

The background of the entire page is a photograph of three glasses filled with fruit juice. The glass on the left contains a red juice, likely tomato or pomegranate. The middle glass contains a yellow juice, possibly lemon or orange. The glass on the right contains a green juice, likely cucumber or lime. The glasses are arranged in a row, and the focus is sharp on the green juice glass in the foreground.

PRZEGLĄD BADAŃ

WYSTĘPOWANIE CUKRU
W OWOCACH, WARZYNACH, SOKACH
ORAZ JEGO WPŁYW NA DIETĘ

Dr hab. MARIUSZ PANCZYK | Dr MARIANNA HALL
Dr MAGDALENA MILEWSKA | Dr hab. MARIUSZ JAWORSKI



AUTORZY

Dr hab. n. med. i n. o zdr. Mariusz Panczyk

Zakład Edukacji i Badań w Naukach o Zdrowiu · Wydział Nauk o Zdrowiu
Warszawski Uniwersytet Medyczny

Dr n. o zdr. Marianna Hall

Zakład Żywienia Człowieka · Wydział Nauk o Zdrowiu
Warszawski Uniwersytet Medyczny

Dr n. o zdr. Magdalena Milewska

Zakład Dietetyki Klinicznej · Wydział Nauk o Zdrowiu
Warszawski Uniwersytet Medyczny

Dr hab. n. med. i n. o zdr. Mariusz Jaworski

Zakład Edukacji i Badań w Naukach o Zdrowiu · Wydział Nauk o Zdrowiu
Warszawski Uniwersytet Medyczny

PODSUMOWANIE

Węglowodany są niezbędnym elementem prawidłowej, zróżnicowanej diety. Ich naturalnym źródłem są warzywa i owoce oraz ich przetwory, w tym soki. Istniejące badania naukowe podkreślają znaczenie źródła węglowodanów w diecie, wskazując że cukry pochodzące z warzyw i owoców oraz soków nie mogą być traktowane jedynie jako ekwiwalent „łyżeczek” cukru, których źródłem są np. słodyczne.

Dostępne wyniki badań naukowych potwierdzają, że owoce i warzywa oraz 100% soki owocowe nie mają istotnego wpływu na wzrost stężenia glukozy i insuliny we krwi na czczo. Chociaż mechanizm, dzięki któremu 100% sok owocowy nie wpływa na glikemię nie jest jednoznacznie zdefiniowany, to uważa się, że obecność błonnika i polifenoli może korzystnie wpływać na homeostazę glukozowo-insulinową. Istotnym podkreślenia jest fakt, że konsumpcja owoców i 100% soku owocowego wpływa na pułap energetyczny diety. Tym samym należy odpowiednio monitorować ilość ich spożywania, aby nie doprowadzić do nadwyżki podaży energii, która stanowi istotny czynnik ryzyka wystąpienia zaburzeń metabolicznych.

Soki z miąższem, z uwagi na obecność składników bioaktywnych jak polifenole charakteryzują się wysokim potencjałem antyoksydacyjnym. Wyniki wielu badań potwierdzają kardioprotekcyjny, chemoprewencyjny czy neuroprotekcyjny wpływ polifenoli obecnych w sokach. Niestety brakuje dobrze udokumentowanych danych naukowych dotyczących wpływu na zdrowie krajowych owoców i ich soków.

Wykorzystanie soków w zaleceniach żywieniowych dla osób starszych i/lub dzieci powinno być doprecyzowane w kontekście dziennej dawki, celem wyważenia korzyści płynących z nawodnienia, działania antyoksydacyjnego i ochronnego na układ sercowo-naczyniowy oraz nerwowy, a pewnymi zagrożeniami związanym z ryzykiem wzrostu masy ciała.

ROLA FIZJOLOGICZNA WĘGLOWODANÓW

Węglowodany to makroskładniki diety, które są bardzo zróżnicowane pod względem pełnionych funkcji fizjologicznych.¹ Pod względem żywieniowym i fizjologicznym węglowodany dzieli się na dwie grupy:

- **węglowodany przyswajalne**, czyli takie, które są trawione w przewodzie pokarmowym człowieka, następnie wchłaniane i wykorzystywane w metabolizmie komórkowym. Przykładami takich węglowodanów są m.in. glukoza i fruktoza oraz sacharoza.
- **węglowodany nieprzyswajalne**, czyli takie, które nie są trawione i wchłaniane w przewodzie pokarmowym człowieka. Mogą być częściowo hydrolizowane przez bakterie w jelitach. Przykładami takich węglowodanów są m.in. pektyny.

Trawienie i wchłanianie węglowodanów przyswajalnych

Proces trawienia węglowodanów, zwłaszcza skrobi, zaczyna się w jamie ustnej. Zawarta w ślinie amylaza ślinowa zaczyna hydrolizować skrobię do maltozy, maltotriozy i dekstryn. Innymi słowy, amylaza ślinowa rozpoczyna proces cięcia długiego łańcucha połączonych ze sobą cukrów prostych na mniejsze fragmenty. Nie trwa to zbyt długo, ponieważ węglowodany, wraz z kęsem pokarmowym, przesuwane są przez przełyk do żołądka. Ze względu na kwaśne środowisko w żołądku następuje dezaktywacja amylazy ślinowej, jednakże w pewnym ograniczonym zakresie ze względu na niskie pH dochodzi do częściowego trawienia dwucukrów (sacharozy i maltozy) i oligosacharydów (dekstryny).^{2,3} Dalsze trawienie węglowodanów odbywa się w jelicie cienkim, głównie w dwunastnicy. Do dwunastnicy wydzielana jest amylaza trzustkowa, która powoduje dalszą hydrolizę węglowodanów. Dodatkowo, sok jelitowy zawiera kolejne enzymy: glukoamylazę i glikozydazy, oraz laktazę, sacharazę i maltazę, które trawią węglowodany do cukrów prostych.

W efekcie końcowym, węglowodany rozkładane są do monosacharydów, czyli cukrów prostych (węglowodanów prostych), a następnie wchłaniane do krwioobiegu i transportowane żyłą wrotną do wątroby. Uważa się, że około 50% glukozy wchłania się już w dwunastnicy, a reszta w jelicie cienkim czczym. Również fruktoza i galaktoza są wchłaniane częściowo w początkowym odcinku jelita cienkiego oraz z jego części środkowej, czyli w jelicie czczym.⁴

Metabolizm węglowodanów przyswajalnych

Metabolizm cukrów prostych rozpoczyna się w wątrobie. Tam większość heksoz innych niż glukoza ulega przekształceniu do glukozy – część z nich przechodzi do krwioobiegu, kolejna część ulega utlenieniu w wątrobie, a jeszcze inna część zostaje zamieniona w glikogen jako materiał zapasowy.

Organizm człowieka ma ograniczone możliwości pod względem magazynowania węglowodanów przyswajalnych. Są one magazynowane głównie w postaci glikogenu zawartego w:

- mięśniach (około 157-350 g, co stanowi około 0,7% całkowitej masy mięśni człowieka). Ten rodzaj glikogenu wykorzystywany jest bezpośrednio do pracy mięśni podczas aktywności fizycznej;
- wątrobie (około 60-120 g, co stanowi około 5% masy tego narządu). Ten rodzaj glikogenu wykorzystywany jest do regulacji stężenia glukozy w surowicy krwi, zwłaszcza w okresie między posiłkami.

Omawiając metabolizm węglowodanów należy zwrócić uwagę na fruktozę, która w odróżnieniu od glukozy nie może być bezpośrednio wykorzystywana jako źródło energii przez wszystkie komórki ludzkiego organizmu. Najpierw fruktoza musi zostać przekształcona w glukozę (np. w wątrobie), mleczan lub kwasy tłuszczowe. Dopiero w takiej zmienionej formie organizm może wykorzystać fruktozę. Warto zaznaczyć, że metabolizm fruktozy prowadzi do powstawania dużych ilości aldehydu 3-fosfoglicerynowego, który uznawany jest za prekursora syntezy kwasów tłuszczowych. Dlatego, fruktoza uznawana jest za substancję silnie lipogenną.

Dieta z dużą zawartością fruktozy może zwiększać ryzyko wystąpienia zaburzeń lipidowych (np. poprzez wzrost stężenia triacylogliceroli oraz cholesterolu LDL), które stanowią czynnik ryzyka chorób serca. Badania przeprowadzone przez Bantle i wsp. (2000)⁵ wykazały znaczący wzrost trójglicerydów we krwi u mężczyzn, u których za 17% wartości energetycznej diety odpowiadała fruktoza. Także Schwarz i wsp. (2015)⁶ wykazali, że dieta bogata we fruktozę (20–25% poboru energii w postaci fruktozy) przyczynia się do istotnego nasilenia lipogenezy wątrobowej i wzrostu ilości aterogennych składników profilu lipidowego osocza. Nadal trwają jednak prace mające określić optymalną ilość spożywanej fruktozy. Przegląd badań autorstwa Wiebe i wsp. (2011)⁷ wskazuje, że umiarkowane ilości fruktozy (< 50 g dziennie) mogą pomagać w utrzymaniu prawidłowego stężenia glukozy we krwi.

W literaturze akcentuje się odmienną metabolizm fruktozy w jelicie cienkim w porównaniu do metabolizmu fruktozy w wątrobie. Na poziomie jelita cienkiego występuje mechanizm regulujący poziom wchłaniania fruktozy z przewodu pokarmowego w zależności od dawki, formy (np. wolnej lub związanej) oraz obecności innych składników pokarmowych.^{8,9} Jednakże, nie ma jednoznacznych dowodów, które wskazywałyby na rolę fruktozy w rozwoju nadciśnienia tętniczego oraz wpływu na przyrost masy ciała. W związku z tym istnieje potrzeba dalszych badań nad metabolizmem i wpływem fruktozy na zdrowie człowieka.

Glukoza wraz z krwią krąży w ciele człowieka i jest transportowana do komórek, które wykorzystują ją jako paliwo. Do takich komórek zalicza się m.in.:

- komórki mózgu (neurony),
- erytrocyty (czerwone krwinki – czerwone komórki krwi),
- komórki mięśniowe,
- komórki mięśnia sercowego.

Stężenie glukozy w osoczu krwi jest utrzymywane na względnie stałym poziomie dzięki regulacji hormonalnej. Odpowiedzialne są za to dwa hormony:

- Insulina, która produkowana jest przez komórki β wysp trzustkowych. Wzrost stężenia glukozy w osoczu krwi (np. po posiłku) działa stymulująco na komórki beta trzustki

do produkcji i uwalniania insuliny.¹⁰ Zwiększone stężenie insuliny w osoczu prowadzi do obniżenia stężenia glukozy poprzez:

- zwiększenia tempa przemian węglowodanów i odkładania zapasów glikogenu (glikogenogenezy) w mięśniach i wątrobie,
 - zwiększenia syntezy białek,
 - zwiększenie syntezy kwasów tłuszczowych,
 - przyspieszenia tempa procesów utleniania glukozy w narządach i tkankach.
- Glukagon, który produkowany jest przez komórki α wysp trzustkowych. Ma działanie antagonistyczne do insuliny i wydzielany jest w odpowiedzi na spadek stężenia glukozy w osoczu krwi.¹¹ Glukagon uwalniany jest następujących sytuacjach:
 - w czasie głodu,
 - podczas hipoglikemii,
 - podczas wysiłku fizycznego.

Pod wpływem działania glukagonu, w wątrobie hamowana jest synteza glikogenu, zaczyna zachodzić proces glikogenolizy – rozpadu glikogenu i uwalniania glukozy do krwi.

Zarówno niedobór, jak i nadmiar, glukozy w osoczu krwi może mieć poważne konsekwencje dla funkcjonowania organizmu człowieka.

Zgodnie z zaleceniami Polskiego Towarzystwa Diabetologicznego opublikowanych w 2022 roku,¹² u zdrowego człowieka stężenie glukozy we krwi na czczo powinno wahać się do 70 do 99 mg/dl (3,9–5,5 mmol/l). Taki poziom glukozy pozwala na utrzymanie prawidłowego funkcjonowania ośrodkowego układu nerwowego oraz krwinek czerwonych, które nie mogą korzystać z innych źródeł energii.

Zakłada się, że w prawidłowych warunkach mózg dorosłego człowieka zużywa około 140 g glukozy/dobę (co stanowi około 20% podstawowej przemiany energii), a erytrocyty około 40 g glukozy/dobę.

Znaczenie fizjologiczne węglowodanów przyswajalnych

I. Najważniejszą rolą fizjologiczną węglowodanów przyswajalnych jest dostarczanie energii

Węglowodany przyswajalne są podstawowym źródłem energii dla organizmu człowieka niezbędnej m.in.:

- do utrzymania odpowiedniej temperatury ciała,
- pracy narządów wewnętrznych,
- podejmowania aktywności fizycznej.

Przemiany metaboliczne związane ze spalaniem 1 grama węglowodanów powodują uwolnienie około 4 kcal (16 kJ). Końcowym produktem spalania węglowodanów przyswajalnych jest dwutlenek węgla (CO_2) oraz woda (H_2O). Węglowodany dostarczają w codziennym pożywieniu człowieka ok. 50–60% energii.

Mózg ma wysokie tempo metabolizmu, a źródłem energii do jego funkcjonowania jest prawie wyłącznie utlenianie glukozy. Dlatego też, funkcjonowanie mózgu jest w całości zależne od stabilnej i odpowiedniej podaży glukozy. Podczas gdy początkowo sądzono, że tylko niedobór

glukozy (tj. w warunkach hipoglikemii) może wpływać negatywnie na funkcjonowanie mózgu, to aktualnie wiemy, że niewielkie fluktuacje w dostępności do tego cukru mogą wpływać na funkcje nerwowe, a co za tym idzie, funkcje poznawcze. Dane sugerują, że chociaż gwałtowny wzrost stężenia glukozy we krwi powoduje pewną krótkoterminową poprawę funkcji poznawczych, bardziej stabilny profil glukozy we krwi, który pozwala uniknąć nadmiernej fluktuacji stężenia glukozy we krwi, wiąże się z lepszymi funkcjami poznawczymi w dłuższej perspektywie.¹³

II. Biorą udział w procesie utleniania kwasów tłuszczowych

Węglowodany są niezbędne do procesu utleniania kwasów tłuszczowych. Niedostateczna podaż węglowodanów wraz z dietą powoduje częściowe utlenianie (spalanie) kwasów tłuszczowych i powstawanie ciał ketonowych. Długotrwały wysoki poziom ciał ketonowych w organizmie (tzw. ketoza) może prowadzić do rozwoju kwasicy ketonowej, która jest groźna dla organizmu.

III. Wykorzystywane są do syntezy aminokwasów glukogennych

Węglowodany, po odpowiednich przekształceniach, mogą być także wykorzystane do syntezy nowych aminokwasów tzw. aminokwasów glukogennych jak alanina, kwas glutaminowy, kwas asparaginowy, prolina.

IV. Uczestniczą w budowie struktur komórkowych

Węglowodany występują w organizmie człowieka w połączeniu z białkami i lipidami tworząc tym samym glikoproteiny lub glikolipidy. Takie cząsteczki wykorzystywane są do budowy struktur komórkowych.

V. Stanowią składnik kwasów DNA oraz RNA

Niektóre węglowodany (ryboza i deoksyryboza) stanowią podstawowe elementy strukturalne kwasów DNA i RNA. Wspomniane kwasy są nośnikami informacji genetycznej (np. cech dziedzicznych), ale także zapewniają prawidłowy przebieg wszystkich procesów metabolicznych zachodzących na poziomie komórkowym.

VI. Niektóre węglowodany uczestniczą w procesie wchłaniania składników mineralnych

Przykładem jest dwucukier o nazwie laktoza, który pomaga we wchłanianiu wapnia.

Niedobór i nadmiar węglowodanów przyswajalnych

Przy niedoborze glukozy w osoczu krwi, np. niedostatecznej podaży węglowodanów w diecie, dochodzi do hipoglikemii. Jest to stan, w którym stężenie glukozy spada poniżej normy. Wówczas uruchamiane są mechanizmy mające na celu uwolnienie do krwioobiegu glukozy zmagazynowanej w wątrobie (glikogen wątrobowy) i wyrównanie stężenia tego cukru prostego w osoczu krwi.

Jeśli zapasy z wątroby zostaną wyczerpane, a mimo to stężenie glukozy w osoczu będzie niskie, to uruchamiany jest mechanizm glukoneogenezy, czyli syntezy glukozy ze źródeł nie cukrowych np. z białka. W konsekwencji białko, zamiast być wykorzystane do budowy nowych struktur, zużywane jest na potrzeby energetyczne ustroju.

Należy pamiętać, że stosowanie diet o bardzo niskim udziale węglowodanów w diecie nie jest korzystne dla organizmu człowieka. Nie można całkowicie wyłączyć węglowodanów z diety. Może to prowadzić m.in. do:

- ketozy, czyli stanu, w którym organizm wytwarza energię z innych makroskładników niż węglowodany np. tłuszczu nagromadzonego w tkance tłuszczowej. Należy zaznaczyć, że długo utrzymująca się ketoza będzie miała negatywne konsekwencje zdrowotne. Objawami przewlekłej ketozy są: zmęczenie, wahania nastroju, zaburzenia koncentracji, utrata przytomności. Obserwuje się także nieprawidłowości parametrów biochemicznych krwi, np. zwiększenie stężenia triacylogliceroli (triglicerydy, trójglicerydy) czy homocysteiny w surowicy. To z kolei zwiększa ryzyko rozwoju chorób serca, wątroby, dróg żółciowych i osteoporozy.
- niedoborów żywieniowych (m.in. witamin grupy A, B, C, E, cynku, miedzi i seleniu),
- kwasicy (zmniejszenie pH krwi do wartości poniżej 7,35),
- w skrajnych przypadkach do zgonu.

Węglowodany nieprzyswajalne

Do węglowodanów nieprzyswajalnych zalicza się błonnik pokarmowy (włókno pokarmowe) występujący w produktach pochodzenia roślinnego.¹⁴ Należy zaznaczyć, że włókno pokarmowe stanowi niejednorodną grupę związków chemicznych do której zalicza się m.in.:

- nietrawione polisacharydy (celuloza, hemiceluloza, pektyny, z niewęglowodanowych składników ligniny),
- gumy i śluzy roślinne,
- skrobię oporną na działanie enzymów (RS, *resistant starch*),
- nietrawione oligosacharydy,
- polidekstrozę.

