrzewanie. Leżakowanie octu w drewnianych beczkach nadaje mu charakterystyczne właściwości organoleptyczne, głównie dzięki formowaniu się związków lotnych (przede wszystkim alkoholi i estrów), takich jak octan metylu, diacetyl, gamma-butyrolakton [51] oraz octan etylu [39]. Obserwowany wzrost zawartości związków lotnych w leżakujących octach jest również spowodowany koncentracją produktu, będącą skutkiem utraty wody przez pory drewna [52]. W procesie dojrzewania octów, najczęściej wykorzystywane są beczki dębowe, jednak spotyka się również beczki z drzewa kasztanu, akacji, wiśni oraz morwy [53]. Leżakowanie jest procesem czasochłonnym, na który znaczny wpływ ma bezpośredni kontakt octu z drewnem beczki oraz samoczynna mikrodyfuzja tlenu w occie, która jest wynikiem porowatości drewna [54].

RODZAJE OCTÓW Z OWOCÓW WINOROŚLI WŁAŚCIWEJ

Zgodnie z przepisami mianem octu winnego nazywa się produkt uzyskany w wyniku fermentacji octowej wina, które z kolei jest produktem fermentacji alkoholowej winogron lub moszczu winogronowego [13]. Do ich produkcji wykorzystuje się wina białe oraz czerwone. Największymi producentami octów winnych są kraje o ciepłym klimacie, słynące z produkcji win. Zgodnie z raportem *EU – Vinegar – Market Analysis, Forecast, Size, Trends And Insights* obejmującym dane na 2018 rok we Włoszech w ciągu roku wyprodukowano 185 mln litrów octu, zaś we Francji – 182 mln litrów [55]. Dodatkowo wyższa temperatura otoczenia wpływa pozytywnie na działalność fermentacyjną AAB [52]. Są to bowiem mikroorganizmy mezofilne, dla których wzrostu optymalna temperatura wynosi 25–30°C [56]. Powyżej tej temperatury działalność metaboliczna bakterii zostaje zahamowana, następuje denaturacja enzymów oraz uszkodzenie ściany komórkowej bakterii, co powoduje, że stają się one bardziej wrażliwe na toksyczne działanie kwasu octowego. Istnieją również szczepy AAB, które zdolne są do przeprowadzania reakcji utleniania etanolu nawet w temperaturze 38–40°C [57].

Ocety balsamiczne (Aceto Balsamico di Modena), pochodzące z prowincji Modena oraz Reggio Emilia (Włochy), są produktami powstającymi w wyniku fermentacji zagęszczonego moszczu gronowego winorośli pochodzących z tych obszarów (odmiany Lambruschi, Sangiovese, Trebbiani, Albana, Ancellotta, Fortana, Montuni) [58]. Podczas produkcji tradycyjnego octu balsamicznego zabronione jest stosowanie wszelkich dodatków, a sam proces produkcji uwzględnia również dojrzewanie w drewnianych beczkach (głównie dębowych) [35]. Tradycyjny ocet balsamiczny produkowany jest metodą wykorzystującą kultury powierzchniowe.

Jednym z głównych producentów wysokiej jakości octu winnego jest również Hiszpania. Certyfikat chronionej nazwy pochodzenia (PDO – Protected Designation of Origin) posiadają aż trzy hiszpańskie ocety winne – Vinagre de Jerez [59], Vinagre de Montilla-Moriles [60] oraz Vinagre de Condado de Huelva [61]. Ocety te produkowane są w Andaluzji z odpowiadających im win, co zapewnia im charakterystyczny smak oraz wysoką jakość, związaną również z procesem dojrzewania w drewnianych beczkach [62].

DZIAŁANIE HIPOGLIKEMICZNE OCTU

Cukrzyca jest chorobą metaboliczną polegającą na nieprawidłowej gospodarce węglowodanowej. Obecny wzrost zachorowań na tę chorobę określony został mianem epidemii. Szacuje się, że do roku 2030 liczba chorych na cukrzycę na świecie wyniesie ponad 500 mln osób. Międzynarodowa Federacja Diabetologiczna (International Diabetes Federation) podaje, że w 2040 roku 10% dorosłych będzie chorowało na cukrzycę [63]. Przyczyną tak gwałtownego wzrostu zachorowalności na tę chorobę jest najprawdopodobniej zmiana stylu życia, polegająca na obniżeniu aktywności fizycznej społeczeństwa wraz ze zmianą modelu odżywiania się, bazującym na dużej ilości wysokoprzetworzonej, bogatoenergetycznej żywności [64]. Wyróżnia się dwa główne typy cukrzycy. Typ I spowodowany jest uszkodzeniem komórek trzustki, odpowiedzialnych za wydzielanie insuliny. Za występowanie cukrzycy tego typu odpowiadają nieprawidłowości w układzie autoimmunologicznym chorego. Wystąpienie cukrzycy typu II często spowodowane jest nieprawidłowym trybem życia, a zatem nieodpowiednią dietą oraz zbyt małą ilością aktywności fizycznej. W konsekwencji pojawia się spadek wrażliwości tkanek obwodowych na insulinę [65]. Leczenie cukrzycy opiera się przede wszystkim na stosowaniu farmakologicznych środków hipoglikemizujących, insulinoterapii oraz zmianie stylu życia poprzez stosowanie odpowiedniej diety oraz aktywności fizycznej.

Istnieją liczne badania przeprowadzone zarówno na modelach zwierzęcych, jak i na ludziach, które wskazują, że ocet winny może wpływać korzystnie na gospodarkę węglowodanową. Mechanizmy hipoglikemicznego działania octów są w dalszym ciągu przedmiotem badań naukowców. Na podstawie danych literaturowych H.O. Santos i wsp. [66] wysnuli hipotezę, iż ocet zawdzięcza swoje właściwości kwaśnemu pH. Badania wskazują bowiem, że ocet, inaktywując działanie oraz zmniejszając uwalnianie α -amylazy ślinowej, ogranicza trawienie węglowodanów zawartych w posiłku. Z kolei zgodnie z badaniami P. Mitrou i wsp. spożywanie octu zwiększa wchłanianie glukozy przez tkanki, tym samym ograniczając wydzielanie insuliny [67]. Randomizowane badanie kontrolne, prowadzone przez okres

8 tygodni, wykazało, że codzienne spożycie 2 łyżeczek czerwonego octu winnego znacząco wpłynęło na zmniejszenie poziomu glukozy i insuliny na czczo, a także zmniejszenie insulinooporności tkanek w grupie osób ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia chorób metabolicznych. Wśród pacjentów objętych badaniem zaobserwowano również istotne zmiany w metabolizmie tryptofanu [24].

pozytywny wpływ na gospodarkę węglowodanową włączenia octu do diety zaobserwowano również w metaanalizie L.J. Cheng i wsp. [68]. Wśród 317 pacjentów z cukrzycą typu II podaż octu wpłynęła znacząco na obniżenie stężenia glukozy na czczo we krwi oraz hemoglobiny A1c (HbA1c). Dodatkowo wśród tych pacjentów zaobserwowano również redukcję stężenia cholesterolu całkowitego oraz jego frakcji LDL.

Suplementacja w postaci dodania 20 ml octu winnego (o zawartości 6% kwasu octowego) do posiłku o wysokim indeksie glikemicznym spowodowała obniżenie poposiłkowej glikemii wśród pacjentów z cukrzycą typu II [69]. Również badania obejmujące pacjentów z cukrzycą typu I wykazały, iż spożycie 2 łyżek octu dziennie zmniejszyło glikemię po posiłku w porównaniu do grupy kontrolnej [67]. Zwiększenie ilości podanego octu do 50 g nie wywołało jednak nasilenia obniżenia glikemii [70].

Podobne wnioski wyciągnęli C.S. Johnston i wsp. [71]. Spożycie octu o zawartości 5% kwasu octowego w ilości 2 łyżek stołowych dziennie (ok. 10 g) wpłynęło pozytywnie na obniżenie glikemii poposiłkowej zarówno u osób z cukrzycą typu I, jak i u zdrowych dorosłych. Efekt ten był najbardziej widoczny, gdy ocet spożywany był podczas posiłku zawierającego węglowodany złożone.

Na właściwości hipoglikemiczne znaczący wpływ ma również główny składnik octów winogronowych, czyli kwas octowy. Badania na modelu zwierzęcym wykazały, że doustna suplementacja kwasem octowym przez szczury z cukrzycą typu II chroniła je przed rozwojem otyłości, zbieraniem się lipidów w wątrobie, a także gromadzeniem się tkanki tłuszczowej w okolicy brzusznej [72].

Zbadano również zależność między dawką kwasu octowego (18, 23 oraz 28 mmol), będącego uzupełnieniem posiłku zawierającego 50 g węglowodanów, a stężeniem glukozy, insuliny oraz uczuciem sytości po posiłku. Zaobserwowano odwrotnie proporcjonalną zależność pomiędzy stężeniem kwasu octowego a stężeniem glukozy i insuliny. Z kolei spożycie większych ilości kwasu octowego wpływało na silniejsze uczucie sytości poposiłkowej [73].

Metaanaliza przeprowadzona przez F. Shishehbor i wsp. [74] dotycząca wpływu konsumpcji różnorodnych octów owocowych na organizm człowieka wskazała, iż doustna suplementacja octem może nieść pozytywny efekt na stężenie glukozy i insuliny po posiłku, zarówno u osób zdrowych, jak i z zaburzeniami glikemii, oraz może być stosowana jako środek wspomagający kontrolę glikemii.

WŁAŚCIWOŚCI ANTYOKSYDACYJNE OCTÓW

Wolne rodniki powstają w organizmie w warunkach fizjologicznych, jednak w wyniku stresu oksydacyjnego, m.in. na skutek promieniowania UV, zanieczyszczenia środowiska, stresu czy nieprawidłowej diety, mogą być wytwarzane w nadmiarze [75]. Zawierają one jeden niesparowany elektron, przez co są niestabilne i silnie reaktywne. Wolne formy tlenowe powodują uszkodzenia tłuszczów, białek oraz

kwasów nukleinowych [76]. Związki przeciwutleniające odgrywają kluczową rolę w profilaktyce wielu chorób o podłożu wolnorodnikowym [77]. Nasilony stres oksydacyjny może bowiem prowadzić m.in. do rozwoju chorób układu sercowo-naczyniowego, układu nerwowego, zapalenia wątroby i trzustki, cukrzycy, chorób neurodegeneracyjnych czy przyspieszać procesy starzenia się organizmu [78–80]. Działanie związków antyoksydacyjnych polega przede wszystkim na wychwytywaniu, dezaktywacji oraz naprawie uszkodzeń spowodowanych przez wolne rodniki [81]. Owoce i warzywa, a także żywność z nich wyprodukowana są produktami bogatymi m.in. w związki polifenolowe, które wykazują silne właściwości przeciwutleniające [82].

Antyoksydanty zawarte w octach mogą pochodzić z surowca wyjściowego (m.in. z owoców) [83] lub powstawać w procesie fermentacji [84]. Związek pomiędzy zawartością związków antyoksydacyjnych a procesami fermentacji został zaobserwowany w badaniu N.H. Budak i wsp., gdzie całkowita zawartość polifenoli (ang. *total phenolic content* – TPC) w soku winogronowym wynosiła 1483,66 mg GAE/L, zaś w occie otrzymanym metodą tradycyjną oraz przemysłową było to już odpowiednio 2690 mg/L oraz 2461 mg/L [85]. Szczególnie liczną grupą związków antyoksydacyjnych są polifenole. Ich zawartość przede wszystkim wpływa na zwiększenie potencjału antyoksydacyjnego, ale również na kolor i cierpkość octu. Jednym z kluczowych elementów determinujących zawartość związków bioaktywnych w octach winnych jest dobór surowca, czyli przede wszystkim jakość użytego wina [46]. Na końcowy skład ilościowy oraz jakościowy octu ma również wpływ dostępność tlenu podczas procesu fermentacji [48, 86].