W kontekście fizjologicznym, błonnik pokarmowy jest odporny na działanie enzymów trawiennych. W związku z tym, ich rola fizjologiczna jest odmienna od funkcji pełnionych przez węglowodany przyswajalne. Błonnik pokarmowy przechodzi przez jelito cienkie do jelita grubego w formie niestrawionej. W okrężnicy poddany jest działaniu flory jelitowej, która częściowo hydrolizuje włókno pokarmowe. Coraz więcej dowodów wskazuje, że błonnik pokarmowy działa jako prebiotyk, który wpływa na skład mikroorganizmów jelita. Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (*short chain fatty acids* – SCFA) to produkt beztlenowej fermentacji bakteryjnej włókna pokarmowego i skrobi opornej. Kwasy te odgrywają istotną rolę w regulacji pH, zwiększeniu wchłaniania wapnia, żelaza oraz magnezu w jelitach, a także korzystnie oddziałują na metabolizm glukozy i białek w wątrobie. SCFA odgrywają niezwykle ważną rolę w utrzymywaniu prawidłowej struktury, integralności oraz funkcji jelita. Poprzez stymulację wzrostu flory saprofitycznej działają hamująco na rozwój innych patogenów, jak *Escherichia coli*, *Campylobacter* czy *Salmonella*, konkurujących o miejsce kolonizacji. Istotną funkcją SCFA w organizmie, potwierdzoną w wielu dotychczasowych badaniach klinicznych, jest przyspieszanie procesów gojenia oraz regeneracji nabłonka jelitowego.¹⁵

Znaczenie fizjologiczne węglowodanów nieprzyswajalnych

Pod względem fizjologicznym węglowodany nieprzyswajalne pełnią cztery ważne funkcje:¹⁶

- zmniejszają czas pasażu jelitowego i jednocześnie zwiększają objętość stolca,
- stymulują procesy fermentacyjne w jelicie grubym,
- redukują stężenie cholesterolu całkowitego oraz frakcji LDL w osoczu krwi,
- obniżają poposiłkowe stężenie glukozy w osoczu krwi i/lub obniżają stężenie insuliny.

Wyniki badań naukowych wskazują, że włókno pokarmowe ma działanie protekcyjne w odniesieniu do otyłości. Istnieje odwrotna zależność między spożyciem błonnika a występowaniem otyłości. Ta zależność wynika między innymi z faktu, że błonnik spowalnia tempo wzrostu stężenia glukozy, dzięki czemu przyrost stężenia insuliny w okresie poposiłkowym jest mniejszy. Tym samym występowanie błonnika w diecie ogranicza ryzyko hiperinsulinemii i powiązanej z nią insulinooporności.^{17,18} Poza tym błonnik wpływa na wydłużenie odczuwania sytości poprzez wydłużenie czasu przyjmowania pokarmu, wynikające z dłuższego żucia pokarmu oraz spowolnienia opróżniania żołądka.¹⁹

PROFIL ZAWARTOŚCI WĘGLOWODANÓW W WARZYWACH, OWOCACH I SOKACH

Zawartość wybranych węglowodanów, w tym cukrów prostych, w krajowych warzywach i owocach została szczegółowo opisana przez zespół Kunachowicz, Nadolna, Iwanow & Przygoda (2017)²⁰, gdzie odnajdujemy dane dotyczące ilości wody, błonnika, a także sacharozy, glukozy i fruktozy w 100 g warzyw/owoców. Poniżej zostaną zestawione dane o tych składnikach. W suplemencie do raportu przedstawiono dane ilościowe w zestawieniach tabelarycznych.

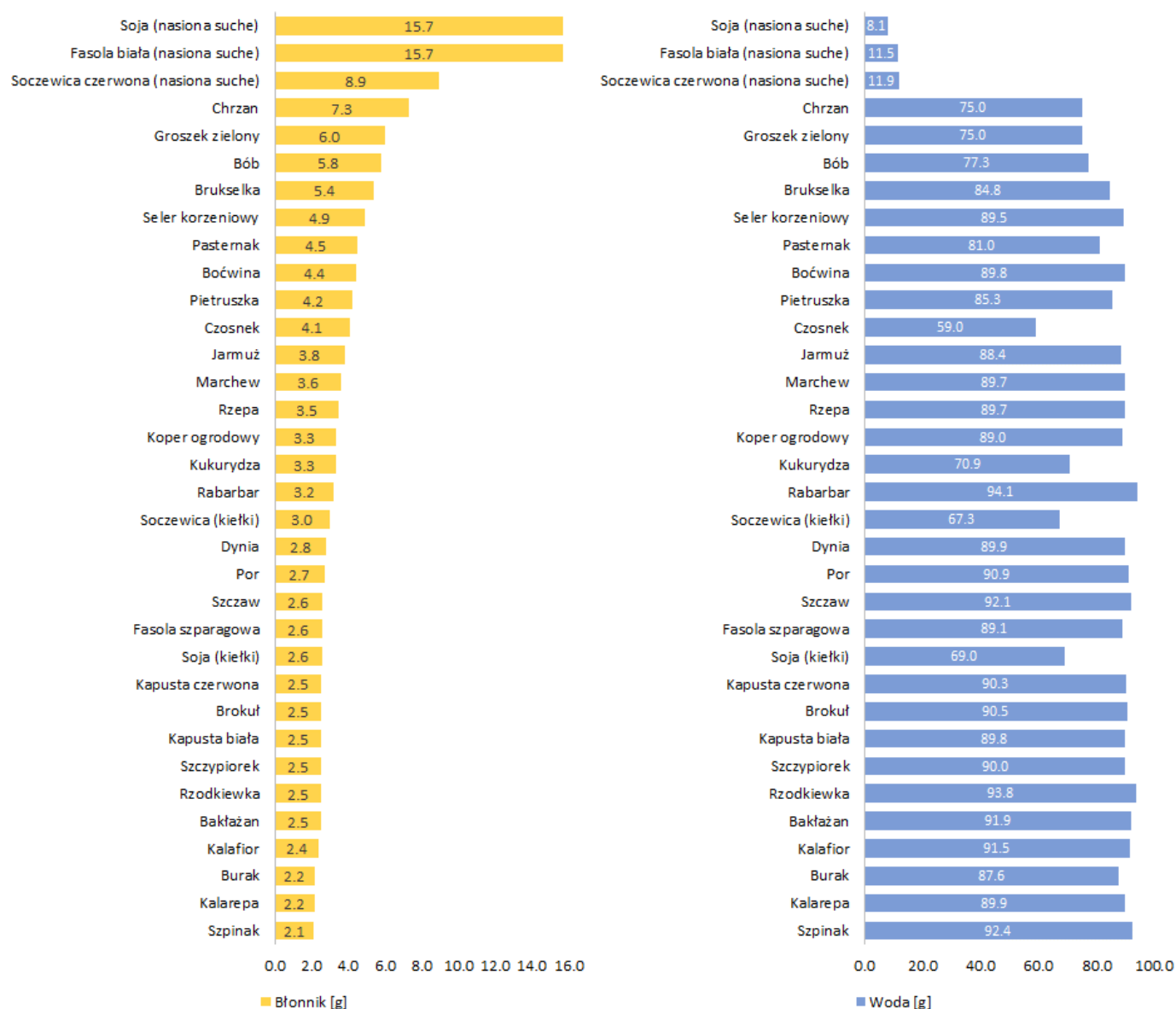
Profil węglowodanów w krajowych warzywach

W grupie dostępnych w Polsce warzyw profil zawartości węglowodanów, w tym: cukrów prostych (glukoza i fruktoza), dwucukrów (sacharoza) oraz polisacharydów (błonnik), można scharakteryzować następująco:

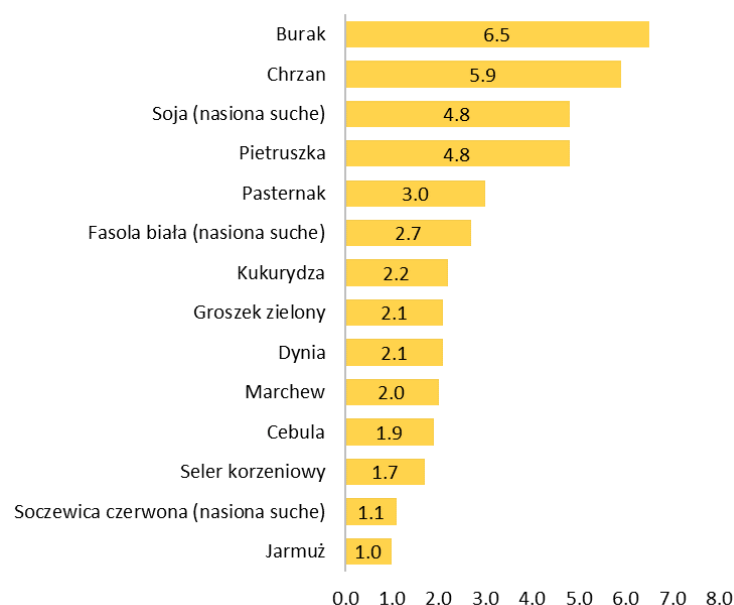
- warzywa o największej zawartości błonnika: suche nasiona fasoli białej (15,7%)* i suche nasiona soi (15,7%) (ryc. 1),
- warzywa o największej zawartości sacharozy: buraki (6,5%) i chrzan (5,9%) (ryc. 2),
- warzywa o największej zawartości glukozy i/lub fruktozy: papryka czerwona (2,1%/2,4%), kapusta czerwona i biała (2,1%/1,3% i 2,0%/1,7%) (ryc. 3),
- warzywa o największej kaloryczności: suche nasiona soi (413 kcal/100 g), nasiona suche soczewicy (341/100 g) i suche nasiona fasoli białej (315/100 g)(ryc. 4).

Na uwagę zasługuje fakt, że zawartość glukozy, fruktozy i sacharozy w dostępnych w Polsce odmianach warzyw jest relatywnie niska. Najwyższe zawartości glukozy lub fruktozy zanotowano w papryce i kapuście, ale ich udział nie przekracza granicy 2,5%. Także w przypadku zawartości sacharozy, której udział w burakach czy chrzanie jest najwyższy spośród warzyw, to nie przekracza ona progu 7%. Należy także zauważyć, że dostępne są na rodzinnym rynku warzywa o wysokiej zawartości błonnika, który w przypadku suchych nasion soi i fasoli białej stanowi powyżej 15%.

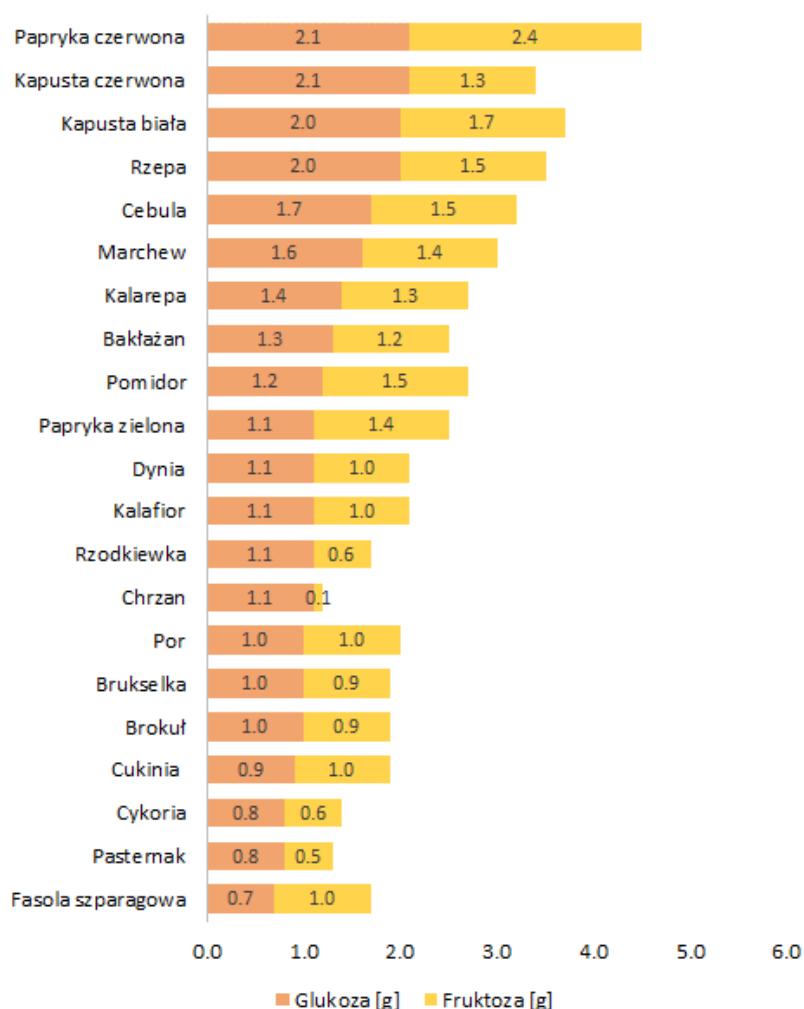
* Zawartość procentowa obliczona jako masa danego składnika węglowodanowego w gramach, która przypada na 100 g produktu



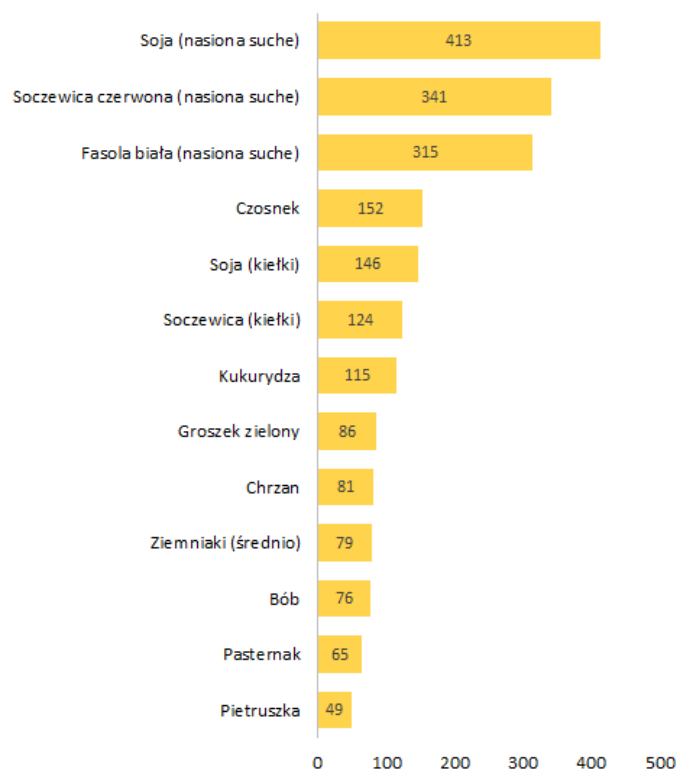
Rycina 1. Zawartość błonnika [w g] oraz wody w 100 g wybranych krajowych warzyw (wykres nie uwzględnia warzyw z zawartością błonnika <2 g) [dane na podstawie Kunachowicz i wsp. (2017)]²⁰



Rycina 2. Zawartość sacharozy [w g] w 100 g wybranych krajowych warzyw (wykres nie uwzględnia warzyw z zawartością <1 g) [dane na podstawie Kunachowicz i wsp. (2017)]²⁰



Rycina 3. Zawartość glukozy i fruktozy [w g] w 100 g wybranych krajowych warzyw (wykres nie uwzględnia warzyw z zawartością <1 g) [dane na podstawie Kunachowicz i wsp. (2017)]²⁰



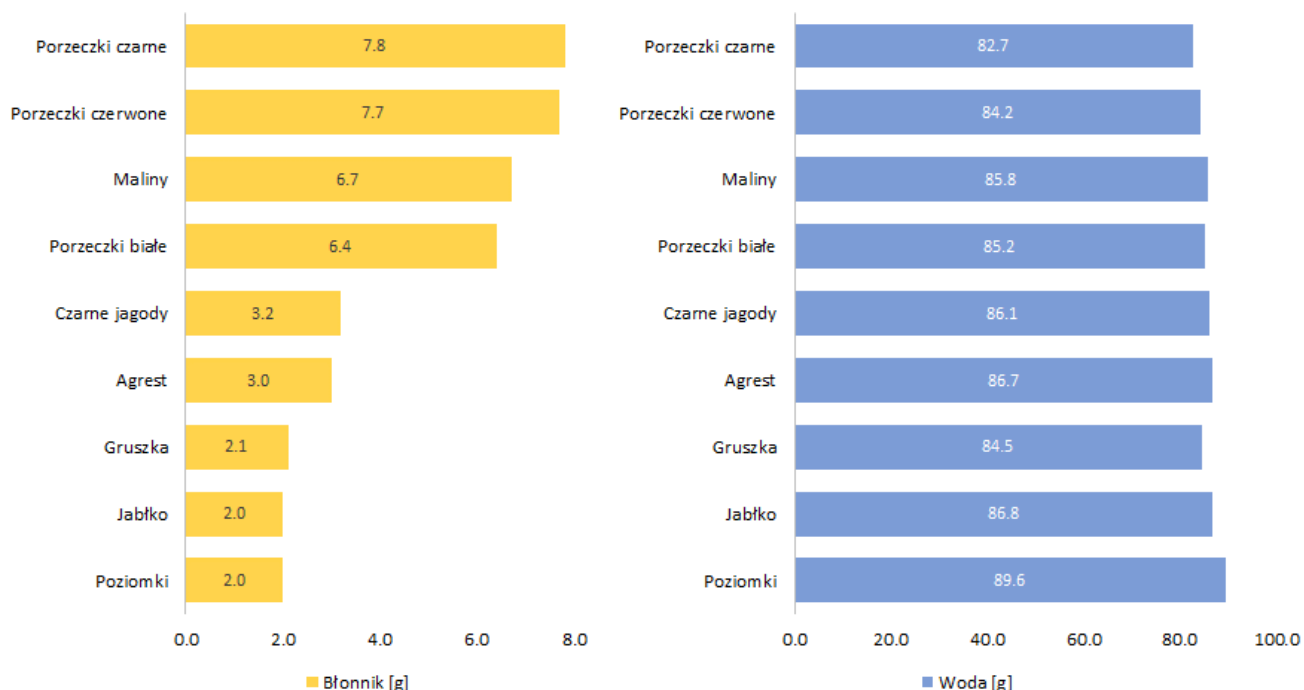
Rycina 4. Wartość energetyczna [kcal] w 100 g wybranych krajowych warzyw (wykres nie uwzględnia warzyw z wartością <50 kcal) [dane na podstawie Kunachowicz i wsp. (2017)]²⁰

Profil węglowodanów w krajowych owocach

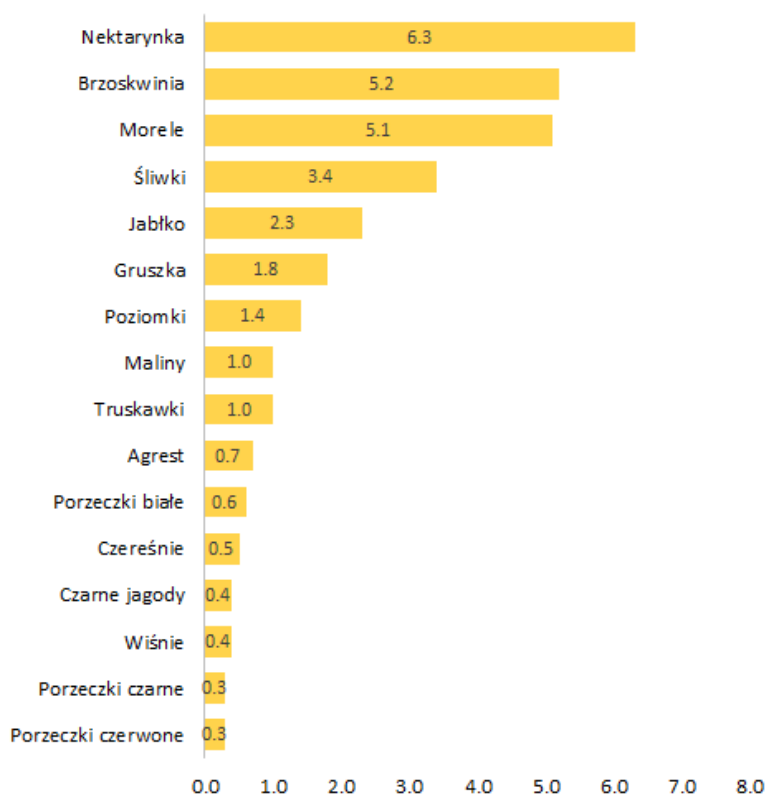
W grupie dostępnych w Polsce owoców profil zawartości węglowodanów, w tym: cukrów prostych (glukoza i fruktoza), dwucukrów (sacharoza) oraz polisacharydów (błonnik), można scharakteryzować następująco:

- owoce o największej zawartości błonnika: porzeczki czarne i czerwone (7,8% i 7,7%) i malina (6,7%) (ryc. 5),
- owoce o największej zawartości sacharozy: nektarynka (6,3%), brzoskwinia (5,2%) i morela (5,1%) (ryc. 6),
- owoce o największej zawartości glukozy: czereśnie i wiśnie (6,1% i 4,6%) (ryc. 7),
- owoce o największej zawartości fruktozy: gruszka (6,2%), czereśnie (5,4%), jabłko (5,4%) (ryc. 7),
- owoce o największej kaloryczności: czereśnie (63 kcal/100 g) (ryc. 8).