A.M. Jordão i wsp. [87] zaobserwowali, iż wydłużenie czasu maceracji winogron podczas procesu winifikacji wpływało korzystnie na zwiększenie całkowitej zawartości związków polifenolowych, pozwalając osiągnąć najwyższe wartości siódmego dnia. Również kontakt octu z drewnem podczas dojrzewania powoduje wzrost zawartości związków fenolowych [88]. Co ciekawe, fermentacja octowa jest związana z większą redukcją zawartości związków polifenolowych (głównie antocyjanów) niż fermentacja alkoholowa [89]. Przewaga właściwości prozdrowotnych produktów płynnych wytworzonych z winogron, takich jak wina czy też ocety, polega na tym, że polifenole występują w nich w formie rozpuszczonej, dzięki czemu stają się łatwiej przyswajalne niż w owocach czy warzywach, gdzie związki te są silnie związane i trudniej przyswajalne [90]. Dodatkowo badania potwierdzają, iż ocety owocowe mają stosunkowo silne właściwości przeciwutleniające w porównaniu z winami i sokami owocowymi. N.H. Budak i wsp. [85] zaobserwowali, iż całkowita zawartość polifenoli w octach otrzymanych metodą powierzchniową i zanurzeniową (odpowiednio 2690 mg/L i 2461 mg/L GAE) była wyższa niż w soku z winogron (1483,66 mg/L GAE), lecz niższa niż w winie (3192,66 mg/L GAE). Warto zaznaczyć, iż ocety owocowe mogą stanowić dodatkowe źródło związków antyoksydacyjnych, takich jak kwasy organiczne, które powstają w procesie jego fermentacji. Takim związkiem jest m.in. 1,4-lakton kwasu D-sacharynowego (DSL), czyli produkt szlaku kwasu glukuronowego, wykazujący działanie antyoksydacyjne oraz detoksykujące [91].

Właściwości antyoksydacyjne octów są silnie związane z zawartością związków o działaniu przeciwutleniającym w surowcu wyjściowym. Owoce oraz nasiona winogron są

szczególnie bogatym źródłem związków polifenolowych (głównie flawan-3-oli w nasionach oraz antocyjanin i stilbenów w skórkach) [1]. Z kolei kwasy fenolowe znajdują się głównie w skórce oraz miąższu winogronowym [92]. Związki polifenolowe powstają w owocach podczas procesów wzrostu rośliny w odpowiedzi na czynniki stresowe [93]. W ich skład wchodzi m.in. antocyjany, flawanole, flawonole, stilbeny oraz kwasy fenolowe [94].

W skład flawanoli znajdujących się w winogronach wchodzi katechiny, epikatechiny i proantocyjaniny. Stanowią one od 13 do 30% całkowitej zawartości polifenoli [95, 96]. Flawonole, drugie z najliczniejszych przedstawicieli flawonoidów, znajdują się wyłącznie w skórce winogron. Ich zawartość w dużym stopniu uzależniona jest od odmiany winorośli [97, 98]. Antocyjany są związkami pigmentowymi w skórkach winogron, charakterystycznymi dla odmian o czerwonym kolorze. Z kolei owoce o białym zabarwieniu zawierają znaczne ilości flawan-3-oli [95]. Spośród antocyjanów w octach z czerwonego wina wykryto obecność m.in. delfinidyno-3-monoglukozydu, petunidyno-3-monoglukozydu, peonidyno-3-monoglukozydu, malwidyno-3-monoglukozydu, delfinidyno-3-acetyloglukozydu, cyjanidyno-3-acetyloglukozydu, peonidyno-3-acetyloglukozydu, peonidyno-3-kumaroiloglukozydu i glukozydu malwidyno-3-kumaroilowego. Spośród kwasów fenolowych odnotowano również występowanie kwasu prokatechinowego, chlorogenowego, kawowego, syryngowego, p-kumarowego oraz hydroksycynamonowego. W badanych próbach kwas syryngowy oraz kawowy były kwasami fenolowymi występującymi w największych ilościach (odpowiednio 5,17 mg/L oraz 3,43 mg/L) [99]. Badania I. Ozturk i wsp. [39] na różnych rodzajach octów owocowych wskazały, że ocety winogronowe charakteryzowały się najwyższą zawartością polifenoli (od 71,01 do 2228,79 mg/L GAE), flawonoidów (od 14,43 do 349,05 mg/L), a także potencjałem antyoksydacyjnym, sięgającym do 89,53% inhibicji DPPH spośród badanych octów.

Według N.H. Budak i wsp. [85] na potencjał antyoksydacyjny octów wpływa również sposób ich produkcji. Ocet winny przygotowany z wykorzystaniem tradycyjnej metody powierzchniowej cechował się wyższym potencjałem antyoksydacyjnym (13,5 $\mu\text{mol/L}$ TEAC) w porównaniu do octu uzyskanego metodą zanurzeniową (10,37 mmol/L TEAC). Tradycyjnie wytworzony ocet miał również wyższą zawartość polifenoli ogółem (2690 mg/L vs 2491 mg/L GAE), wyższą zawartość kwasu chlorogenowego oraz syryngowego, jednakże niższą koncentrację katechin (13,76 mg/L vs 27,5 mg/L).

W badaniu S. Bakir i wsp. [100] potencjał antyoksydacyjny octów winogronowych wynosił od 28 do 132 mg TE (Ekwiwalentów Troloxu)/L. Zdecydowanie wyższe wartości potencjału antyoksydacyjnego odnotowano w przypadku octów winogronowych z Turcji – do 420 mg TE/L [101].

Wysoki potencjał antyoksydacyjny wykazują również ocety balsamiczne. Analiza porównawcza 23 octów owocowych przeprowadzona przez Q. Liu i wsp. [36] potwierdziła, iż najwyższym potencjałem antyoksydacyjnym cechowały się ocety balsamiczne oraz ocety winne z czerwonych odmian winogron. Ocety balsamiczne charakteryzowały się również najwyższą zawartością kwasów fenolowych: gallusowego (12,56 $\mu\text{g/ml}$), protokatechowego (3,4-dihydroksybenzoesowego) (3,29 $\mu\text{g/ml}$), kawowego (3,58 $\mu\text{g/ml}$) oraz p-kumarowego (1,97 $\mu\text{g/ml}$).

BEZPIECZEŃSTWO STOSOWANIA OCTÓW

Mimo dużej popularności octów winogronowych doniesienia dotyczące bezpieczeństwa ich stosowania są nieliczne. Głównym składnikiem wszystkich octów owocowych jest kwas octowy. Dlatego też zasadne wydaje się stwierdzenie, iż bezpieczeństwo stosowania octów winogronowych jest podobne jak dla innych octów o zbliżonej zawartości kwasu octowego.

Metaanaliza dotycząca bezpieczeństwa stosowania octu jabłkowego wskazała, że codzienne spożywanie octu w odpowiednich ilościach może nieść korzyści zdrowotne, a ryzyko wystąpienia skutków ubocznych jest niewielkie [102]. Odnotowano przypadek 15-letniej pacjentki ze znaczną erozją szkliwa zębowego, spowodowaną codziennym spożywaniem szklanki octu jabłkowego w celu przyspieszenia utraty masy ciała [103].

Zwiększona dawka (powyżej 4 łyżek stołowych dziennie) może powodować częstsze wypróżnienia oraz odbijania i wzdęcia. Dodatkowo wśród pacjentów przyjmujących długoterminowo 2800 mg kwasu octowego dziennie obserwowano zwiększenie stężenia aminotransferazy asparaginianowej, co może wskazywać na obniżenie czynności wątroby [104].

Regularna konsumpcja bardzo dużych ilości octu jabłkowego (ok. 250 ml octu dziennie, zawierającego ok. 12,5 g kwasu octowego) u 28-letniego pacjenta hospitalizowanego z powodu hipokaliemii i skurczów mięśni miała wpływ na zwiększone wydalanie potasu i sodu z moczem [105].

Wskazuje się, że umiarkowane spożycie octu, w ilości ok. 2–6 łyżek stołowych dziennie (10–30 ml) jest bezpieczne dla zdrowia [66]. Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia skutków ubocznych, w niektórych badaniach sugeruje się spożycie octu w postaci rozcieńczonej [106] lub w formie dodatku do żywności [71]. Według obecnego stanu wiedzy spożywanie octów nie powoduje uszkodzeń śluzówki żołądka, ponieważ ich pH jest mniej kwaśne od pH soku żołądkowego oraz popularnych napojów gazowanych typu cola [66].

Jednak z powodu niewystarczającej liczby badań klinicznych nie jest możliwe wyciągnięcie jednoznacznych wniosków na temat bezpieczeństwa stosowania octów owocowych w diecie. Istotna jest więc konieczność przeprowadzenia dalszych badań klinicznych, aby precyzyjnie stwierdzić, jaka ilość octu będzie bezpieczna do stosowania przez ludzi i nie będzie wywoływała niekorzystnych efektów zdrowotnych.

PODSUMOWANIE

Octy winogronowe, podobnie jak inne octy owocowe, są produktem znanym od wieków, jednak ciągle zaskakują swoim pozytywnym wpływem na zdrowie człowieka. Duża ilość zróżnicowanych związków bioaktywnych, takich jak polifenole czy kwasy organiczne, ma wpływ na ich wysoki potencjał antyoksydacyjny. Istniejące doniesienia wskazują również, że ocet może być pomocny w kontroli glikemii. Jest to produkt niedrogi i łatwo dostępny, który może zostać włączony do diety, zarówno jako dodatek smakowy, ale i źródło związków o działaniu prozdrowotnym. Ważne jest jednak, aby produkt ten stosowany był w umiarkowanych ilościach. Dodatkowo celowe jest przeprowadzenie dalszych badań klinicznych analizujących wpływ octów z winogron na zdrowie człowieka.