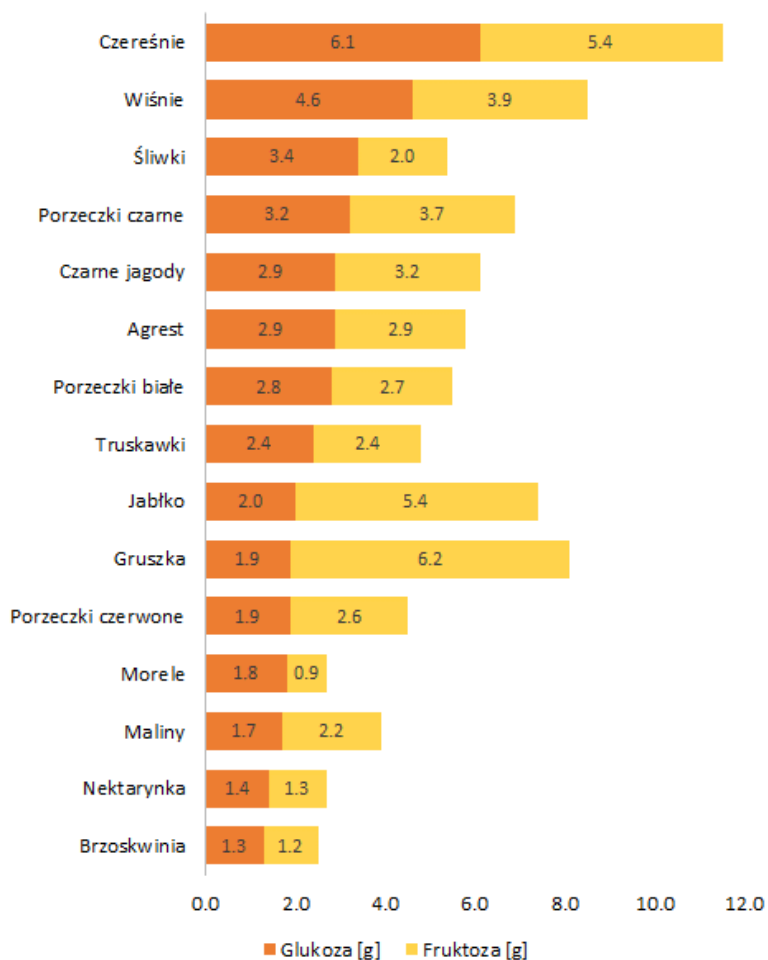
Na uwagę zasługuje fakt, że zawartość błonnika w dostępnych w Polsce odmianach owoców kształtuje się na poziomie <8%. Z kolei zawartość sacharozy mieści się w podobnych zakresach wartości jak w przypadku warzyw <6%. Notuje się natomiast wyższą zawartość cukrów prostych (glukozy i fruktozy) w porównaniu do warzyw, w szczególności w odniesieniu do zawartości fruktozy, która w warzywach występuje na niskim poziomie. Mimo podwyższonej zawartości cukrów prostych, gęstość energetyczna analizowanych owoców jest mniejsza niż 60 kcal/100 g (dla porównania średnia wartość energetyczna 100 g ziemniaków wynosi ~80 kcal).



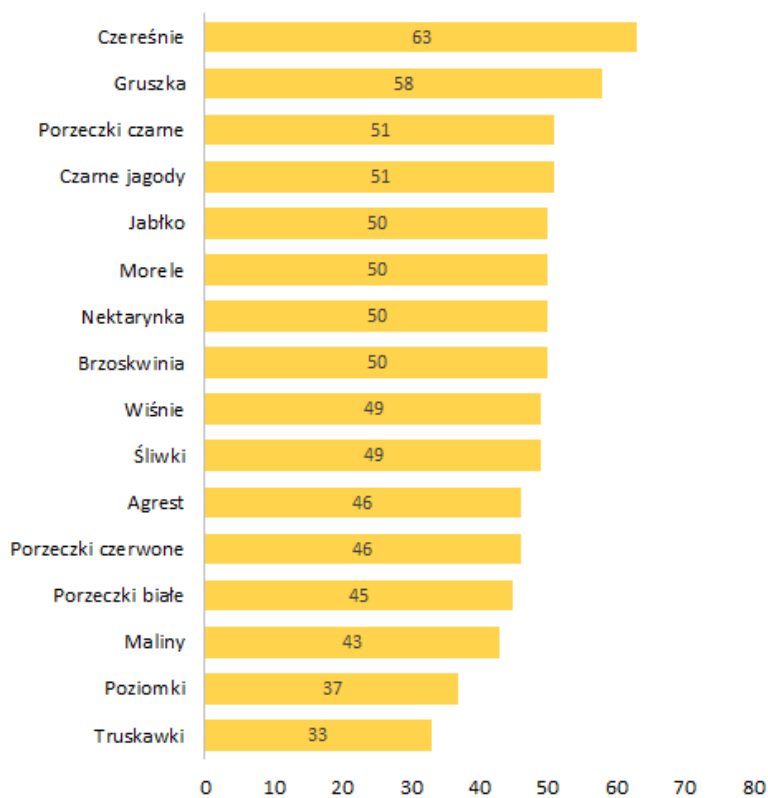
Rycina 5. Zawartość błonnika oraz wody w 100 g wybranych krajowych owoców (wykres nie uwzględnia owoców z zawartością błonnika <2 g) [dane na podstawie Kunachowicz i wsp. (2017)]²⁰



Rycina 6. Zawartość sacharozy [w g] w 100 g wybranych krajowych owoców [dane na podstawie Kunachowicz i wsp. (2017)]²⁰



Rycina 7. Zawartość glukozy i fruktozy w 100 g wybranych krajowych owoców [dane na podstawie Kunachowicz i wsp. (2017)]²⁰

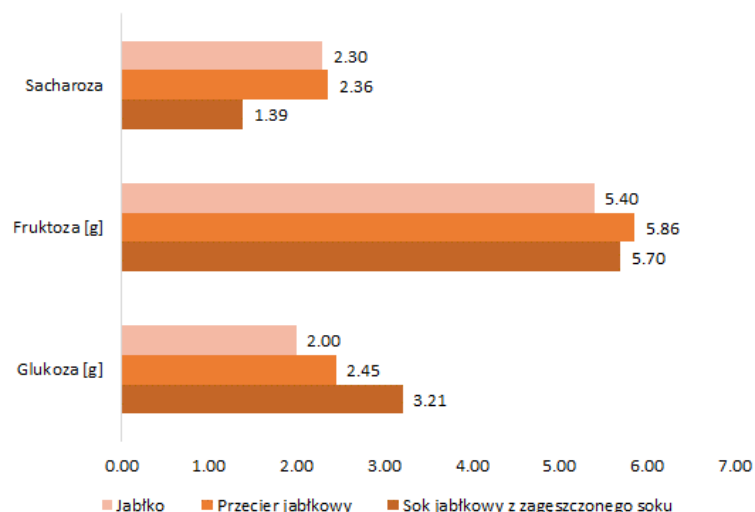


Rycina 8. Wartość energetyczna [kcal] w 100 g wybranych krajowych owoców [dane na podstawie Kunachowicz i wsp. (2017)]²⁰

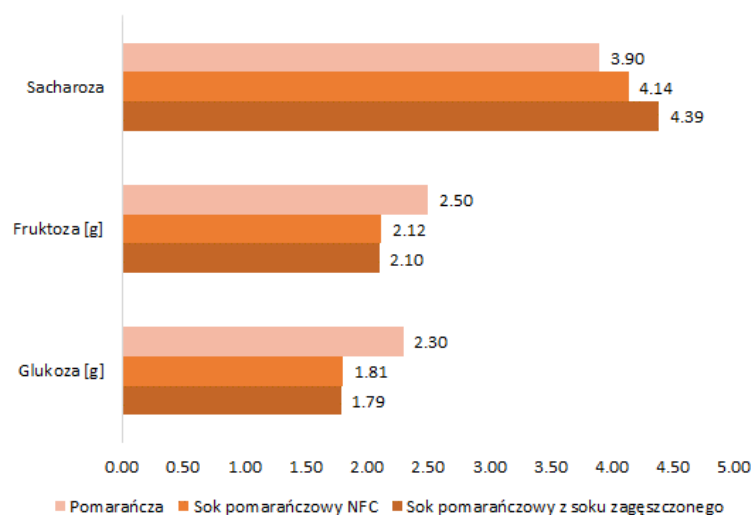
Profil węglowodanów w sokach z krajowych owoców i warzyw

W grupie soków owocowych i warzywnych określenie w sposób kompleksowy profilu zawartości węglowodanów w tym: cukrów prostych (glukoza i fruktoza), dwucukrów (sacharoza) oraz polisacharydów (błonnik) nie jest tak proste do opracowania. Przygotowane przez Kunachowicz i wsp. (2017)²⁰ tabele zawartości tych cukrów zostały przygotowane w okresie kiedy dopuszczalne było dodawanie do soków cukru (doświadczenie). Obecnie więc były w handlu soki zawierające obok naturalnie występujących cukrów, które są zawarte w warzywach i owocach, także dodatkowe ich ilości dodane w procesie produkcji (mogło to stanowić nawet około 40-50% dodatkowej ilości cukru względem cukrów naturalnych). Aktualnie wszystkie soki owocowe, pomidorowe i 100% warzywne komponuje się na bazie naturalnych przecierów i soków mieszając je w różnych proporcjach. Jednakże, z wyjątkiem zawartości błonnika, rodzaje cukrów oraz woda występują w sokach w tych samych ilościach, co w owocach i warzywach z których są wytwarzane. Nie wolno dodawać do soków wody ani żadnych cukrów. Dotyczy to zarówno soków owocowych, pomidorowych oraz soków warzywnych 100 %, soków odtworzonych z soku zagęszczonego, soków NFC, soków jednodniowych i świeżo wyciskanych. Wyjątek stanowią niektóre soki warzywne, do których można dodać cukier w celu poprawienia walorów smakowych, ale pod warunkiem podania tej informacji w tabeli *Składników* produktu. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku soków odtworzonych z soku zagęszczonego w procesie ich produkcji dodaje się do soku zagęszczonego maksymalnie tyle wody ile wcześniej z nich odparowano. W związku z powyższym można oszacować profile węglowodanowe (ryc. 9-11), zawartość wody (ryc. 12) i energetyczność (ryc. 13) tych soków w odniesieniu do danych dotyczących owoców i warzyw. Korzystając z danych *FoodData Central*²¹ oszacowana zawartość cukrów oraz wody w porównaniu do danych dla tych składników podanych dla owoców i warzyw wg. Kunachowicz i wsp. (2017)²⁰. Należy zaznaczyć również, że zawartość błonnika zależy od tego czy będzie on odnosił się do soku przecierowego, soku naturalnie mętnego czy też soku klarownego. Najwięcej błonnika zawierają soki przecierowe. Są to ilości zbliżone do zawartości błonnika w owocach czy warzywach, z których są przygotowywane.

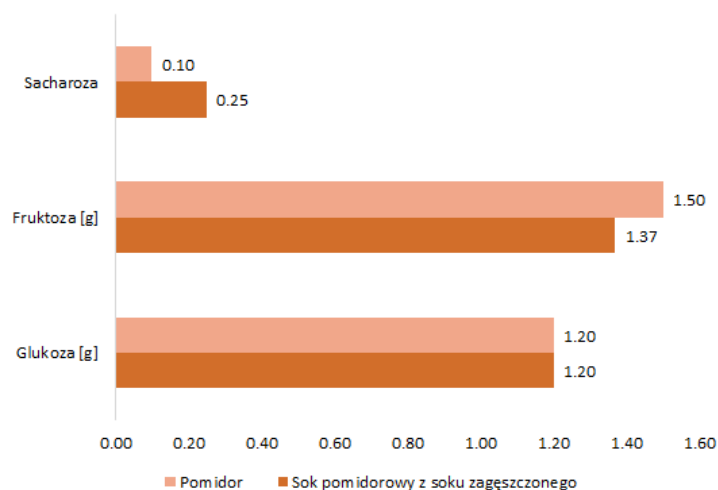
Dodatkowo należy podkreślić, że zawartość węglowodanów w owocach i warzywach oraz otrzymanych z nich soków jest zmienna, ponieważ zależy od odmiany, regionu, pogody, nasłonecznienia, ilości opadów, sezonu, stopnia dojrzałości i wielu innych czynników, na które narażone są w naturalnym środowisku owoce i warzywa. Dlatego też dostępne dane literaturowe różnią się w pewnym stopniu między sobą z uwagi na powyżej wymienione uwarunkowania.



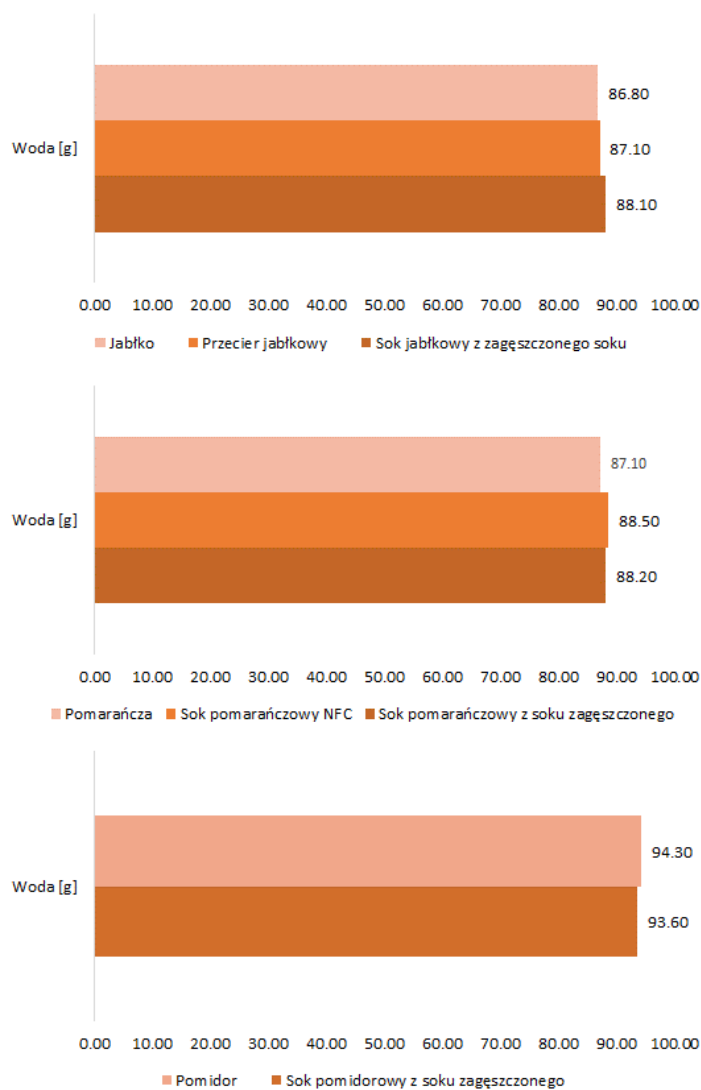
Rycina 9. Profil zawartości cukrów [w g] obecnych w 100 g jabłek [dane wg. Kunachowicz i wsp. (2017)²⁰] oraz w 100 g jego przetworów [dane wg. FoodData Central²¹]