PIŚMIENNICTWO

- Solieri L, Giudici P. Vinegars of the World. In: Solieri L, Giudici P, editors. *Vinegars of the World*. Mediolan; 2009. p. 1–16.
- Battcock M, Azam-Ali S. Fermented fruits and vegetables. A global perspective. Table of contents. *FAO Agricultural Services Bulletin No. 134*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.
- Adams M. Vinegar. In: Batt C, Tortorello M, editors. *Encyclopedia of food microbiology*. Amsterdam; 2014. p. 717–722.
- Callejón RM, Rios-Reina R, Lourdes Morales M, et al. Vinegar. In: Morin J-F, Lees M, editors. *Food Integrity Handbook. A guide to food authenticity issues and analytical solutions*. Nantes; 2018. p. 273–295.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 23 grudnia 2014 r. w sprawie znakowania poszczególnych rodzajów środków spożywczych. <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20150000029> (access: 01.07.2021)
- Garcia-Parilla M, Torija M, Mas A, et al. Vinegars and Other Fermented Condiments. In: Frias J, Martinez-Villalenga C, Penas E, editors. *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. Academic Press; 2017. p. 577–587.
- Vinegar and substitutes for vinegar from acetic acid (HS: 220900) Product Trade, Exporters and Importers OEC – The Observatory of Economic Complexity. <https://oec.world/en/profile/hs92/vinegar-and-substitutes-for-vinegar-from-acetic-acid> (access: 2021.02.16).
- Budak NH, Aykin E, Seydim AC, et al. Functional Properties of Vinegar. *J Food Sci*. 2014; 79(5): R757–R764. <https://doi:10.1111/1750-3841.12434>
- Samad A, Azlan A, Ismail A. Therapeutic effects of vinegar: A review. *Curr Opin Food Sci*. 2016; 8: 56–61. <https://doi:10.1016/j.cofs.2016.03.001>
- Luzón-Quintana LM, Castro R, Durán-Guerrero E. Biotechnological processes in fruit vinegar production. *Foods*. 2021; 10(5): 945. <https://doi.org/10.3390/foods10050945>
- Zhang XL, Zheng Y, Xia ML, et al. Knowledge domain and emerging trends in vinegar research: A bibliometric review of the literature from WOSCC. *Foods*. 2020; 9(2): 166. <https://doi:10.3390/foods9020166>
- Álvarez-Cáliz CM, Santos-Dueñas IM, Jiménez-Hornero JE, et al. Modelling of the Acetification Stage in the Production of Wine Vinegar by Use of Two Serial Bioreactors. *Appl Sci*. 2020; 10(24): 9064. <https://doi:10.3390/APP10249064>
- Perini M, Paolini M, Simoni M, et al. Stable isotope ratio analysis for verifying the authenticity of balsamic and wine vinegar. *J Agric Food Chem*. 2014; 62(32): 8197–8203. <https://doi:10.1021/jf5013538>
- Camin F, Bontempo L, Perini M, et al. Control of wine vinegar authenticity through $\delta^{18}O$ analysis. *Food Control* 2013; 29: 107–111. <https://doi:10.1016/j.foodcont.2012.05.055>
- Vegas C, González Á, Mateo E, et al. Evaluation of representativity of the acetic acid bacteria species identified by culture-dependent method during a traditional wine vinegar production. *Food Res Int*. 2013; 51(1): 404–411. <https://doi:10.1016/j.foodres.2012.12.055>
- Na L, Chu X, Jiang S, et al. Vinegar decreases blood pressure by down-regulating AT1R expression via the AMPK/PGC-1 α /PPAR γ pathway in spontaneously hypertensive rats. *Eur J Nutr*. 2016; 55(3): 1245–1253. <https://doi:10.1007/s00394-015-0937-7>
- Balliett M, Burke JR. Changes in anthropometric measurements, body composition, blood pressure, lipid profile, and testosterone in patients participating in a low-energy dietary intervention. *J Chiropr Med*. 2013; 12(1): 3–14. <https://doi:10.1016/j.jcm.2012.11.003>
- Gheflati A, Bashiri R, Ghadiri-Anari A, et al. The effect of apple vinegar consumption on glycemic indices, blood pressure, oxidative stress, and homocysteine in patients with type 2 diabetes and dyslipidemia: A randomized controlled clinical trial. *Clin Nutr ESPEN*. 2019; 33: 132–138. <https://doi:10.1016/j.clnesp.2019.06.006>
- Nassiri-Asl M, Hosseinzadeh H. Review of the Pharmacological Effects of *Vitis vinifera* (Grape) and its Bioactive Constituents: An Update. *Phyther Res*. 2016; 30(9): 1392–1403. <https://doi:10.1002/ptr.5644>
- Bouazza A, Bitam A, Amiali M, et al. Effect of fruit vinegars on liver damage and oxidative stress in high-fat-fed rats. *Pharm Biol*. 2016; 54(2): 260–265.
- Mohamad NE, Yeap SK, Ky H, et al. Pineapple Vinegar Regulates Obesity-Related Genes and Alters the Gut Microbiota in High-Fat Diet (HFD) C57BL/6 Obese Mice. Evidence-based Complement Altern Med. 2020; 1257962. <https://doi:10.1155/2020/1257962>
- Yang JF, Yang CH, Liang MT, et al. Chemical Composition, Antioxidant, and Antibacterial Activity of Wood Vinegar from Litchi chinensis. *Molecules*. 2016; 21(9): 1150. <https://doi:10.3390/molecules21091150>

23. Coelho E, Genisheva Z, Oliveira JM, et al. Vinegar production from fruit concentrates: effect on volatile composition and antioxidant activity. *J Food Sci Technol*. 2017; 54(12): 4112–4122. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2783-5>
24. Jasbi P, Baker O, Shi X, et al. Daily red wine vinegar ingestion for eight weeks improves glucose homeostasis and affects the metabolome but does not reduce adiposity in adults. *Food Funct*. 2019; 10(11): 7343–7355. <https://doi.org/10.1039/c9fo01082c>
25. Koyama M, Ogasawara Y, Endou K, et al. Fermentation-induced changes in the concentrations of organic acids, amino acids, sugars, and minerals and superoxide dismutase-like activity in tomato vinegar. *Int J Food Prop*. 2017; 20(4): 888–898. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1188309>
26. Eliodório K, Cunha G, Müller C, et al. Advances in yeast alcoholic fermentations for the production of bioethanol, beer and wine. *Adv Appl Microbiol*. 2019; 109: 61–119. doi: 10.1016/BS.AAMBS.2019.10.002
27. Joyeux A, Lafon-Lafourcade S, Ribereau-Gayon P. Evolution of acetic acid bacteria during fermentation and storage of wine. *Appl Environ Microbiol*. 1984; 1: 5–20.
28. Gullo M, Verzelloni E, Canonico M. Aerobic submerged fermentation by acetic acid bacteria for vinegar production: Process and biotechnological aspects. *Process Biochem*. 2014; 49(10): 1571–1579. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.07.003>
29. Gomes RJ, de Borges MF, de Rosa MF, et al. Acetic acid bacteria in the food industry: Systematics, characteristics and applications. *Food Technol Biotechnol*. 2018; 56(2): 139–151. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.02.18.5593>
30. Antolak H, Kręgiel D. Bakterie kwasu octowego-taksonomia, ekologia oraz wykorzystanie przemysłowe. *Żywn Nauka Technol Jakość*. 2015; 4(101): 21–35. doi: 10.15193/ZNTJ/2015/101/053
31. Andrés-Barrao C, Benagli C, Chappuis M, et al. Rapid identification of acetic acid bacteria using MALDI-TOF mass spectrometry fingerprinting. *Syst Appl Microbiol*. 2013; 36(2): 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2012.09.002>
32. Gonzalez A, Guillamon J, Mas A, et al. Application of molecular methods for routine identification of acetic acid bacteria. *Int J Food Microbiol*. 2006; 108(1): 141–146. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2005.10.025>
33. Gullo M, Caggia C, De Vero L, et al. Characterization of acetic acid bacteria in "traditional balsamic vinegar." *Int J Food Microbiol*. 2006; 106(2): 209–212. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2005.06.024>
34. Vegas C, Mateo E, González Á, et al. Population dynamics of acetic acid bacteria during traditional wine vinegar production. *Int J Food Microbiol*. 2010; 138(1–2): 130–136. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.006>
35. Yetiman AE, Kesmen Z. Identification of acetic acid bacteria in traditionally produced vinegar and mother of vinegar by using different molecular techniques. *Int J Food Microbiol*. 2015; 204: 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.013>
36. Liu Q, Tang G-Y, Zhao C-N, et al. Antioxidant Activities, Phenolic Profiles, and Organic Acid Contents of Fruit Vinegars. *Antioxidants*. 2019; 8(4): 78. <https://doi.org/10.3390/antiox8040078>
37. Sanarico D, Motta S, Bertolini L, et al. HPLC determination of organic acids in traditional balsamic vinegar of Reggio Emilia. *J Liq Chromatogr Relat Technol*. 2003; 26(13): 2177–2187. <https://doi.org/10.1081/JLC-120022402>
38. Bhat S, Akhtar R, Amin T. An Overview on the Biological Production of Vinegar. *Int J Fermented Foods*. 2014; 3(2): 139. <https://doi.org/10.5958/2321-712X.2014.01315.5>
39. Oztürk I, Caliskan O, Tornuk F, et al. Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars. *LWT – Food Sci Technol*. 2015; 63(1): 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.003>
40. Codex Alimentarius. Proposed Draft Revised Regional Standard for Vinegar. Codex Alimentarius Commission, FAO/WHO Standards Programme, 2000. http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCEURO/cceuro22/CL00_18e.pdf (access: 2021.02.10)
41. Rozporządzenie Rady (WE) NR 479/2008 z dnia 29 kwietnia 2008 r. w sprawie wspólnej organizacji rynku wina, zmieniające rozporządzenia (WE) nr 1493/1999, (WE) nr 1782/2003, (WE) nr 1290/2005 i (WE) nr 3/2008 oraz uchylające rozporządzenia (EWG) nr 2392/86 i (WE) nr 1493/1999. <https://op.europa.eu/pl/publication-detail/-/publication/2cfd285f-7110-40a8-ac3e-fa27f5aeffc> (access: 01.07.2021)
42. Hailu S, Admassu S, Jha K. Vinegar Production Technology – An Overview. *Beverage Food World*. 2012: 29–32.
43. Czuba J. Technologia i mikrobiologia fermentacji octowej. *Biotechnologia* 2003; 3(62): 233–240.
44. Boonsupa W. Chemical properties, antioxidant activities and sensory evaluation of berry vinegar. *Walailak J Sci Technol*. 2019; 16: 887–896. <https://doi.org/10.48048/wjst.2019.4562>
45. Song N, Cho S, Baik S. Microbial community, and biochemical and physiological properties of Korean traditional black raspberry (*Robus coreanus Miquel*) vinegar. *J Sci Food Agric*. 2016; 96(11): 3723–3730. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7560>
46. Tesfaye W, Morales ML, García-Parrilla MC, et al. Wine vinegar: Technology, authenticity and quality evaluation. *Trends Food Sci Technol*. 2002; 13(1): 12–21. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00023-7)
47. Molelekoa T, Regnier T, Da Silva L, et al. Potential of marula (*Sclerocarya birrea subsp. caffra*) waste for the production of vinegar through surface and submerged fermentation. *S Afr J Sci*. 2018; 114: 11–12. <https://doi.org/10.17159/sajs.2018/4874>
48. Mas A, Torija MJ, García-Parrilla MDC, et al. Acetic acid bacteria and the production and quality of wine vinegar. *Sci World J*. 2014; 2014(2): 394671. <https://doi.org/10.1155/2014/394671>
49. Hidalgo C, García D, Romero J, et al. Acetobacter strains isolated during the acetification of blueberry (*Vaccinium corymbosum L.*) wine. *Lett Appl Microbiol*. 2013; 57: 227–232. <https://doi.org/10.1111/LAM.12104>
50. Sellmer-Wilsberg S. Wine and Grape Vinegars. In: Solieri L, Giudici P, eds. *Vinegars of the World*. Mediolan: 2009. p. 145–156.
51. Morales ML, Tesfaye W, García-Parrilla M, et al. Evolution of the aroma profile of sherry wine vinegars during an experimental aging in wood. *J Agric Food Chem*. 2002; 50(11): 3173–3178. <https://doi.org/10.1021/jf011313w>
52. Callejón RM, Tesfaye W, Torija MJ, et al. Volatile compounds in red wine vinegars obtained by submerged and surface acetification in different woods. *Food Chem*. 2009; 113(4): 1252–1259. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.027>
53. Torija M-J, Mateo E, Vegas C, et al. Effect of wood type and thickness on acetification kinetics in traditional vinegar production. *Int J Wine Res*. 2009; 1: 155–160.
54. Durán Guerrero E, Mejías RC, Marín RN, et al. Accelerated aging of a Sherry wine vinegar on an industrial scale employing microoxygenation and oak chips. *Eur Food Res Technol*. 2011; 232(2): 241–254. <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1372-x>
55. Vinegar market in the EU increases for the third consecutive year, reaching \$871M. <https://www.globaltrademag.com/tag/vinegar-market/> (access: 04.07.2021)
56. De Ory I, Romero LE, Cantero D. Modelling the kinetics of growth of *Acetobacter aceti* in discontinuous culture: Influence of the temperature of operation. *Appl Microbiol Biotechnol*. 1998; 49: 189–193. <https://doi.org/10.1007/s002530051157>
57. Moonmangmee D, Adachi O, Ano Y, et al. Isolation and characterization of thermotolerant gluconobacter strains catalyzing oxidative fermentation at higher temperatures. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2000; 64(11): 2306–2315. <https://doi.org/10.1271/bbb.64.2306>
58. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 583/2009 z dnia 3 lipca 2009 r. rejestrujące nazwę w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych (Aceto Balsamico di Modena (ChOG)). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32009R0583> (dostęp 01.07.2021)
59. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 985/2011 z dnia 30 września 2011 r. rejestrujące w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych nazwę [Vinagre de Jerez (CHNP)]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0985&from=EN> (access: 30.06.2021)
60. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2015/48 z dnia 14 stycznia 2015 r. rejestrujące w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych nazwę [Vinagre de Montilla-Moriles (ChNP)] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32015R0048> (access: 28.06.2021)
61. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2021/243 z dnia 11 lutego 2021 r. zatwierdzające inną niż nieznaczną zmianę w specyfikacji nazwy zarejestrowanej w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych „Vinagre del Condado de Huelva” (ChNP). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0243&from=EN> (access: 30.06.2021)
62. Rios-Reina R, Elcoroaristizabal S, Ocaña-González J, et al. Characterization and authentication of Spanish PDO wine vinegars using multidimensional fluorescence and chemometrics. *Food Chem*. 2017; 230: 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.118>
63. Ogurtsova K, da Rocha Fernandes JD, Huang Y, et al. IDF Diabetes Atlas: Global estimates for the prevalence of diabetes for 2015 and 2040. *Diabetes Res Clin Pract*. 2017; 128: 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2017.03.024>