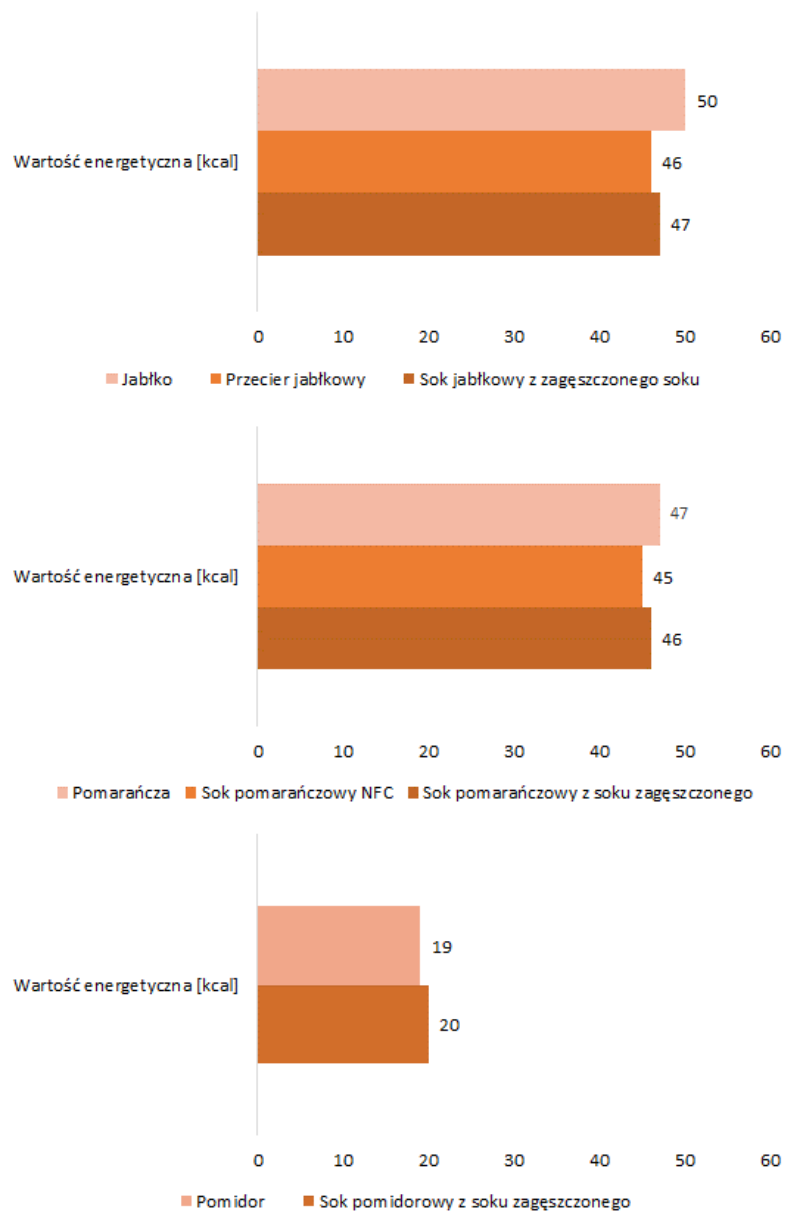
Rycina 10. Profil zawartości cukrów [w g] obecnych w 100 g pomarańczy [dane wg. Kunachowicz i wsp. (2017)²⁰] oraz w 100 g jego przetworów [dane wg. FoodData Central²¹]



Rycina 11. Profil zawartości cukrów [w g] obecnych w 100 g pomidorów [dane wg. Kunachowicz i wsp. (2017)²⁰] oraz w 100 g jego przetworów [dane wg. *FoodData Central*²¹]



Rycina 12. Zawartość wody [w g] obecnych w 100 g owoców [dane wg. Kunachowicz i wsp. (2017)²⁰] oraz w 100 g ich przetworów [dane wg. *FoodData Central*²¹]



Rycina 13. Wartość energetyczna [w kcal] 100 g owoców [dane wg. Kunachowicz i wsp. (2017)²⁰] oraz 100 g ich przetworów [dane wg. FoodData Central²¹]

ODDZIAŁYWANIE CUKRÓW Z WARZYW I OWOCÓW NA ORGANIZM

Dostarczanie organizmowi węglowodanów (w tym cukrów prostych, di- i oligosacharydów oraz polisacharydów) zawartych w owocach, warzywach oraz 100% sokach, a więc będących częścią tzw. matrycy zbudowanej z tkanek roślinnych, nie jest fizjologicznie tym samym, co ich dostarczanie w produktach, jak napoje i żywność, gdzie cukry (głównie sacharoza) są dodawane w trakcie produkcji. Dostępne dane naukowe wskazują, że spożycie węglowodanów pochodzących z owoców lub warzyw oraz 100% soków ma korzystne walory zdrowotne,²²⁻²⁴ w przeciwieństwie do takich źródeł cukrów w diecie, jak słodzone napoje czy słodczyce.²⁵

Najobficiej występującymi cukrami w roślinach (jak omówiono wcześniej) są monosacharydy, czyli cukry proste – glukoza i fruktoza oraz disacharydy maltoza i sacharoza.²⁶ Galaktoza (monosacharyd), a zwłaszcza laktoza ("cukier mleczny", disacharyd zawierający galaktozę i glukozę) są częściej kojarzone z żywnością pochodzenia zwierzęcego – ze względu na ich obecność w mleku. Jednak wolna oraz oligomeryczna i polimerowa galaktoza występuje często w tkankach roślinnych.²⁷ Właściwości cukrów prostych (fruktozy, galaktozy, glukozy, maltozy i sacharozy) omówiono w innym miejscu niniejszego raportu (patrz str. 4).

Cukry proste i disacharydy w diecie

W związku ze spożywaniem pokarmów zawierających węglowodany, jak cukry proste i disacharydy, można napotkać trzy interesujące kwestie, wymagające wyjaśnienia:

1. **Czy węglowodany tego rodzaju są niezbędne w diecie?** Odpowiedź na to pytanie jest taka, że są one pożądane i ważne jako część zróżnicowanej i zbilansowanej diety.
2. **Czy w odniesieniu do zbilansowanej diety chodzi po prostu o kontrolowanie ilości spożywanych cukrów, a nie o fakt, co jest ich źródłem?** Odpowiedź jest taka, że zbilansowana dieta, to między innymi zachowanie równowagi między popytem a podażą energii. Jednakże kwestia ta obejmuje nie tylko węglowodany, ale także tłuszcze i białka. Ponadto, zróżnicowana i zbilansowana dieta powinna zapewnić dostarczanie wraz z pożywieniem odpowiedniej ilości mikro- i makroskładników. A zatem nie tylko ilość spożywanych cukrów jest istotna, ale również to jakie inne ważne dla zdrowia składniki są dostarczane wraz z nimi w pożywieniu. Nie można więc uznać, że spożycie owoców z określoną ilością cukrów prostych (glukoza, fruktoza) jest tym samym, co spożycie słodzonych napojów czy słodczych zawierających ten sam ekwiwalent cukrów.

3. **Czy problemem jest to, że cukier (jak np. pozyskiwana z roślin sacharoza lub syrop glukozowo-fruktozowy) jest wykorzystywany jako oczyszczony składnik dodawany do napojów i wyrobów cukierniczych i w tej postaci dominuje w diecie, czy też to, że cukry są w ogóle spożywane, np. w postaci owoców czy warzyw?** Odpowiedź na to pytanie nie jest tak oczywista, ponieważ o ile nadmiar spożywanych cukrów (niezależnie od ich źródła) nie jest korzystny dla zdrowia ponieważ prowadzi m.in. do otyłości czy rozwoju cukrzycy, to ich spożycie ze źródeł takich jak owoce i warzywa ma istotne walory prozdrowotne. Biorąc to pod uwagę, należy stwierdzić, że skupienie się na całkowitym bilansie energetycznym jest istotą prawidłowej diety, a więc obecność cukrów w odpowiedniej ilości jest niezbędne i pożądane.²⁸ Ważnym elementem w tym kontekście jest także to, w jaki sposób spożywane cukry zawarte w warzywach i owocach oddziałują na organizm człowieka, a wiadomo że oddziałują w sposób odmienny niż cukry pochodzące ze słodczy czy gazowanych i niegazowanych napojów słodzonych.

**Korzyści związane ze spożywaniem
warzyw i owoców jako źródła
węglowodanów**

Korzyści związane ze spożywaniem warzyw i owoców jako źródła węglowodanów w diecie, można przedstawić w następujących aspektach:

- Zawartość cukrów prostych i disacharydów w owocach wynosi około 10%, gdzie obecność wody i innych składników w strukturach tkankowych w efekcie powodują rozcieńczenie i zmniejszają ilość/objętość, która może być spożyta w ramach porcji. Stwarza to swoisty "hamulec" dla nadmiernego spożycia (cukrów) ze względu na uczucie sytości, które zapewnia spożywanie całych owoców / warzyw.
- Dieta zróżnicowana obejmująca naturalną i niskoprzetworzoną żywność jest bardzo ważna. Wytwarzanie żywności w procesie technologicznym czasami prowadzi do usuwania ważnych składników odżywczych, a czasami przyczynia się do koncentracji, jak np. przy wytwarzaniu sacharozy z buraków i trzciny cukrowej, co odbywa się kosztem innych składników odżywczych. Pozyskany w ten sposób czysty cukier (sacharoza), mimo że ma pochodzenie roślinne, nie zawiera ważnych składników, które są obecne w warzywach, owocach, czy sokach owocowych, pomidorowych i warzywnych 100%.
- Cukry w roztworze wodnym są bardzo łatwo wchłaniane z ludzkiego jelita cienkiego. Dlatego też napoje słodzone dostarczają organizmowi dużych ilości łatwo przyswajalnych cukrów prostych. Ma to swoje konsekwencje m.in. w nagłym wzroście glikemii po spożyciu oraz zwiększonym obciążeniu komórek beta trzustki w związku z dużym zapotrzebowaniem na insulinę. W szczególności proces ten jest gwałtowny, jeśli nie towarzyszy cukrom prostym np. błonnik lub inne składniki bioaktywne, jak polifenole, które spowalniają proces wchłaniania. Cukry złożone, jak polisacharydy, jeśli nawet ulegają procesowi trawienia (depolimeryzacji) do cukrów prostych, wymagają znacznie dłuższego czasu, aby cukry te zostały uwolnione w procesie enzymatycznego rozkładu. Dodatkowo powstające w procesie trawienia cząsteczki cukrów prostych będą wchłaniane wolniej, co ma przełożenie na mniejszy wzrost glikemii po spożyciu. Kinetyka wchłaniania nie jest w tym przypadku tak dynamiczna, a szczyt glikemii nie tak ostry.

- Złożone i odporne formy skrobi, która jest polimerem glukozy – są powoli (jeśli w ogóle) trawione przez człowieka, szczególnie jeśli pochodzą z żywności, która nie była poddana obróbce cieplnej, co ma miejsce przy spożyciu np. surowych warzyw.²⁹ Oczekuje się, że maceracja i gotowanie przyspieszają proces trawienia skrobi i uwolnienia z tego naturalnego polimeru cząsteczek glukozy, co przyspiesza wchłanianie i wzrost glikemii.³⁰ Co ciekawe, założenie to jest prawdziwe w przypadku gotowanych ziemniaków (zawartość skrobi około 17%), ale nie w przypadku gotowanej marchwi (zawartość skrobi około 0,3%).³¹
- Spożycie składników odżywczych powinno być w harmonii z wykorzystaniem składników odżywczych przez organizm. Dla porównania, czy puszka słodzonego napoju (nie mylić z sokiem) zawierająca 11% sacharozy, zapewnia taką samą równowagę składników odżywczych, jak na przykład spożycie jabłka czy gruszki? Owoc zapewnia wolniejszy proces konsumpcji (konieczność żucia), szerszy zakres składników odżywczych, dłuższe uczucie sytości, ograniczony dynamiką procesów trawienia i pasażu jelitowego dostęp do glukozy oraz składników odżywczych. Cukier w słodzonego napoju jest szybko wchłaniany i w izolacji od innych składników odżywczych. Łatwiej jest także dostarczać cukier w nadmiarze, na przykład w słodzonego napoju, niż w wyniku spożycia owoców lub warzyw. W tym miejscu warto też wspomnieć, że Murphy i wsp. (2017)³² wskazali, że sok owocowy ma neutralny wpływ na kontrolę glikemii i nie wiąże się ze zwiększonym ryzykiem cukrzycy.
- Ludzkie jelito ma czasami trudności z radzeniem sobie ze zbyt dużym spożyciem w krótkim czasie cukrów prostych w postaci roztworów, co może prowadzić do biegunki osmotycznej.³³ Dlatego też bardziej naturalne jest spożywanie cukrów „uwięzionych” w matrycy roślinnej, w której są one zlokalizowane w strukturach komórkowych i macierzy, jak w owocach lub warzywach.
- Suszone owoce zawierają zazwyczaj od 40% do 80% cukru.³⁴ Istnieje wiele niewiadomych dotyczących procesu trawienia suszonych owoców, chociaż są one, nawet przy wysokiej zawartości cukru, uważane za zdrowe – nie tylko ze względu na ich szeroki profil składników odżywczych. Są one na przykład bogate w przeciwutleniacze/polifenole.³⁵
- Suszone owoce mogą obniżać indeks glikemiczny białego chleba.^{36,37} Wynika to częściowo z faktu, że indeks glikemiczny sacharozy w suszonych owocach jest niższy niż indeks glikemiczny glukozy wytworzonej w wyniku hydrolizy amorficznej skrobi w białym chlebie. Składniki niezawierające cukru w suszonych owocach służą również do rozcieńczenia skrobi, a tym samym do zmniejszenia ogólnego indeksu glikemicznego. Podobne wyniki dla ryżu i suszonych owoców zostały zgłoszone przez Zhu i wsp. (2018).³⁸ Szersze wnioski dotyczące roli suszonych owoców w diecie zostały sformułowane przez Hernández-Alonso i wsp. (2017),³⁴ którzy w swoim przeglądzie omówili, w jaki sposób skład orzechów i suszonych owoców czyni je użytecznymi w przeciwdziałaniu chorobom metabolicznym, takim jak cukrzyca typu 2.
- Sadler i wsp. (2019)³⁵ wskazali na wiele korzyści zdrowotnych związanych ze spożywaniem suszonych owoców: składniki odżywcze w suszonych owocach są równoważne świeżym owocom, chociaż są

bardziej skoncentrowane; brak dowodów na to, że spożycie suszonych owoców sprzyja próchnicy zębów; suszone owoce mogą zapewnić kontrolę apetytu; suszone owoce są bogate w błonnik pokarmowy i polifenole – niektóre z nich są bogate w sorbitol, który ma właściwości przeczyszczające i zwiększa masę stolca.

- Procesy związane z produkcją soków, jak pasteryzacja mogą mieć również istotne znaczenie dla biodostępności niektórych składników bioaktywnych. Na przykład Aschoff i wsp. (2015)³⁹ analizowali biodostępność β -kryptoksantyny (prowitaminy A) zawartej w świeżo wyciskanym soku z pomarańczy oraz soku pasteryzowanym. Zauważyli, że pasteryzacja przyczyniła się do wzrostu biodostępności. Ponadto, oba rodzaje soków charakteryzowały się znacznie większą biodostępnością sumy karotenoidów w porównaniu do świeżych owoców pomarańczy. Podobne obserwacje dotyczą wzrostu biodostępności β -karotenu z pasteryzowanego termicznie soku marchwiowego⁴⁰ oraz biodostępności likopenu z pasteryzowanego soku pomidorowego.⁴¹

Dostarczanie węglowodanów, a przede wszystkim cukrów prostych jest bardziej korzystne dla zdrowia, jeśli ich źródłem są owoce i warzywa i soki 100%, a nie wyekstrahowany cukier np. z buraków (jak sacharoza).²⁵ Składniki te, jako część naturalnej matrycy tkanki roślinnej, są spożywane w mniejszych ilościach (ograniczenie wielkości spożycia), a równocześnie zapewniają dostęp do szerokiej gamy innych ważnych składników odżywczych zawartych w warzywach i owocach. Kwestie związane z szybkością wchłaniania są znacznie trudniejsze do zdefiniowania, chociaż istnieją przesłanki naukowe, które wskazują na korzyści spożywania warzyw i owoców także w tym zakresie.



WARZYWA I OWOCE ORAZ SOKI A CUKRZYCA TYPU 2

Wpływ spożycia węglowodanów na występowanie cukrzycy typu 2 zależy od rodzaju spożywanych węglowodanów. Jeśli fruktoza jest spożywana w małych ilościach, to jest powoli wchłaniana i przekształcana w jelitach w glukozę i mleczan, co zapobiega gwałtownemu wzrostowi glikemii.⁴² Jednak spożywana w dużych ilościach dociera do mikroflory kolonizującej okrężnicę i jest dostarczana do wątroby, gdzie promuje lipogenezę *de novo* i stłuszczenie wątroby (patrz str. 5).⁴³ Jednakże, w porównaniu do badań na zwierzętach,⁴⁴ badania na ludziach dostarczyły niewiele bezpośrednich dowodów na związek między spożywaniem cukrów (jak fruktoza i sacharoza) a wystąpieniem cukrzycy typu 2.⁴⁵ Wiadomo jednak, że napoje zawierające syrop kukurydziany o wysokiej zawartości fruktozy mogą stwarzać ryzyko rozwoju zespołu metabolicznego i niealkoholowego stłuszczenia wątroby.⁴⁶ Z kolei meta-analiza wykazała, że wysokie spożycie błonnika zmniejsza ryzyko rozwoju cukrzycy typu 2 o 20–30%.⁴⁷ Dlatego rodzaj i ilość spożywanych węglowodanów może modyfikować ryzyko rozwoju cukrzycy typu 2.

Bondonno i wsp. (2021)⁴⁸ ocenili związek między spożyciem owoców i soków owocowych a ryzykiem cukrzycy typu 2 w badaniu Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). Uczestnicy zostali podzieleni na cztery grupy zgodnie z ich medianą całkowitego spożycia owoców na początku badania i stwierdzono, że jest to odwrotnie skorelowane z wydzielaniem insuliny i dodatnio skorelowane z wrażliwością na insulinę. Ponadto poposiłkowe stężenie glukozy we krwi było znacznie niższe, a wrażliwość na insulinę znacznie wyższa w grupie o największym spożyciu niż w grupie o najniższym spożyciu. Autorzy zbadali również związek między wysokim spożyciem owoców a profilaktyką cukrzycy typu 2. Całkowite spożycie owoców wykazało nieliniowy, odwrotny związek z początkiem objawów cukrzycy typu 2. W szczególności grupa spożywająca umiarkowane ilości owoców (230 g dziennie) wykazała o 36% niższą częstość występowania cukrzycy typu 2 po 5 latach obserwacji niż grupa spożywająca najniższe ilości. Częstość występowania cukrzycy typu 2 była mniejsza u osób, które spożywały umiarkowane do dużych ilości owoców. W szczególności spożycie jabłek było odwrotnie skorelowane z poziomem insuliny w surowicy, aktywnością komórek beta trzustki i wrażliwością tkanek na insulinę.⁴⁸

W odpowiedzi na wyniki badania AusDiab można postawić hipotezę, że błonnik pokarmowy zmniejsza ładunek glikemiczny i jest związany z korzystną mikroflorą jelitową, która sprzyja sytości poprzez większą produkcję krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych i wydzielanie GLP-1.⁴⁹ Wiadomo, że flawonoidy poprawiają wrażliwość tkanek na insulinę, powodując proliferację komórek beta i zmniejszając stan zapalny mięśni. Co więcej, niewielkie ilości fruktozy nie zwiększają poziomu glukozy w osoczu, pomimo jej dużej słodkości. Fruktoza indukuje również wydzielanie dwóch hormonów wpływających na apetyt: GLP-1 w jelicie i czynnik wzrostu

fibroblastów (FGF)-21 w wątrobie. GLP-1 wywołuje uczucie sytości poprzez wpływ na obszary mózgu zaangażowane w regulację karmienia. Zarówno fruktoza, jak i sacharoza stymulują wydzielanie białka FGF21, co zmniejsza spożycie cukrów prostych, a ponieważ owoce są bogate we fruktozę, jej spożycie może być związane z indukowanym fruktozą wydzielaniem GLP-1 i FGF-21. Wreszcie wiadomo, że żucie pokarmu tłumi apetyt,⁵⁰ a biorąc pod uwagę, że spożywanie soków owocowych nie wiąże się z rozwojem cukrzycy typu 2, żucie całych owoców może dodatkowo chronić przed cukrzycą typu 2. Zatem spożycie owoców może zmniejszyć ryzyko cukrzycy typu 2 na kilka sposobów.⁴⁹

Konieczne są dalsze badania, aby zrozumieć, dlaczego 100% soki owocowe nie wpływają negatywnie na ryzyko cukrzycy typu 2 oraz ocenić, czy spożywanie owoców jest przydatne w utrzymaniu dobrej kontroli glikemii u pacjentów z cukrzycą typu 2.

Polifenole a glikemia Zaobserwowano, że związki z grupy polifenoli zawarte w warzywach i owocach oraz sokach mają duży potencjał zmniejszania ryzyka cukrzycy oraz jej leczenia, ponieważ wykazują kilka korzystnych efektów fizjologicznych związanych z gospodarką węglowodanową i kontrolą glikemii. Ich mechanizm działania obejmuje m.in. redukcję stresu oksydacyjnego, hamowanie DPP-IV (dipeptydylopeptydaza 4) i enzymów odpowiedzialnych za metabolizm węglowodanów oraz zmniejszenie insulinooporności.

Stwierdzono, że flawonoidy (w tym podklasy flawonów, flawonoli, flawanonów, flawanoli, antocyjanidyn, izoflawonów) podtrzymują przeżycie i funkcję komórek β trzustki poprzez mechanizmy molekularne, które obejmują redukcję stresu oksydacyjnego, zwiększanie ekspresji genów antyapoptotycznych (np. białka Bcl-2) oraz zmniejszanie ekspresji genów proapoptotycznych (np. kaspaza-3 i kaspazy-8) i uszkodzenia DNA, chroniąc je przed autofagią, apoptozą, nekrozą i uszkodzeniem komórek w warunkach hiperglikemii.⁵¹ Dowody naukowe sugerują także, że metabolity fenolowe i kwasy fenolowe mogą zmniejszać stres oksydacyjny, stany zapalne i glikację białek, hamować kluczowe enzymy związane z metabolizmem węglowodanów, zwiększać ekspresję transportera glukozy 4 (GLUT-4) i wychwyt glukozy. Wszystkie te efekty wraz z aktywacją szlaków odpowiedzialnych za sygnalizację i wydzielanie insuliny, poprawiają w ten sposób kontrolę glikemii.^{52,53}

Ostatnio stwierdzono, że niektóre związki fenolowe mogą hamować aktywność enzymów trawiennych, zmniejszać hydrolizę węglowodanów oraz tłuszczów.⁵⁴ Możliwe mechanizmy, dzięki którym antocyjany hamują aktywność enzymów trawiennych, obejmują konkurencyjne interakcje między tymi związkami a substratami enzymatycznymi, a nawet poprzez interakcje z miejscem aktywnym enzymów, w konsekwencji zmniejszając ich aktywność katalityczną.⁵⁵

Inkretyny są niezbędne w homeostazie glikemii, ponieważ biorą udział w transkrypcji, biosyntezie i wydzielaniu insuliny, obniżają stężenie glukozy poprzez zaangażowanie receptorów sprzężonych z białkiem G, działają jako regulatory uwalniania glukagonu, zmniejszają apetyt i przyjmowanie pokarmu, a także opóźniają opróżnianie żołądka i działanie na metabolizm tłuszczów. W tym sensie zastosowanie środków, które mogą hamować DPP-IV, można uznać za obiecujące podejście do kontroli glikemii oraz przebiegu cukrzycy. W tym kontekście Fan i wsp. (2013)⁵⁶ stwierdzili, że polifenole

powszechnie obecne w owocach i warzywach mają dobre działanie hamujące DPP-IV, a są to resweratrol, luteolina, apigenina oraz flawon.

Zalecenia związane ze spożywaniem owoców i warzyw ze względu na obecność związków bioaktywnych, takich jak polifenole, mają związek między innymi z ich zdolnością do inaktywowania reaktywnych form tlenu. Pomaga to w utrzymaniu równowagi oksydacyjno-redukcyjnej, zwiększa odporność komórek na stres oksydacyjny, co z kolei może pomagać w zapobieganiu rozwojowi cukrzycy i jej powikłaniom.⁵⁷ Spożywanie codziennej wymaganej porcji warzyw i owoców pozwala więc zaspokoić potrzeby organizmu w zakresie jego odporności na stres oksydacyjny oraz zmniejszenie reakcji zapalnych.

Podsumowując można stwierdzić, że bioaktywne związki zawarte w warzywach, owocach i sokach mają liczne pozytywne skutki zdrowotne, także w odniesieniu do regulacji gospodarki węglowodanowej i kontroli glikemii. Można więc postawić tezę, że mimo relatywnie dużej dawki cukrów prostych, w szczególności w owocach i 100% sokach owocowych, to korzyści zdrowotne związane z ich spożyciem znacząco przewyższają to, co może się wiązać z nadmiarem tych cukrów w diecie. Redukcji cukrów w diecie należy więc szukać w ograniczeniu spożycia innych pokarmów, w szczególności słodczy i sztucznych napojów gazowanych. Teza ta wydaje się być także trafna w przypadku diety osób z cukrzycą, ale też osób zdrowych.

Całe owoce a 100% soki owocowe

Całe owoce i 100% soki owocowe są bogatym źródłem bioaktywnych polifenoli, a ich spożycie wiąże się ze zmniejszonym ryzykiem niektórych chorób przewlekłych i zwyrodnieniowych.^{58,59} Niedawno powiązano je również z korzystnymi skutkami zdrowotnymi, w tym z możliwością poprawy funkcji poznawczych/pamięci.⁶⁰ W porównaniu z kawą, herbatą i kakao dotychczas znacznie mniej badań koncentrowało się na polifenolach pochodzących z całych owoców i 100% soku owocowego.

Częściowo ze względu na zawartość błonnika, istnieje tendencja do faworyzowania spożywania całych owoców zamiast 100% soku owocowego. Jednak różnice między tymi dwoma źródłami polifenoli mogą nie być tak duże, jak początkowo się wydawało. Całe owoce zawierają więcej błonnika, ale rola 100% soku owocowego w zapobieganiu chorobom była w niedostatecznym stopniu rozpoznana, pomimo że jego spożycie mieści się w zaleceniach dietetycznych dotyczących codziennej porcji owoców i stanowi bardzo dobre źródło biologicznie aktywnych polifenoli. Pomimo porównywalnych profili składników odżywczych i fitochemicznych, nadal istnieją mieszane opinie na temat korzyści płynących ze spożycia 100% soku owocowego. Dowody wskazują, że 100% sok owocowy może z powodzeniem być częścią zbilansowanej i zróżnicowanej diety.⁶¹ W przeglądzie 48 badań dotyczących chorób układu krążenia i nowotworów, Ruxton i wsp. (2006)⁶² doszli do wniosku, że 100% soki owocowe nie są „gorsze pod względem odżywczym” od całych owoców pod względem zmniejszenia ryzyka tych chorób. Wykazano, że spożywanie 100% soku owocowego pomaga osiągnąć dzienne zalecenia dotyczące spożycia owoców, jednocześnie zmniejszając koszty w porównaniu ze spożyciem całych owoców.⁶³ Z ekonomicznego punktu widzenia 100% soki owocowe zapewniają osiągnięcie zalecanego spożycia owoców określonych w wytycznych żywieniowych, ponieważ cały owoc ma większy wpływ na koszty diety niż inne produkty otrzymywane z owoców.⁶⁴

Z punktu widzenia składu, główną różnicą między całymi owocami a 100% sokiem owocowym jest błonnik, ponieważ jest on częściowo tracony podczas otrzymywania soku. Wyjątkiem są tutaj soki przecierowe. Błonnik jest korzystnym składnikiem diety, ale dowody sugerują, że korzyści zdrowotne związane ze spożywaniem owoców nie zależą od obecności błonnika, którego nie ma (lub jest w mniejszej ilości) w 100% sokach owocowych.⁶² Należy także zwrócić uwagę, na często pomijany fakt, że matryca tkanek składających się na cały owoc może ograniczać biodostępność ważnych dla zdrowia polifenoli, prawdopodobnie z powodu ich „uwięzienia” w błonniku lub wewnątrz nienaruszonych komórek, a także konkurencji w procesie wchłaniania z innymi składnikami matrycy lub w wyniku zwiększonej lepkości z powodowanej obecnością błonnika.⁶⁵

W literaturze brakuje obecnie danych naukowych bezpośrednio porównujących biodostępność polifenoli z całych owoców w porównaniu ze 100% sokiem owocowym. Jednak badanie *in vitro* wykazało, że biodostępność flawonoidów jest wyższa w przypadku soku pomarańczowego (świeżego i pasteryzowanego) w porównaniu z owocami pomarańczy.³⁹ Różnice w biodostępności prawdopodobnie wynikają z różnych profili makroskładników odżywczych. Całe owoce wymagają mechanicznego i enzymatycznego trawienia w celu uwolnienia i przeniesienia polifenoli do wodnego środowiska płynu jelitowego przed rozpoczęciem procesu wchłaniania. Tak więc napój bogaty w polifenole, taki jak 100% sok owocowy, może być bardziej biodostępny dzięki płynnej matrycy, co może pozwolić na wyższą absorpcję jelitową polifenoli w porównaniu z bogatą w błonnik stałą matrycą, taką jak w przypadku spożycia całych owoców.⁶⁶ Podczas trawienia całych owoców mogą tworzyć się kompleksy polifenoli (np. interakcje ściany komórkowej lub biopolimeru)⁶⁷ co może potencjalnie ograniczać biodostępność polifenoli w jelicie. Niedawno Renard i wsp. (2017)⁶⁸ dokonali przeglądu interakcji między polifenolami i polisacharydami, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu przetwarzania i trawienia żywności na ekstrakcję i biodostępność polifenoli. Chociaż nie jest to w pełni zrozumiałe, powstałe struktury polifenolu-biopolimeru mogą mieć znaczący wpływ na biodostępność polifenoli w górnym odcinku przewodu pokarmowego i/lub okrężnicy, co może potencjalnie modyfikować absorpcję. Należy przeprowadzić dalsze badania dotyczące porównania i oceny klinicznej efektów w odniesieniu do innych owoców i soków z nich wytwarzanych.

Biorąc pod uwagę złożony profil odżywczy i fitochemiczny owoców, trudno jest również przewidzieć, w jaki sposób przetwarzanie, takie jak obróbka termiczna lub wyciskanie soku (i późniejsza zmiana profilu polifenolowego), wpływa na funkcjonalność i bioaktywność.



PRZEGLĄD SYSTEMATYCZNY DOTYCZĄCY SOKÓW

Przegląd został przygotowany według ścisłych zasad szczegółowo opisanych w wytycznych PRISMA z 2020 roku (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*).⁶⁹

Przygotowania przeglądu obejmowało następujące etapy:

1. Sformułowanie głównego obszaru poszukiwania,
2. Opracowanie strategii wyszukiwania badań,
3. Zbieranie danych i tworzenie bazy bibliograficznej,
4. Selekcja znalezionych badań pod kątem zgodności z tematyką,
5. Krytyczna ocena jakości wyszukanych badań,
6. Opracowanie zestawienia tematycznego.

1. SFORMUŁOWANIE OBSZARU POSZUKIWAŃ

Główny obszar poszukiwań został zdefiniowany w oparciu o tematykę przeglądu. Zdecydowano objąć poszukiwaniami trzy referencyjne bazy bibliograficzno-abstraktowe, które gromadzą informacje na temat opublikowanych prac naukowych dotyczących m.in. zdrowia, nauk o zdrowiu i medycyny. W przygotowaniu przeglądu nie brano pod uwagę tzw. szarej literatury.

Bazy bibliograficzno-abstraktowe objęte poszukiwaniami:

- Baza PubMed/Medline – opracowywana przez *National Library of Medicine* w USA. Obejmuje medycynę, farmację, pielęgniarstwo, stomatologię, weterynarię, systemy opieki zdrowotnej i nauki przedkliniczne. Zawiera ponad 34 miliony rekordów bibliograficznych pochodzących z ponad 5000 czasopism ukazujących się w 30 językach od 1950 r. Około 52% rekordów pochodzi z czasopism wydawanych w USA. Medline jest najważniejszym komponentem bazy PubMed.
- Baza Scopus – opracowana przez specjalistów z wydawnictwa Elsevier indeksuje piśmiennictwo z dziedziny nauk przyrodniczych, inżynieryjnych, medycznych oraz społecznych. Kolekcja dostępnych w bazie streszczeń uzupełniona o bibliografie załącznikowe oraz piśmiennictwo cytowane w artykułach.
- Baza Web of Science Core Collection – to pakiet baz danych firmy Clarivate Analytics (dawniej Thomson Reuters). W bazach indeksowane są czasopisma znajdujące się na *Master Journal List* (tzw. lista *Impact factor*), która od 2010 roku obejmuje ponad 12000 tytułów czasopism naukowych.

2. OPRACOWANIE STRATEGII WYSZUKIWANIA BADAŃ

Strategia wyszukiwania oparta została na wykorzystaniu słów kluczowych, synonimów oraz terminów MeSH (*Medical Subject Headings*) pochodzących z tezaury, czyli słownika terminów medycznych. Wyodrębniono następujące elementy budujące frazę stanowiącą zapytanie do bazy bibliograficzno-abstraktowej:

#1	Soki owocowe i warzywne	<i>"Fruit and Vegetable Juices"[Mesh]</i> <i>Vegetable Juices</i> <i>Juice, Vegetable</i> <i>Juices, Vegetable</i> <i>Vegetable Juice</i> <i>Fruit Juices</i> <i>Fruit Juice</i> <i>Juice, Fruit</i> <i>Juices, Fruit</i>
#2	Glikemia	<i>"Hyperglycemia"[Mesh]</i> <i>Hyperglycemias</i> <i>Hyperglycemia, Postprandial</i> <i>Hyperglycemias, Postprandial</i> <i>Postprandial Hyperglycemias</i> <i>Postprandial Hyperglycemia</i> <i>"Blood Glucose"[Mesh]</i> <i>Blood Sugar</i> <i>Sugar, Blood</i> <i>Glucose, Blood</i>
#3	Cukry	<i>"Carbohydrates"[Mesh]</i> <i>Carbohydrate</i> <i>"Dietary Carbohydrates"[Mesh]</i> <i>Carbohydrates, Dietary</i> <i>Carbohydrate, Dietary</i> <i>Dietary Carbohydrate</i> <i>"Dietary Sugars"[Mesh]</i> <i>Sugars, Dietary</i> <i>Dietary Sugar</i> <i>Sugar, Dietary</i>
#4	Związki bioaktywne	<i>"Polyphenols"[Mesh]</i> <i>Polyphenol</i> <i>Provinols</i> <i>"Antioxidants"[Mesh]</i> <i>Anti-Oxidants</i> <i>Anti Oxidants</i> <i>Antioxidant</i> <i>Anti-Oxidant</i> <i>Anti Oxidant</i> <i>Endogenous Antioxidants</i> <i>Antioxidants, Endogenous</i> <i>Endogenous Antioxidant</i> <i>Antioxidant, Endogenous</i> <i>Antioxidant Activity</i> <i>Activity, Antioxidant</i> <i>Antioxidant Effect</i> <i>Anti-Oxidant Effect</i> <i>Anti Oxidant Effect</i> <i>Anti-Oxidant Effects</i> <i>Anti Oxidant Effects</i> <i>Antioxidant Effects</i>

#5	Działanie przeciwzapalne	<i>Inflamm*</i> <i>"Anti-Inflammatory Agents"[Mesh]</i> <i>Anti Inflammatory Agents</i> <i>Antiinflammatory Agent</i> <i>Agent, Antiinflammatory</i> <i>Antiinflammatory Agents</i> <i>Agents, Antiinflammatory</i> <i>Anti-Inflammatories</i> <i>Anti Inflammatories</i> <i>Antiinflammatories</i> <i>Anti-Inflammatory Agent</i> <i>Agent, Anti-Inflammatory</i> <i>Anti Inflammatory Agent</i> <i>Agents, Anti-Inflammatory</i> <i>Agents, Anti Inflammatory</i>
#6	Działanie na układ nerwowy	<i>Neuro*</i> <i>"Neuroprotective Agents"[Mesh]</i> <i>Agents, Neuroprotective</i> <i>Neuroprotectant</i> <i>Neuroprotective Drugs</i> <i>Drugs, Neuroprotective</i> <i>Neuroprotectants</i> <i>Neuroprotective Agent</i> <i>Agent, Neuroprotective</i> <i>Neuroprotective Drug</i> <i>Drug, Neuroprotective</i> <i>Neuroprotective Effect</i> <i>Effect, Neuroprotective</i> <i>Neuroprotective Effects</i> <i>Effects, Neuroprotective</i> <i>Cognit*</i> <i>"Nootropic Agents"[Mesh]</i> <i>Agents, Nootropic</i> <i>Nootropics</i> <i>Nootropic</i> <i>Anti-Dementia Agents</i> <i>Agents, Anti-Dementia</i> <i>Anti Dementia Agents</i> <i>Procognitive Agents</i> <i>Agents, Procognitive</i> <i>Nootropic Agent</i> <i>Agent, Nootropic</i> <i>Nootropic Drugs</i> <i>Drugs, Nootropic</i> <i>Antidementia Agent</i> <i>Agent, Antidementia</i> <i>Cognitive Enhancer</i> <i>Enhancer, Cognitive</i> <i>Nootropic Drug</i> <i>Drug, Nootropic</i> <i>Procognitive Agent</i> <i>Agent, Procognitive</i> <i>Antidementia Agents</i> <i>Agents, Antidementia</i> <i>Cognitive Enhancers</i> <i>Enhancers, Cognitive</i> <i>Anti-Dementia Agent</i> <i>Agent, Anti-Dementia</i> <i>Anti Dementia Agent</i>
#7	Układ sercowo-naczyniowy	<i>"Cardiovascular Diseases"[Mesh]</i> <i>Cardiovascular Disease</i> <i>Disease, Cardiovascular</i>

		<i>Major Adverse Cardiac Events</i> <i>Cardiac Events</i> <i>Cardiac Event</i> <i>Event, Cardiac</i> <i>Adverse Cardiac Event</i> <i>Adverse Cardiac Events</i> <i>Cardiac Event, Adverse</i> <i>Cardiac Events, Adverse</i> <i>"Cardiotonic Agents"[Mesh]</i> <i>Cardiotonic</i> <i>Myocardial Stimulant</i> <i>Stimulant, Myocardial</i> <i>Cardioprotective Agent</i> <i>Agent, Cardioprotective</i> <i>Cardiotonic Agent</i> <i>Agent, Cardiotonic</i> <i>Cardiac Stimulant</i> <i>Stimulant, Cardiac</i> <i>Cardiac Stimulants</i> <i>Cardioprotective Agents</i> <i>Cardiotonic Drugs</i> <i>Cardiotonics</i> <i>Inotropic Agents, Positive Cardiac</i> <i>Cardiotonic Drug</i> <i>Drug, Cardiotonic</i> <i>Myocardial Stimulants</i> <i>"Blood Vessels"[Mesh]</i> <i>Blood Vessel</i> <i>Vessel, Blood</i> <i>Vessels, Blood</i>
#8	Choroby nowotworowe i kancerogeneza	<i>"Neoplasms"[Mesh]</i> <i>Tumor</i> <i>Neoplasm</i> <i>Tumors</i> <i>Neoplasia</i> <i>Neoplasias</i> <i>Cancer</i> <i>Cancers</i> <i>Malignant Neoplasm</i> <i>Malignancy</i> <i>Malignancies</i> <i>Malignant Neoplasms</i> <i>Neoplasm, Malignant</i> <i>Neoplasms, Malignant</i> <i>Benign Neoplasms</i> <i>Benign Neoplasm</i> <i>Neoplasms, Benign</i> <i>Neoplasm, Benign</i> <i>"Carcinogenesis"[Mesh]</i> <i>Carcinogeneses</i> <i>Tumorigenesis</i> <i>Tumorigenesis</i> <i>Oncogenesis</i> <i>Oncogeneses</i>

Syntax został dostosowany do formatu danej bazy bibliograficzno-abstraktowej.