64. Schmidt AM. Highlighting Diabetes Mellitus. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2018; 38(1): 1–8. <https://doi:10.1161/ATVBAHA.117.310221>
65. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care.* 2013; 36(SUPPL.1): S67. <https://doi:10.2337/dc13-S067>
66. Santos HO, de Moraes WM, da Silva GA, et al. Vinegar (acetic acid) intake on glucose metabolism: A narrative review. *Clin Nutr ESPEN.* 2019; 32: 1–7. <https://doi:10.1016/j.clnesp.2019.05.008>
67. Mitrou P, Petsiou E, Papakostantinou E, et al. Vinegar Consumption Increases Insulin-Stimulated Glucose Uptake by the Forearm Muscle in Humans with Type 2 Diabetes. *J Diabetes Res.* 2015; 2015: 175204. <https://doi:10.2337/dc09-1354>
68. Cheng LJ, Jiang Y, Wu VX, et al. A systematic review and meta-analysis: Vinegar consumption on glycaemic control in adults with type 2 diabetes mellitus. *J Adv Nurs.* 2020; 76(2): 459–474. <https://doi:10.1111/jan.14255>
69. Liatis S, Grammatikou S, Pouliou KA, et al. Vinegar reduces postprandial hyperglycaemia in patients with type II diabetes when added to a high, but not to a low, glycaemic index meal. *Eur J Clin Nutr.* 2010; 64(7): 727–732. <https://doi:10.1038/ejcn.2010.89>
70. Kahraman KN, Mesci B, Oguz A, et al. The effect of vinegar on postprandial glycemia: Does the amount matter? *Acta Endocrinol (Copenh).* 2011; 7(4): 577–584. <https://doi:10.4183/aeb.2011.577>
71. Johnston CS, Steplewska I, Long CA, et al. Examination of the antiglycemic properties of vinegar in healthy adults. *Ann Nutr Metab.* 2010; 56(1): 74–79. <https://doi:10.1159/000272133>
72. Yamashita H. Biological Function of Acetic Acid—Improvement in Obesity and Glucose Tolerance by Acetic Acid in Type 2 Diabetic Rats. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2016; 56: 171–175. <https://doi:10.1080/10408398.2015.1045966>
73. Östman E, Granfeldt Y, Persson L, et al. Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr.* 2005; 59(9): 983–988. <https://doi:10.1038/sj.ejcn.1602197>
74. Shishehbor F, Mansoori A, Shirani F. Vinegar consumption can attenuate postprandial glucose and insulin responses; a systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Diabetes Res Clin Pract.* 2017; 127: 1–9. <https://doi:10.1016/j.diabres.2017.01.021>
75. Jakubczyk K, Dec K, Kałduńska J, et al. Reactive oxygen species – sources, functions, oxidative damage. *Pol Merkur Lek.* 2020; 48(284): 124–127.
76. El-Bahr SM. Biochemistry of Free Radicals and Oxidative Stress. *Sci Int.* 2013; 1(5): 111–117. <https://doi:10.5567/sciintl.2013.111.117>
77. Sharma N. Free Radicals, Antioxidants and Disease. *Biol Med.* 2014; 6(3): 1000214. <https://doi:10.4172/0974-8369.1000214>
78. Chikara S, Nagaprasanthan LD, Singhal J, et al. Oxidative stress and dietary phytochemicals: Role in cancer chemoprevention and treatment. *Cancer Lett.* 2018; 413: 122–134. <https://doi:10.1016/j.canlet.2017.11.002>
79. Ichiishi E, Li X-K, Iorio EL. Oxidative stress and diseases: clinical trials and approaches. *Oxid Med Cell Longev.* 2016; 2016: 3458276. <https://doi:10.1155/2016/3458276>
80. Matsuda M, Shimomura I. Increased oxidative stress in obesity: implications for metabolic syndrome, diabetes, hypertension, dyslipidemia, atherosclerosis, and cancer. *Obes Res Clin Pract.* 2013; 7(5): e330–41. <https://doi:10.1016/j.orcp.2013.05.004>
81. Santos-Sanchez N, Salas-Coronado R, Villanueva-Canongo C, et al. Antioxidant Compounds and Their Antioxidant Mechanism. In: Shalaby E, editor. *Antioxidants.* Londyn: 2019. p. 23–51.
82. Álvarez R, Araya H, Navarro-Lisboa R, et al. Evaluation of Polyphenols and Antioxidant Capacity of Fruits and Vegetables Using a Modified Enzymatic Extraction Method. *Food Technol Biotechnol.* 2016; 54(4): 462. <https://doi:10.17113/ftb.54.04.16.4497>
83. Bakir S, Toydemir G, Boyacioglu D, et al. Fruit antioxidants during vinegar processing: Changes in content and in vitro bio-accessibility. *Int J Mol Sci.* 2016; 17(10): 1658. <https://doi:10.3390/ijms17101658>
84. Pizarro C, Esteban-Diez I, Sáenz-González C, et al. Vinegar classification based on feature extraction and selection from headspace solid-phase microextraction/gas chromatography volatile analyses: A feasibility study. *Anal Chim Acta.* 2008; 608(1): 38–47. <https://doi:10.1016/j.aca.2007.12.006>
85. Budak HN, Guzel-Seydim ZB. Antioxidant activity and phenolic content of wine vinegars produced by two different techniques. *J Sci Food Agric.* 2010; 90(12): 2021–2026. <https://doi:10.1002/jsfa.4047>