W trakcie przeszukiwania baz bibliograficzno-abstraktowych zastosowano wyszukiwanie fasetowe, stosując następujące kryteria włączenia:

- Zakres czasowy: od 1 stycznia 2000,
- Typ badań: badania z udziałem ludzi,
- Rodzaj publikacji: badania kliniczne pierwotne (eksperymentalne i obserwacyjne), badania wtórne (przeglądy niesystematyczne, systematyczne i meta-analizy),
- Język publikacji: angielski lub polski,
- Rodzaj źródła: recenzowane czasopisma naukowe.

Wyszukiwanie podstawowe zostało uzupełnione tzw. wtórnym poszukiwaniem, czyli włączeniem badań odszukanych na listach referencyjnych publikacji kwalifikujących się do przeglądu.

3. ZBIERANIE DANYCH I TWORZENIE BAZY BIBLIOGRAFICZNEJ

Wygenerowane w bazach bibliograficzno-abstraktowych wyniki wyszukiwania były eksportowane do menadżera zarządzania bibliografią (EndNote™ ver. 20) w formacie plików *.RIS (*Research Information Systems*). Uwzględniano następujące dane źródłowe:

- Lista autorów publikacji,
- Tytuł publikacji,
- Streszczenie publikacji,
- Słowa kluczowe,
- Dane bibliograficzne (nazwa czasopisma, tom, zeszyt i zakres stron),
- Data opublikowania pracy,
- Identyfikator DOI (*Digital Object Identifier*).

4. SELEKCJA ZNALEZIONYCH BADAŃ POD KĄTEM ZGODNOŚCI Z TEMATYKĄ

Pełne dane zgromadzone za pomocą menadżera zarządzania bibliografią zostały wyeksportowane do oprogramowania *Rayyan Intelligent Systematic Review* pozwalającego na niezależną pracę ekspertów przygotowujących przegląd.⁷⁰ W pierwszym kroku dokonano przeglądu wyników przeszukiwania pod kątem obecności duplikatów. Z pierwotnej listy wyszukanych rekordów syworzono ostateczną bazę do pracy eksperckiej.

Dwóch niezależnych ekspertów (M.M. / M.H. oraz M.P.) dokonało równoczesnej oceny poszczególnych publikacji pod kątem zgodności z tematyką. Na tym etapie ewaluacji poddano tytuł publikacji oraz treść streszczeń. W przypadku braku zgodności w opiniach ekspertów spór rozstrzygano w wyniku dyskusji i osiągnięcia konsensu.

5. KRYTYCZNA OCENA JAKOŚCI WYSZUKANYCH BADAŃ

Ostatnim etapem budowania bazy bibliograficznej była szczegółowa ocena publikacji wyselekcjonowanych w poprzednim etapie. W tej fazie prac ponownie dwóch niezależnych ekspertów (M.M. / M.H. oraz M.P.) dokonało równoczesnej niezależnej oceny wyszukiwanych rekordów pod kątem jakości badań na podstawie analizy pełnych tekstów publikacji. W przypadku braku zgodności w opiniach ekspertów spór rozstrzygano w wyniku dyskusji i osiągnięcia konsensu.

Do krytycznej oceny badań wykorzystano listy kontrolne opracowane przez CASP (*Critical Appraisal Skills Programme*).⁷¹ Natomiast poziom dowodowy ustalono zgodnie ze skalą zaproponowaną przez Guyatt & Sackett (1995).⁷²

Tabela 1. Poziomy dowodów naukowych wg. Guyatt & Sackett (1995)⁷²

Poziom	Opis
I	Dowody z przeglądu systematycznego lub meta-analizy badań typu RCT (randomizowane badanie kliniczne) lub oparte na dowodach wytyczne do praktyki klinicznej bazujące na systematycznych przeglądach RCT lub 3 lub więcej RCT dobrej jakości, które dają podobne wyniki.
II	Dowody uzyskane z co najmniej jednego dobrze zaprojektowanego badania typu RCT (np. duże wieloośrodkowe RCT).
III	Dowody uzyskane z dobrze zaprojektowanych badań klinicznych bez randomizacji (tj. quasi-eksperymentalnych).
IV	Dowody uzyskane z dobrze zaprojektowanych badań obserwacyjnych: kliniczno-kontrolnych lub kohortowych.
V	Dowody uzyskane z systematycznych przeglądów badań opisowych i jakościowych (tzw. metasynTEza).
VI	Dowody uzyskane z jednego badania opisowego lub jakościowego.
VII	Dowody uzyskane na podstawie opinii eksperta lub sprawozdań komisji eksperckiej.
VIII	Dowody uzyskane z badań przedklinicznych (badania laboratoryjne i na modelach zwierzęcych).

6. OPRACOWANIE ZESTAWIENIA TEMATYCZNEGO

70 badań uwzględnionych w końcowej analizie charakteryzowało się niejednorodnością w oparciu o prezentowane wyniki, typ metodologii oraz zakres poruszanej tematyki. Dokonano zbiorczej syntezy narracyjnej włączonych badań.

Stworzono matrycę zawierającą następujące dane:

- Dane bibliograficzne,
- Główny temat (słowa kluczowe),
- Rodzaj publikacji (pierwotna lub wtórna),
- Rodzaj badania klinicznego (eksperymentalne, obserwacyjne),
- Populacja której dotyczy badanie,
- Wielkość próby,
- Cel badania,
- Pierwszorzędowy punkt końcowy,
- Główne wyniki (w tym miary efektu: RR, OR, HR, etc.),
- Główny wniosek w odniesieniu do celu badania.



SYNTEZA NARRACYJNA DOTYCZĄCA SOKÓW

Synteza „narracyjna” odnosi się do próby zbiorczej syntezy wyników wielu badań stanowiących przegląd systematyczny.⁷³ Opiera się ona głównie na klasyfikacji słów, fraz i określeń zawartych w tekstach publikacji włączonych do przeglądu. Stanowi podsumowanie prowadzące do wyjaśnienia wyników syntezy i pozwala postawić uogólnione wnioski.

W ramach syntezy narracyjnej wyodrębniono dwie grupy tematyczne:

Grupa I to prace naukowe odnoszące się do tematyki związanej z fizjologicznym wpływem węglowodanów zawartych w sokach owocowych, warzywnych, owocowo-warzywnych lub warzywno-owocowych na organizm człowieka;

Grupa II to prace naukowe odnoszące się do tematyki związanej z fizjologicznym wpływem związków bioaktywnych zawartych w sokach owocowych, warzywnych, owocowo-warzywnych lub warzywno-owocowych na organizm człowieka.



WĘGLOWODANY W SOKACH

1. SKŁAD SOKÓW OWOCOWYCH I WARZYWNYCH

Głównym makroskładnikiem wszystkich owoców i warzyw są węglowodany w tym disacharydy (sacharoza) oraz monosacharydy (glukoza i fruktoza). Tym samym soki owocowe, pomidorowe i 100% warzywne, które zgodnie z prawem nie mogą zawierać dodatku cukru posiadają w swoim składzie cukry pochodzenia naturalnego.⁷⁴ Dodatkowo, są źródłem substancji bioaktywnych (między innymi kwercetyny, katechin, karotenoidów, flawonoidów, antocyjanów), o udowodnionym korzystnym wpływie na stan zdrowia.⁷⁵ Także różnorodność samych soków przyczynia się do dużego zróżnicowania typów i ilości zawartych w nich substancji bioaktywnych, co ma wpływ na oddziaływanie na organizm człowieka. Zawartość wyżej wymienionych elementów zależy od składu soku w zależności od rodzaju owoców i/lub warzyw wykorzystanych do jego produkcji, proporcji między poszczególnymi składnikami, jak również samego procesu przygotowania. Są to determinanty wpływające na przebieg procesu trawienia jak również na przewidywane tempo wzrostu stężenia glukozy w okresie po posiłkowym.

Ważnym czynnikiem jest ilość przyjętego produktu, która bezpośrednio wpływa na wartość energetyczną i zawartość węglowodanów, w tym cukrów łatwo przyswajalnych. Chociaż soki owocowe zawierają tylko cukry pochodzące z owoców, z których zostały wyprodukowane, pojawiają się wątpliwości, czy ich zawartość może mieć podobne szkodliwe działanie jak cukry dodane w napojach.⁷⁶ Cukry dodane spożywane w nadmiarze przyczyniają się do zwiększenia wartości energetycznej diety, co w konsekwencji prowadzi do dodatniego bilansu energetycznego, zwiększonej fluktuacji stężenia glukozy we krwi oraz nadprodukcji insuliny w okresie po posiłkowym. Wiąże się to ze zwiększonym ryzykiem występowania zaburzeń metabolicznych w tym otyłości i cukrzycy typu 2.²²

2. PROCES TRAWIENIA I WCHŁANIANIA WĘGLOWODANÓW Z PRZEWODU POKARMOWEGO

W procesie trawienia, węglowodany złożone oraz disacharydy wymagają szeregu reakcji prowadzących do uzyskania monosacharydów, które ulegają procesowi wchłaniania w jelicie cienkim. Stężenie glukozy we krwi zależy od jej absorpcji w jelitach, zużycia i produkcji w wątrobie oraz jej wykorzystania przez tkanki obwodowe. Prawidłowa regulacja stężenia glukozy we krwi w głównej mierze zależy od wydzielania insuliny przez komórki β wysp Langerhansa oraz od działania insuliny na komórki docelowe.

Jak już wspomniane było na początku tego raportu, trawienie węglowodanów rozpoczyna się w jamie ustnej poprzez aktywację amylazy ślinowej uwalnianej podczas procesu żucia. Rolą amylazy ślinowej jest rozkład skrobi na oligosacharydy (dekstryny) i maltozę. Amylaza jest wrażliwa na zmianę wartości pH i jej działanie jest hamowane pod wpływem kwaśnego środowiska w żołądku. Jednakże w samym żołądku dochodzi do ograniczonego trawienia dwucukrów (sacharozy i maltozy) oraz oligosacharydów, jak dekstryny.³ Zasadniczo jednak, kontynuacja procesu trawienia następuje pod wpływem wydzielania amylazy trzustkowej, która uwalniana jest do jelita cienkiego wraz z innymi enzymami trawiennymi pod wpływem sekretyny i cholecystokininy. Oligosacharydy i disacharydy są trawione przez specyficzne enzymy w błonie mikrokosmków jelitowych, natomiast monosacharydy nie wymagają dodatkowego enzymatycznego procesu trawienia. Tym samym szybkość wchłaniania węglowodanów w dużej mierze zależna jest od dostępności cukrów łatwo przyswajalnych, które są następnie transportowane do krążenia wrotnego. Węglowodany, które nie uległy procesowi trawienia w jelicie cienkim przechodzą do jelita grubego, gdzie są trawione przez bakterie kolonizujące okrężnicę. Powoduje to uwolnienie krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (propionian, maślan i octan) wraz z metanem, które nie wpływają na efekt glikemiczny w okresie po posiłkowym.

Glukoza jest aktywnie transportowana ze światła jelita cienkiego przez sodowy transporter glukozy (*Sodium-glucose co-transporter-2*, SGLT-1) zlokalizowany w rąbkach szczoteczkowych jelita cienkiego, przede wszystkim w dwunastnicy i jelicie czczym. Wchłanianie fruktozy odbywa się poprzez dyfuzję ułatwioną za pośrednictwem transportera GLUT-5 (*glucose transporter 2*) który zlokalizowany jest w enterocytach kosmków jelitowych. Transporter GLUT-5 nie jest jedynym czynnikiem regulującym wchłanianie fruktozy. Stwierdzono, że na jej absorpcję wpływa stymulująco obecność glukozy. Działanie to jest zależne od ilości poszczególnych cukrów i jest najsilniejsze, gdy glukoza i fruktoza są obecne w tym samym stężeniu.⁷⁷

Jelito stanowi zarówno barierę ograniczającą wchłanianie glukozy, jak i mechanizm regulacyjny utrzymujący odpowiednie stężenie glukozy we krwi. Na glikemię po posiłkową mogą wpływać poszczególne etapy zachodzące podczas procesu trawienia. Jednym z poznanych mechanizmów polega na spowolnieniu opróżniania żołądka i pasażu jelitowego. Powoduje to spowolnienie jelitowego wchłaniania glukozy i moduluje wydzielanie hormonów żołądkowych biorących udział między innymi w regulacji uczucia głodu i sytości. Głównym składnikiem wpływającym na ten proces jest błonnik pokarmowy, który występuje w przecierowych i naturalnie mętnych sokach warzywnych, owocowych, warzywno-owocowych i owocowo-warzywnych.

3. WPŁYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW NA FLUKTUACJĘ GLUKOZY

W okresie po posiłkowym, obserwowany wzrost stężenia glukozy we krwi jest w pełni fizjologicznym procesem. Dynamika fluktuacji stężenia glukozy we krwi jest zależna od ilości i rodzaju przyjętych węglowodanów, obecności innych makroskładników takich jak białko i tłuszcze, ale także czynników indywidualnych konsumenta.

Dostępne badania, których celem była analiza wpływu spożycia 100% soków na parametry metaboliczne, charakteryzują się dużą rozbieżnością w zakładanej metodologii. Tym samym ocenie poddawane są różne rodzaje i ilości spożywanych soków (<250 – 600 ml), co bezpośrednio wpływa na zawartość cukrów łatwo przyswajalnych (22-97 g). Istotnymi czynnikami są również takie elementy jak czas trwania interwencji, dobór próby badanej i kontrolnej, występowanie schorzeń towarzyszących jak również wiek i wyjściowa masa ciała pacjentów. Należy podkreślić, że dostępne wyniki badań dotyczących wpływu spożycia 100% soków na wartości glikemii i insulinemii nie są jednoznaczne w ocenie mechanizmów wpływających na analizowane parametry gospodarki węglowodanowej.⁷⁸ Oprócz czynników związanych z charakterystyką samego produktu, należy brać pod uwagę indywidualne parametry konsumenta, jak np. wiek, wyjściowa masa ciała, stężenie glukozy na czczo jak również stopień insulinooporności. Są to istotne determinanty wpływające na fluktuację glukozy, która będzie różniła się między pacjentami z prawidłową jak i upośledzoną tolerancją glukozy.⁷⁹

Indeks i ładunek glikemiczny

Najczęściej omawianymi elementami mającymi potencjalny wpływ na owe procesy są: indeks i ładunek glikemiczny, zawartość błonnika jak również obecność polifenoli. Tym samym wskazane jest prowadzenie dalszych badań w celu usystematyzowania wiedzy w tym zakresie.

W celu określenia wartości indeksu glikemicznego soków niezbędne są badania w warunkach laboratoryjnych, które pozwolą na jakościową analizę danego produktu. Na indeks glikemiczny soków wpływają przede wszystkim takie elementy jak rodzaj i ilość węglowodanów zawartych w owocach lub warzywach, jak również metody produkcyjne, co bezpośrednio rzutuje na zawartość błonnika w sokach.⁸⁰ Należy mieć na uwadze, że sezonowość jak i kraj pochodzenia wybieranych owoców i warzyw może dodatkowo wpływać na występowanie różnic jakościowych w końcowym produkcie.

W ogólnej charakterystyce, produkty bogate w błonnik i uboższe w fruktozę jak np. soki warzywne (sok pomidorowy IG=38, sok marchewkowy IG=40) cechują się niskim indeksem glikemicznym (IG). Soki owocowe określane są jako produkty o niskim (sok jabłkowy IG = 41) lub średnim indeksie glikemicznym (sok pomarańczowy IG=55).⁸¹ Warto podkreślić, że obserwuje się różnice w referowanych wartościach IG pomiędzy konkretnymi produktami, które są przygotowane z tego samego rodzaju surowca. Z tego też względu trzeba rozpatrywać wartość IG jako wartość szacunkową, która pozwala na zastosowanie ogólnej, jakościowej oceny produktu.

Wskaźnikiem, który umożliwia bardziej precyzyjną analizę jest ładunek glikemiczny, którego wartość będzie uzależniona od ilości spożytego produktu. Tym samym sok o niskim IG, ale przyjęty w dużej ilości będzie powodował bardziej dynamiczny przyrost glikemii niż sok o wysokim IG, ale przyjęty w małej porcji. Efekt ten będzie nie tylko wyrażony przez fluktuację glikemii, ale też ogólną wartość energetyczną dostarczaną wraz z przyjętym sokiem.