86. Schlepütz T, Gerhards JP, Büchs J. Ensuring constant oxygen supply during inoculation is essential to obtain reproducible results with obligatory aerobic acetic acid bacteria in vinegar production. *Process Biochem.* 2013; 48(3): 398–405. <https://doi:10.1016/j.procbio.2013.01.009>
87. Jordão AM, Simoes S, Correia AC, et al. Antioxidant activity evolution during Portuguese red wine vinification and their relation with the proanthocyanidin and anthocyanin composition. *J Food Process Preserv.* 2012; 36(4): 298–309. <https://doi:10.1111/j.1745-4549.2011.00588.x>
88. Cerezo A, Álvarez-Fernández M, Hornedo-Ortega R, et al. Phenolic composition of vinegars over an accelerated aging process using different wood species (Acacia, Cherry, Chestnut, and Oak): Effect of wood toasting. *J Agric Food Chem.* 2014; 62(19): 4369–4376. <https://doi:10.1021/jf500654d>
89. Ubeda C, Callejón RM, Hidalgo C, et al. Employment of different processes for the production of strawberry vinegars: Effects on antioxidant activity, total phenols and monomeric anthocyanins. *LWT – Food Sci Technol.* 2013; 52(2): 139–145. <https://doi:10.1016/j.lwt.2012.04.021>
90. Alonso ÁM, Castro R, Rodríguez MC, et al. Study of the antioxidant power of brandies and vinegars derived from Sherry wines and correlation with their content in polyphenols. *Food Res Int.* 2004; 37(7): 715–721. <https://doi:10.1016/j.foodres.2004.03.007>
91. Neffe-Skocińska K, Wójtowicz M, Dąbrowski M, et al. Bakterie kwasu octowego jako potencjalne probiotyki nowej generacji. *Żywność Nauk Technol Jakość.* 2020; 27(3), 15–27.
92. Plessi M, Bertelli D, Miglietta F. Extraction and identification by GC-MS of phenolic acids in traditional balsamic vinegar from Modena. *J Food Compos Anal.* 2006; 19(1): 49–54. <https://doi:10.1016/j.jfca.2004.10.008>
93. Chong J, Poutaraut A, Huguency P. Metabolism and roles of stilbenes in plants. *Plant Sci.* 2009; 177(3): 143–155. <https://doi:10.1016/j.plantsci.2009.05.012>
94. Spáčil Z, Nováková L, Solich P. Analysis of phenolic compounds by high performance liquid chromatography and ultra performance liquid chromatography. *Talanta.* 2008; 76(1): 189–199. <https://doi:10.1016/j.talanta.2008.02.021>
95. Cantos E, Espín JC, Tomás-Barberán FA. Varietal Differences among the Polyphenol Profiles of Seven Table Grape Cultivars Studied by LC-DAD-MS-MS. *J Agric Food Chem.* 2002; 50(20): 5691–5696. <https://doi:10.1021/jf0204102>
96. Giovinazzo G, Grieco F. Functional Properties of Grape and Wine Polyphenols. *Plant Foods Hum Nutr.* 2015; 70(4): 454–462. <https://doi:10.1007/s11130-015-0518-1>
97. Castillo-Muñoz N, Gómez-Alonso S, García-Romero E, et al. Flavonol profiles of Vitis vinifera red grapes and their single-cultivar wines. *J Agric Food Chem.* 2007; 55(3): 992–1002. <https://doi:10.1021/jf062800k>
98. Mattivi F, Zulian C, Nicolini G, et al. Wine, biodiversity, technology, and antioxidants. *Ann N Y Acad Sci.* 2002; 957: 37–56. <https://doi:10.1111/j.1749-6632.2002.tb02904.x>
99. Cruz M, Correia A, Gonçalves F, et al. Phenolic composition and total antioxidant capacity analysis of red wine vinegars commercialized in Portuguese market. *Ciência Téc Vitiv.* 2018; 33(2): 102–105. <https://doi:10.1051/ctv/20183302102>
100. Bakir S, Devcioglu D, Kayacan S, et al. Investigating the antioxidant and antimicrobial activities of different vinegars. *Eur. Food Res. Technol.* 2017; 243: 2083–2094. <https://doi:10.1007/s00217-017-2908-0>
101. Kadiroğlu P. FTIR spectroscopy for prediction of quality parameters and antimicrobial activity of commercial vinegars with chemometrics. *J Sci Food Agric.* 2018; 98(11): 4121–4127. <https://doi:10.1002/jsfa.8929>
102. Launholt T, Kristiansen C, Hjorth P. Safety and side effects of apple vinegar intake and its effect on metabolic parameters and body weight: a systematic review. *Eur J Nutr.* 2020; 59(6): 2273–2289. <https://doi:10.1007/s00394-020-02214-3>
103. Gambon DL, Brand H, Veerman E. Unhealthy weight loss. Erosion by apple cider vinegar. *Ned Tijdschr Tandheelkd.* 2012; 119(12): 589–591. <https://doi:10.5177/ntvt.2012.12.12192>
104. Johnston CS, White AM, Kent SM. A Preliminary Evaluation of the Safety and Tolerance of Medicinally Ingested Vinegar in Individuals with Type 2 Diabetes. *J Med Food.* 2008; 11(1): 179–183. <https://doi:10.1089/jmf.2007.574>
105. Lhotta K, Höfle G, Gasser R, et al. Hypokalemia, Hyperreninemia and Osteoporosis in a Patient Ingesting Large Amounts of Cider Vinegar. *Nephron.* 1998; 80(2): 242–243. <https://doi:10.1159/000045180>
106. Mitrou P, Raptis AE, Lambadiari V, et al. Vinegar decreases postprandial hyperglycemia in patients with type I diabetes. *Diabetes Care.* 2010; 33(2): e27. <https://doi:10.2337/dc09-1354>