Błonnik Błonnik pokarmowy nie ulega procesowi trawienia ze względu na brak produkcji w przewodzie pokarmowym enzymów trawiennych zdolnych do hydrolizy. Tym samym, niestrawiony błonnik ulega procesowi fermentacji w jelicie grubym pod wpływem mikrobioty jelitowej. Błonnik pokarmowy jest klasyfikowany w zależności od jego rozpuszczalności w wodzie, tj. na nierozpuszczalny, który między innymi poprawia perystaltykę jelit oraz rozpuszczalny, który może wpływać na zmniejszenie efektu glikemicznego w okresie po posiłkowym. Błonnik rozpuszczalny w wodzie ma właściwości adhezyjne, dzięki czemu spowalnia wchłanianie węglowodanów i opóźnia pasaż treści pokarmowej z żołądka do jelita cienkiego, w rezultacie tłumi wzrost poposiłkowego stężenia glukozy.¹⁹

Ilość błonnika pokarmowego w produkcie jest istotnym elementem, wpływającym na wartość indeksu i ładunku glikemicznego. Owoce i warzywa są cennym źródłem błonnika, jednakże wyroby z nich pozyskiwane mogą cechować się mniejszą zawartością tego cennego składnika. Różnice te mogą wynikać z procesu ekstrakcji soku, podczas którego usuwane są pewne ilości błonnika.⁸² Jednakże w ostatnim czasie w obrocie handlowym pojawia się coraz więcej soków przecierowych i mieszanych, które charakteryzują się porównywalną do owoców/warzyw zawartością błonnika. Warto zaznaczyć, że produkt cechujący się niewielką zawartością błonnika, będzie znacznie szybciej ulegał procesowi trawienia i wchłaniania w przewodzie pokarmowym. Tym samym, przewidywany efekt wzrostu stężenia glukozy we krwi będzie bardziej dynamiczny. Dodatkowo, szybkie tempo opróżniania żołądka i pasażu treści pokarmowej dodatkowo może ograniczać uczucie sytości. Jest to czynnik, który potencjalnie może przyczyniać się do występowania nadwyżki energii w diecie, a w długofalowej konsekwencji może powodować zaburzenia metaboliczne. Z tego względu rekomendowany jest wybór 100% soków, musów i przecierów, które zawierają większą ilość błonnika niż klarowne soki.⁸³ Tym samym warto podkreślić, że dostępne wyniki badań wykazały, że obecność błonnika w sokach może przyczyniać się do spowolnienia występowania hiperglikemii w okresie po posiłkowym.⁸⁴

Polifenole Niektóre z badań *in vitro* oraz przeprowadzanych na modelach zwierzęcych wskazują na korzystny wpływ polifenoli zawartych w 100% sokach, które mogą rzutować na homeostazę glukozy i insuliny.⁸⁵⁻⁸⁸ Procesy te mogą być wynikiem efektu wydzielania insuliny przez trzustkę, hamowania wchłaniania glukozy z jelita cienkiego, aktywację receptorów insulinowych jak również poprzez komórkowy wychwyt glukozy. Dodatkowo, zwraca się uwagę na potencjalne ochronne działanie związków zapobiegających glikacji oraz ograniczających stres oksydacyjny.^{89,90}

Glikacja ma charakter spontaniczny, a jej nasilenie zależy od zawartości w organizmie cukrów prostych, w tym glukozy. Powstałe produkty glikacji stają się substratami do dalszych reakcji, które mogą przyczyniać się rozwoju zaburzeń równowagi oksydacyjno-redukcyjnej.⁹¹ Istnieje wiele dowodów naukowych wykazujących negatywny wpływ glikacji prowadzący do uszkodzenia komórek i tkanek i tym samym rozwoju insulinooporności i progresji powikłań cukrzycy.⁹² Na podstawie przeprowadzonych badań w warunkach *in vitro* zaobserwowano, że wypicie soku owocowego miało działanie hamujące na proces glikacji albumin zachodzącej pod wpływem fruktozy. Różnice te były jednak zależne od rodzaju wypijanego soku. Tym samym sok z granata cechował się największym działaniem protekcyjnym, sok pomarańczowy, winogronowy i żurawinowy hamował glikację o 20%.⁹⁰

4. PROCES PRZYGOTOWANIA SOKU

Kolejnym istotnym elementem, na który należy zwrócić uwagę to sam proces obróbki i przygotowania soków.^{82,93} Jest to czynnik znacząco wpływający na wartość odżywczą soku. Ekstrakcyjne przygotowanie soków z owoców zawierających nasiona może prowadzić do zmniejszenia odpowiedzi glikemicznej.^{82,94} Uważa się, że mielenie nasion może zwiększyć udział błonnika, polifenoli w tym piceatannolu, zdrowych tłuszczów i białka w sokach, co w konsekwencji będzie spowalniało opróżnianie żołądka oraz tempo wchłaniania glukozy.⁸⁶ Również przygotowanie soków przecierowych zapewnia odpowiednio dużą zawartość cennego w diecie błonnika.

Zgodnie z przepisami unijnymi i krajowymi nie można do soków owocowych dodawać błonnika oraz mielić nasion, bo wówczas taki produkt musi być nazwany napojem. Błonnik w sokach może pochodzić tylko z ilości i rodzaju owoców i/lub warzyw z których ten sok powstał/został wyprodukowany. Potencjałe korzyści wynikające z dodawania błonnika pozostają nieznane ze względu na brak wystarczających danych naukowych w tym aspekcie. Wytłoki powstające jako produkt uboczny przy produkcji soku pomarańczowego stanowią bogate źródło błonnika rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego (40:60). Są bogate w pektyny, które mają specyficzne właściwości żelujące, co potencjalnie może również wpływać na metabolizm glukozy i wpływać na obniżenie odpowiedzi glikemicznej w okresie po posiłkowym.⁸³

Dostępne wyniki badań z udziałem osób zdrowych nie wykazują znaczących różnic w ogólnym, dwugodzinnym profilu glikemicznym pomiędzy sakiem z dodatkową porcją błonnika, a tradycyjnym sakiem owocowym. Jednakże, należy podkreślić, że w przypadku spożycia soku z dodatkową porcją błonnika moment uzyskania maksymalnej wartości stężenia glukozy i insuliny występował później i cechował się niższymi wartościami niż po konsumpcji soku owocowego bez dodatku błonnika.⁸³ Zmniejszenie po posiłkowego stężenia glukozy i insulinemii jest szczególnie istotne zarówno u pacjentów z cukrzycą jak również z insulinoopornością.⁹⁵

5. WPŁYW 100% SOKU OWOCOWEGO NA STĘŻENIE GLUKOZY I INSULINY WE KRWI NA CZCZO

Na podstawie dostępnych wyników meta-analiz oceniających stężenie glukozy we krwi na czczo zaobserwowano, że spożycie 100% soku owocowego nie ma istotnie statystycznego wpływu na glikemię na czczo w porównaniu do grupy kontrolnej nie spożywającej soków. Dodatkowo, podobne wyniki uzyskano w odniesieniu do analizy stężenia insuliny na czczo. Na podstawie dostępnych wartości stężenia glukozy i insuliny na czczo możliwa też była ocena wskaźnika insulinooporności, za pomocą HOMA-IR (*Homeostatic Model Assessment For Insulin Resistance*). Wyniki wykazały brak istotnych różnic w wartościach wskaźnika HOMA-IR po spożyciu 100% soków owocowych.^{78,96} Obserwowano nieznaczne różnice

dotyczące wskaźnika kontroli glikemii i insulinowrażliwości, co w głównej mierze było zależne od cech badanej populacji.

Analizowane badania były długoterminową interwencją (4-7 tygodni), dzięki czemu stanowiły wiarygodną podstawę do oceny długofalowej konsumpcji 100% soków owocowych. W badaniach, zastosowano produkty kontrolne, które miały taką samą zawartość węglowodanów lub cukrów łatwoprzyswajalnych, jak również napoje zawierające substancje słodzące. Dzięki takiemu doborowi możliwa była ocena wpływu substancji bioaktywnych występujących w sokach 100%. Dodatkowo, wybór wody jako płynu kontrolnego umożliwiał ocenę fizjologicznych zmian następujących po konsumpcji soków.⁹⁷

Dostępne wyniki badań klinicznych wykazują brak negatywnego wpływu konsumpcji 100% soków owocowych na występowanie otyłości i zaburzeń metabolicznych. Efekt ten jest jednak zależny od ogólnej wartości energetycznej diety. Należy podkreślić, że wraz z dodatnim bilansem energetycznym ryzyko wyżej wymienionych jednostek chorobowych znacząco wzrasta.⁹⁸⁻¹⁰⁰

6. SOK A ROZTWÓR GLUKOZY

Badania przeprowadzone z udziałem młodych ochotników charakteryzujących się prawidłową masą ciała (BMI 19.2–24.7 kg/m²) wykazały różnice w wartości stężenia glukozy i insuliny po spożyciu różnych rodzajów soków o niskim i średnim indeksie glikemicznym w porównaniu do przyjęcia roztworu glukozy. Roztwór glukozy powodował szybszy początkowy wzrost i wyższy szczyt w 30 minucie pomiaru stężenia glukozy w osoczu żylnym w porównaniu do badanych soków. Stężenie glukozy w osoczu w 45, 60, 90 i 120 minucie było istotnie wyższe po spożyciu roztworu glukozy w porównaniu do uzyskanych wartości po konsumpcji badanych soków. Po wypiciu przez uczestników soku, stężenie glukozy w 120 minucie badania było niższe niż wyjściowe stężenia na czczo, natomiast po spożyciu roztworu glukozy nie zaobserwowano takiego trendu. Stężenie insuliny również wykazało podobny trend, z najwyższym szczytem w 30 min i stopniowym spadkiem w ciągu 120 min.⁸⁰

ZWIĄZKI BIOAKTYWNE W SOKACH

1. SKŁADNIKI BIOAKTYWNE - CHARAKTERYSTYKA

Składniki bioaktywne to składniki, których spożycie wywołuje określony efekt biologiczny.¹⁰¹ Typowa dieta może dostarczać 25 000 rodzajów składników bioaktywnych oprócz błonnika pokarmowego, podstawowych antyoksydantów tj. witaminy A, C i E, także polifenole. Dotychczas poznano ponad 8 000 związków polifenolowych. Polifenole są wtórnymi metabolitami roślin, warunkującymi ich wzrost, barwę, strukturę, chronią także przed promieniowaniem ultrafioletowym.¹⁰² W swojej budowie posiadają jeden lub więcej pierścieni aromatycznych i od jednej do kilku grup hydroksylowych o charakterze kwasowym. Ze względu na budowę podzielono je na następujące grupy: kwasy fenolowe, kumaryny, fenole proste, ksantony, stilbeny, lignany, antrachinony i flawonoidy.¹⁰³

Najliczniejszą grupę stanowią flawonoidy, które dzielą się na sześć klas: flawonole, flawony, izoflawony, flawanony, antocyjanidyny, flawanole.¹⁰⁴ Główne źródła poszczególnych grup flawonoidów zostały przedstawione w Tabeli 2.

Tabela 2. Występowanie flawonoidów w żywności^{105,106}

Klasa flawonoidów	Źródła w żywności
Flawonole (kwercetyna, kemferol, mirecetyna, fisteina, morina)	jabłka, brokuły, pomidory cherry, por, cebula, ciemne winogrona, kapusta
Flawony (luteolina, apigenina)	seler, nać pietruszki, papryka czerwona, tymianek, szpinak, karczochy, oregano, liście mięty, liście kopru
Flawanony (naryngenina, naryngina, hesperetyna, hesperedyna)	grejpfruty, pomarańcze
Flawan-3-ole (epikatechina, katechina, epigallokatechina, teaflawina, tearubigina)	herbata, kakao, banan, jabłko, groszek zielony, soja, orzechy pekan, nektarynka, gruszka, truskawki, wiśnie, borówka amerykańska, jeżyna, czerwone wino
Antocyjanidyny (cyjanidyna, malwidina, pelargonidyna, peonidyna, delfinidyna)	czarna porzeczka, ciemne winogrona, wiśnie, jeżyny, czarne jagody, borówka amerykańska, truskawki, brzoszyna, jagody bzu czarnego,
Izoflawony (genisteina, daidzeina)	soja i przetwory sojowe, różne gatunki fasoli, soczewica, fasolka szparagowa, bób, pszenica i jej kielki, ryż, chmiel

Zawartość polifenoli w roślinach zależy od gatunku, czynników środowiskowych, stopnia dojrzałości owoców, sposobu przechowywania, procesu produkcji, czy zastosowanej obróbki kulinarnej. Z uwagi na fakt, że światło słoneczne nasila biosyntezę polifenoli najwięcej tych związków znajduje się w liściach lub pod skórą owocu. Zawartość kwasu fenolowego zmniejsza się wraz ze stopniem dojrzałości owocu, natomiast antocyjanin zwiększa.¹⁰⁴ W jednym z polskich badań poddano analizie kilkanaście soków pod względem potencjału antyoksydacyjnego. Sok z aronii miał 2 do 4 razy wyższą pojemność antyoksydacyjną w porównaniu z nektarem z czarnej porzeczki i 4 do 6 razy wyższą w porównaniu z sokiem z wiśni. Zaraz po soku z aronii nieco mniejszą aktywnością antyoksydacyjną charakteryzował się sok z rokitnika (Gruzja), sok z granatu (Gruzja) i nektary z czarnej porzeczki (Polska).¹⁰⁷ Analizy wskazują, iż soki z owoców mają zbliżony profil fitochemiczny do owoców. Ponadto, wiele analiz podkreśla wyższą zawartość polifenoli w sokach w porównaniu z formą owoców konsumowaną (często bez skórki i pestek), ponieważ to właśnie w tych częściach znajdują się składniki bioaktywne, które w procesie produkcji przechodzą do soku. Oczywiście proces klarowania soków przyczynia się do niekorzystnych zmian w zakresie zawartości polifenoli.¹⁰⁸

Ponadto, pomimo rozbieżności zdań w zakresie statusu soków w zaleceniach żywieniowych, badania sugerują, iż soki nie wykazują mniejszego wpływu kardioprotekcyjnego, czy przeciwnowotworowego w porównaniu z pełnymi owocami.⁶²

Choć w grupie napojów najwyższą zawartością polifenoli charakteryzuje się podwójne espresso, czy zielona herbata, to na kolejnych miejscach są soki z owoców jabłek, granatu, grejpfruta, żurawin, winogron czy pomarańczy (Tabela 3).¹⁰⁹

Tabela 3. Zawartość antyoksydantów w wybranych napojach¹⁰⁹

Produkt	Zawartość antyoksydantów mmol/100g*	N	Min.	Max.
Espresso	14.20	2	12.64	15.83
Kawa filtrowana	2.50	31	1.24	4.20
Kakao z mlekiem	0.37	4	0.26	0.45
Czarna herbata, napar	1.00	5	0.75	1.21
Zielona herbata, napar	1.50	17	0.57	2.62
Sok z jabłek	0.27	11	0.12	0.60
Sok z żurawin	0.92	5	0.75	1.01
Sok z winogron	1.20	6	0.69	1.74
Sok z pomarańczy	0.64	16	0.47	0.81
Sok z owoców granatu	2.10	2	1.59	2.57
Sok ze śliwek	1.00	3	0.83	1.13
Sok z pomidorów	0.48	14	0.19	1.06

* wartość ważna kiedy N > 1

Warto zaznaczyć, iż każdy z antyoksydantów charakteryzuje się inną biodostępnością, absorpcją i metabolizmem, stąd spożywanie produktów o największej koncentracji antyoksydantów nie przekłada się na wyższe stężenie aktywnych metabolitów. Stężenia metabolitów polifenoli osiągają wartości w osoczu od 0 do 4 $\mu\text{mol/L}$.¹¹⁰⁻¹¹² Wan i wsp. (2021)¹¹³ zaznaczają, że tylko 5% dziennej podaży polifenoli wchłania się w dwunastnicy,

natomiast pozostała ilość podlega procesom fermentacji w jelicie dzięki obecności mikrobioty. W pierwszej kolejności są hydrolizowane przez enzymy jelitowe lub mikroflorę jelitową. Konsekwencją tych procesów są różne metabolity o niepoznanej do końca aktywności biologicznej.^{113,114} Najwyższą biodostępnością charakteryzują się izoflawony, następnie flawanole (katechiny), flawanony (owoce cytrusowe), w najmniejszym stopniu wchłaniają się antocyjany i proantocyjanidyny.¹¹⁴

Największym zainteresowaniem wśród badaczy cieszą się flawonoidy. W badaniach *in vivo* i *in vitro* dowiedziono ich działania przeciwutleniającego, przeciwzapalnego, antyagregacyjnego, hipotensyjnego, przez co mogą znaleźć zastosowanie w profilaktyce i wspomaganiu leczenia chorób mających podłoże zapalne.

Pojemność antyoksydacyjna lub inaczej aktywność przeciwutleniająca wyraża się zdolnością eliminowania reaktywnych form tlenu, zmiataniu wolnych rodników, chelatowaniu jonów metali, najczęściej żelaza i miedzi oraz hamowaniu enzymów z grupy oksydaz. Zawartość pojedynczych polifenoli w produkcie nie warunkuje jego aktywności przeciwutleniającej, z uwagi na zachodzące reakcje redoks czy synergizm pomiędzy poszczególnymi związkami polifenolowymi.¹¹⁵ Z uwagi na brak uniwersalnej metody oceniającej aktywność przeciwutleniającą polifenoli, w powszechnym użyciu są 3 metody:¹¹⁵

- FRAP (*Ferrum Reducting Antioxidant Power*) polegająca na redukcji kompleksu Fe III/TPTZ (2,4,6 tripirydylo-S-triazyna) pod wpływem działania przeciwutleniaczy do kompleksu Fe II/TPTZ czy ogólnie tą metodą określa się zdolność produktu do redukcji jonu żelazowego;
- TEAC (*Trolox Equivalent antioxidant Capacity*) polegająca na pomiarze zdolności wygaszania wolnego rodnika;
- TRAP (*Total Radical-trapping Antioxidant Parameter*) metoda polega na pomiarze spadku fluorescencji białka R-fikoerytryny spowodowanego działaniem rodników nadtlenkowych.

W badaniach przeprowadzonych przez Pellegrini i wsp., których celem była ocena aktywności przeciwutleniającej 104 produktów zwyczajowo spożywanych we Włoszech wykorzystano wyżej wymienione metody. W zależności od zastosowanej metody otrzymano różne wyniki, stąd dla ułatwienia interpretacji wynikom nadano określone rangi (Tabele 7 i 8). W grupie warzyw największym potencjałem antyoksydacyjnym charakteryzował się szpinak z uwagi na wysoką zawartość kwasu glukuronowego i p-kumarynowego oraz luteiny i chlorofilu. Następnie papryka chili i papryka czerwona, a także burak. Być może wskazuje to także na możliwość wykorzystania soków z tych właśnie warzyw w kompozycjach soków mieszanych z owocami. Wyższym niż warzywa potencjałem antyoksydacyjnym cechowały się owoce, a w szczególności jeżyna, czerwona porzeczka, maliny i czarne oliwki. Nie mniej jednak podobne badania powinny zostać przeprowadzone dla odmian warzyw i owoców oraz ich przetworów dostępnych w Polsce.

Tabela 4. Potencjał antyoksydacyjny wybranych warzyw z regionu Włoch¹¹⁵

Produkt	Metoda FRAP		Metoda TRAP		Metoda TEAC	
	wartość	ranga	wartość	ranga	wartość	ranga
	mmol Fe2+/kgFW		mmol Trolox/kg FW			
Awokado	4,90	21	1,87	21	2,22	15
Burak czerwony	15,31	6	7,67	2	2,94	13
Cebula	5,28	18	2,43	17	1,82	18
Cukinia	3,33	26	ND	32	2,86	14
Dynia	4,00	23	ND	33	3,71	8
Fasola zielona	2,35	28	0,65	30	1,27	23
Grzyby	16,39	5	6,26	7	4,93	6
Kalafior	4,27	22	1,61	23	1,10	25
Kapusta	8,17	14	2,35	18	2,08	16
Karczoch	11,09	12	6,85	3	1,55	20
Koper	2,33	29	0,78	28	0,43	30
Marchew	1,06	32	0,70	29	0,44	29
Papryka chili	23,54	2	6,42	5	7,62	3
Papryka czerwona	20,98	3	5,47	9	8,40	2
Pomidor	5,12	19	1,31	24	1,65	19
Por	2,15	30	1,02	25	0,72	27
Rzodkiewka	3,77	24	3,62	11	2,22	15
Salata	4,94	20	2,31	19	1,33	22
Seler	1,16	31	0,47	31	0,49	28
Szparag	10,60	13	9,71	1	3,92	7
Szpinak	26,94	1	5,79	8	8,49	1

Tabela 5. Potencjał antyoksydacyjny wybranych owoców z regionu Włoch¹¹⁵

Produkt	Metoda FRAP		Metoda TRAP		Metoda TEAC	
	wartość	ranga	wartość	ranga	wartość	ranga
	mmol Fe2+/kgFW		mmol Trolox/kg FW			
Ananas	15,73	10	5,92	10	9,91	8
Arbuz	1,13	30	0,46	29	0,69	28
Banan	2,28	28	1,05	27	0,64	30
Borówka amerykańska	18,61	9	9,30	7	7,43	10
Brzoskwinia	6,57	19	1,49	25	1,67	21
Figa	5,82	20	2,06	21	2,47	18
Grejpfrut żółty	10,20	13	4,04	13	3,05	15
Gruszka	5,00	22	3,87	14	2,19	20
Jabłko (czerwone Delicious)	3,84	24	2,23	20	1,59	22
Jabłko zielone Golden	3,23	26	1,54	24	1,31	25
Jeżyna	51,53	1	21,01	1	20,24	1
Kiwi	7,41	17	2,30	18	2,28	19
Malina	43,03	3	10,48	5	16,79	2
Mandarynka	8,88	15	2,74	16	3,10	14
Melon (Cantaloupe)	5,73	21	0,95	28	1,20	26
Morela	4,02	23	2,29	19	1,44	24

Oliwki czarne	39.99	4	18.08	2	14.73	3
Oliwki zielone	24.59	6	14.64	3	10.43	7
Pomarańcza	20.50	8	5.65	11	8.74	9
Porzeczka czerwona	44.86	2	12.14	4	14.05	4
Śliwka	12.79	11	8.09	9	5.11	11
Truskawka	28.00	5	10.34	6	11.34	5
Winogrono ciemne	11.09	12	2.50	17	3.85	13
Winogrono jasne	3.25	25	1.59	23	2.48	17
Wiśnia	8.10	16	4.17	12	2.69	16

Analizując mechanizmy ochronne polifenoli na układ sercowo-naczyniowy, warto przybliżyć patogenezę tych chorób. Miażdżyca należy do przewlekłych chorób z zapalno-proliferacyjną reakcją ścian naczyń na działanie czynników niszczących. Szczególnie istotne znaczenie w patogenezie tej choroby ma dysfunkcja śródbłonna wynikająca z zaburzeń jego homeostazy na skutek między innymi zaburzeń gospodarki węglowodanowej, lipidowej, podwyższonego stężenia homocysteiny czy działania czynników środowiskowych. Dysfunkcja śródbłonna wiąże się z adhezją monocytów i limfocytów do ścian naczyń. Po przekształceniu się monocytów w makrofagi dochodzi do wyłapywania utlenionych cząsteczek LDL cholesterolu (oxy LDL) i tworzenia komórek piankowatych. Nasilenie ekspresji cząsteczek adhezyjnych indukuje stan zapalny i aktywność prozakrzepową śródbłonna. Dysfunkcja śródbłonna wiąże się ze zwiększoną aktywnością prozapalną i proagregacyjną, wpływa na zwiększenie ciśnienia tętniczego krwi. Dodatkowo wolne rodniki aktywując płytki krwi wpływają na ich adhezję do komórek śródbłonna prowadząc do inicjacji procesów zatorowo-zakrzepowych.¹¹⁶ W świetle badań zarówno przedklinicznych jak i klinicznych polifenole wykazują działanie ochronne na śródbłonek, zmniejszają nasilenie procesów zapalnych, wpływają na obniżenie ciśnienia tętniczego krwi.

Mechanizmy kardioprotekcyjne polifenoli przejawiają się w:¹¹⁷

- ograniczeniu adhezji i agregacji płytek krwi oraz zmniejszeniu uwalniania czynników płytkowych,
- redukcji wolnych rodników tlenowych,
- przeciwdziałaniu oksydacji lipoprotein LDL,
- chelatowaniu jonów metali (żelaza i miedzi) – katalizatorów reakcji oksydacji lipidów,
- zwiększaniu produkcji tlenku azotu (NO) i prostacykliny PGI₂,
- zmniejszaniu ekspresji i uwalniania naczyniowo-śródbłonkowego czynnika wzrostu (VEGF).

W jednej z meta-analiz wskazano, iż konsumpcja soku pomarańczowego ≥ 500 ml/dzień wiązała się z obniżeniem stężenia cholesterolu całkowitego i LDL-cholesterolu.¹¹⁸ W innej meta-analizie wykazano odwrotny związek między konsumpcją soku pomarańczowego a występowaniem udaru przy konsumpcji do 200 ml soku z pomarańczy, natomiast wszystkich zdarzeń sercowo-naczyniowych przy spożyciu do 170 ml/dzień. Efekt ten występował prawdopodobnie na skutek wpływu składników bioaktywnych na obniżenie

ciśnienia tętniczego krwi – systolicznego o 3,14 mmHg i diastolicznego o 1,68 mmHg.¹¹⁹ Efekt obniżający diastoliczne ciśnienie tętnicze krwi został także zauważony w przypadku konsumpcji soku z granatu w ilościach do 240 ml (uznano tę ilość jako wartość graniczną). Przy czym efekt redukujący wartość systolicznego ciśnienia był większy w przypadku stosowania interwencji do 12 tygodni w porównaniu z obserwacjami dłuższymi (<12 tygodni: średnia ważona różnic = -5,83 mmHg, 95% CI: -10.05 to -1.61, p = 0.007 i >12 tygodni średnia ważona różnic = -4,36 mmHg, 95% CI: -7.89 to -0.82, p = 0.016). Autorzy meta-analizy zasugerowali włączenie soku z granatów do diety stosowanej w profilaktyce chorób układu sercowo-naczyniowego.¹²⁰ Mimo, iż nie potwierdzono istotnego wpływu soku z granatu na obniżenie stężenia białek adhezyjnych ICAM, VCAM i e-selektyny na powierzchni śródbłonna, to potwierdzono istotne obniżenie stężenia interleukiny-6 wykazującej charakter prozapalny. W badaniach włączonych do analizy były wykorzystane dawki od 50 do 250 ml/dzień przy interwencjach trwających od 2 do 48 tygodni. Autorzy zwrócili uwagę na konieczność prowadzenia kolejnych badań z randomizacją w dłuższych przedziałach czasowych.¹²¹

Kolejna meta-analiza dostarczyła podobnych wniosków w odniesieniu do konsumpcji soku z żurawiny i wiśni.¹²² Spożycie średnio 432 ml soku z żurawiny dziennie prowadziło do obniżenia zarówno ciśnienia skurczowego jak i rozkurczowego, natomiast w przypadku spożycia do 330 ml soku z wiśni do zmniejszenia wartości ciśnienia skurczowego (odpowiednio, systoliczne ciśnienie - 1,52 mmHg [95% CI - 2.97 to - 0.07; P = 0.05], diastoliczne -1,78 mmHg [95% CI - 3.43 to - 0.12, P = 0.04 dla soku z żurawiny i dla soku wiśniowego systoliczne -3,11 mmHg [95% CI - 4.06 to - 2.15; P = 0.02]). Autorzy podkreślają jednak, że małe grupy badanych, brak badania składu i jakości soków wykorzystywanych w interwencjach, a także aplikacja soków w ilościach nie spożywanych w zwyczajowych porcjach utrudnia formułowanie wiążących wniosków. Pozwala jedynie na wskazanie kierunku dalszych badań.¹²²

Sok z buraków jest naturalnym źródłem tlenu azotu (NO₃), który wykazuje między innymi właściwość rozszerzającą naczynia krwionośne. Ciekawych wniosków dostarczyła meta-analiza poświęcona wpływowi soku z buraków na wartości ciśnienia tętniczego krwi.¹²³ Ogółem, ciśnienie systoliczne było o 3,55 mmHg, natomiast diastoliczne o 1,32 mmHg niższe w porównaniu z grupą kontrolną (-3.55 mm Hg; 95% CI: -4.55, -2.54 mm Hg i -1.32 mm Hg; 95% CI: -1.97, -0.68 mm Hg, odpowiednio). Średnia różnica była większa w grupie stosującej sok z buraków powyżej 14 dni w porównaniu z grupą poddaną krótszej obserwacji (-5,11 vs. - 2,67 mmHg). Wykazano także zależność efektu od dawki, przy czym większy efekt obniżający ciśnienie tętnicze krwi odnotowano przy konsumpcji 500 ml soku dziennie w porównaniu z grupą spożywającą 70 czy 140 ml/dzień. Autorzy podkreślają, iż wpływ na obniżenie ciśnienia tętniczego krwi poza NO₃ mają także polifenole, o czym mogą świadczyć wyniki wielu badań z udziałem soku z buraków nie zawierającego NO₃, natomiast mającego porównywalne właściwości wazodylatacyjne (rozszerzające naczynia krwionośne). Jednak aby wprowadzić sok z buraków do terapii nadciśnienia tętniczego wymagane są dalsze badania z wystandaryzowanym pod względem zawartości tlenu azotu i polifenoli produktem i prowadzone w dłuższym okresie.¹²³

W kontekście wpływu soków na ryzyko chorób układu sercowo-naczyniowego oceniono także sok lub wyciągi z owoców aronii zawierających bardzo zbliżony skład polifenoli. Wykazano, iż dawka 300 mg/dzień polifenoli z aronii, stosowana do 10 tygodni wpływała istotnie klinicznie na obniżenie stężenia LDL cholesterolu a podwyższenie cholesterolu HDL. Nie mniej

potrzebne są dalsze badania zwłaszcza z randomizacją, przeprowadzone na bardziej jednorodnych grupach badanych celem wskazania skutecznej dawki w leczeniu hiperlipidemii.¹²⁴

W jednym z badań randomizowanych oceniono wpływ soku z żurawiny w dawce 500 ml/dzień przyjmowanego przez 8 tygodni w grupie osób z nadwagą i otyłością na wartości ciśnienia tętniczego. Odnotowano pozytywny wpływ ale tylko na wartości ciśnienia diastolicznego oraz profil lipidowy. Prawdopodobnie wyjściowy status zapalny określany przy użyciu CRP decydował o wynikach, nie mniej wymagane są dalsze badania.¹²⁵

Wiele uwagi w literaturze skupiono na wpływie dawki soku z winogron odmiany CONCORD na czynniki ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego. W analizie wyników pochodzących z badań klinicznych wykorzystano analizę regresji aby wskazać potencjalny wpływ zwyczajowo spożywanych porcji 118 ml (jako pół szklanki) i 237 ml (szklanka) na wartości ciśnienia tętniczego, rozszerzalność tętnicy promieniowej, funkcje płytek. Wykazano, iż dzienna konsumpcja 118 lub 237 ml soku z winogron tej odmiany mogłaby doprowadzić do obniżenia wartości ciśnienia systolicznego o 2,16 i 3,07 mmHg oraz diastolicznego o 0,86 do 1,49 mmHg, odpowiednio do konsumowanych dawek. Istotnej poprawy, w zależności od ilości wypijanego dziennie soku z winogron, od 0,24 do 0,46 można byłoby oczekiwać także w zakresie rozszerzalności tętnicy promieniowej. Działania te w długiej perspektywie mogłyby przełożyć się na obniżenie ryzyka ostrego zespołu wieńcowego, udaru niedokrwinnego i interwencji naczyniowych.¹²⁶ Ogółem odnotowano, iż konsumpcja soków 100% z owoców przyczyniła się do obniżenia ryzyka wystąpienia udaru mózgu o 18%, natomiast zgonu z tego powodu o 33%. Ponadto Autorzy przeglądu na podstawie wyników meta-analizy uznali, iż owoce oraz soki owocowe w równym stopniu jak warzywa obniżają ryzyko zdarzeń sercowo-naczyniowych. Zasugerowali konieczność ponownego rozpatrzenia soków w kontekście ich udziału w realizacji zaleceń dotyczących dziennej konsumpcji owoców.¹²⁷

Soki z owoców są badane także w obszarze diety sportowej. Wskazano, iż konsumpcja soków bogatych w polifenole po wysiłku fizycznym redukuje nasilenie zespołu opóźnionej bólesci mięśniowej, a także przyspiesza regenerację mięśni, z maksymalnym efektem 48 do 72 godzin po wysiłku. Pomimo, iż jakość dowodów jest umiarkowana do niskiej to zagadnienie stanowi nowy obszar badań.¹²⁸ Podobnych wniosków dostarczył inny przegląd systematyczny, tym razem poświęcony polifenolom pochodzącym z soku z granatu. Potwierdzono wpływ antyoksydacyjny i obniżający nasilenie stanu zapalnego zarówno w trakcie jak i po wysiłku fizycznym, poprzez poprawę parametrów kardiologicznych, większej wytrzymałości, a także regenerację powysiłkową.¹²⁹

2. WPŁYW NA MARKERY STANU ZAPALNEGO, DZIAŁANIE PRZECIWNOWOTWOROWE SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH OBECNYCH W SOKACH

Niestety niewiele badań poświęconych jest wpływowi soków na funkcjonowanie układu odpornościowego. Dostępne publikacje w największym stopniu odnoszą się do soków z owoców cytrusowych. Soki z cytrusów zawierają nie tylko witaminę C i foliany niezbędne w obniżaniu skutków stresu oksydacyjnego, ale przede wszystkim składniki bioaktywne takie jak hesperydyna i narirutyna. Badania wskazują, iż zawartość polifenoli jest porównywalna w sokach świeżo wyciskanych w domu z tymi produkowanymi komercyjnie (odpowiednio $62,9 \pm 5,94$ mg/100 ml i $63,3 \pm 5,85$ mg/100 ml soku). Polifenole wspomagają funkcjonowanie układu odpornościowego poprzez kontrolę stopnia nasilenia stanu zapalnego, a także wspieranie odpowiedzi komórkowej wrodzonej i nabytej. Działanie przeciwzapalne wyrażone jest między innymi poprzez hamowanie syntezy czynnika transkrypcyjnego NF-kappa B, odgrywające role w transkrypcji genów kodujących białka w stanie zapalnym.¹³⁰

Ciekawych obserwacji dostarcza badanie Ghanima i wsp. (2010),¹³¹ w którym wykazano, iż spożycie soku z pomarańczy po posiłku wysokotłuszczowym i wysokowęglowodanowym redukuje nasilenie stanu zapalnego. Dostępne badania wskazują na być może równoważący wpływ soków z owoców o wysokim potencjale antyoksydacyjnym na niwelowanie skutków stresu metabolicznego powstałego na skutek konsumpcji posiłków bogatych w tłuszcze i węglowodany proste, zwłaszcza w odniesieniu do soku z żurawiny [Burton-Freeman et al. 2010; Morabito et al. 2015].^{132,133}

W jednej z meta-analiz wskazano, iż sok z pomarańczy obniża wskaźnik zapalny CRP w porównaniu z grupą kontrolną (CRP średnioważona różnica: -0.467 mg/l, 95% CI: -0.815, -0.120, $p = 0.008$).¹¹⁸ Car i wsp. (2022)⁸⁹ dowiedli, iż konsumpcja soku z pomarańczy od 237 do 1000 ml/dzień powoduje znaczące obniżenie stężenia interleukiny-6 (spulowana różnica: -1,51 pg/mL; 95% CI: -2.31, -0.70), także nieistotne statystycznie obniżenie wysokoczułego CRP oraz wolnego aldehydu malonowego (marker stresu oksydacyjnego, głównie peroksydacji tłuszczów). Wyniki sugerują wpływ 100% soku z pomarańczy na redukcję stanu zapalnego, ale nadal wyniki powinny być interpretowane z ostrożnością z uwagi na niską siłę dowodów, umiarkowane ryzyko błędu i niewielkie liczby badanych uwzględnionych w interwencjach. Podobny efekt został odnotowany dla produktów z ciemnych winogron, w tym także soku. Przy czym efekt był większy w grupie osób konsumujących > 500 mg polifenoli dziennie w okresie dłuższym niż 12 tygodni.¹³⁴

Sok z granatów także wykazuje działanie przeciwoksydacyjne i przeciwzapalne. Większość badań skupiających się na wpływie soku z granatów na wykładniki stanu zapalnego niestety zostało przeprowadzonych na modelach zwierzęcych i mimo obiecujących wyników w zakresie wspomagania leczenia nowotworów prostaty, cukrzycy, zespołu jelita drażliwego czy hiperlipidemii, nie można tych wyników przełożyć na populację ludzką.¹³⁵ Eghbal i wsp. (2021)¹³⁶ przeprowadzili analizę wyników

wyłącznie badań klinicznych skoncentrowanych na wpływie soku lub wyciągu z granatu na wykładniki stanu zapalnego lub markery nowotworowe. Mimo rozbieżnych wyników badań w zakresie oddziaływania na CRP, interleukinę-6 czy wskaźnik PSA (w przypadku nowotworów prostaty), autorzy wskazują na konieczność kontynuowania dobrze zaprojektowanych badań wobec niepodważalnego wpływu antyoksydacyjnego licznych składników bioaktywnych obecnym w soku z granatu (flawonole, flawony tj. katechina, epikatechina, gallokatechina, kempferol, kwercetyna czy apigenina).¹³⁶ Także Wong i wsp. (2021)¹³⁷ dowiedli w swoim przeglądzie literatury pozytywnego oddziaływania na mechanizmy antynowotworowe zarówno soku jak i ekstraktów z owocu granatu zarówno w badaniach na liniach komórkowych jak i na modelach zwierzęcych. Przedstawiono także wyniki badań klinicznych z udziałem chorych na nowotwór piersi, prostaty i jelita grubego. Wyniki wskazały na działanie antyproliferacyjne i przeciwzapalne polifenoli zawartych w granacie, jednak w większości badań wykorzystano skoncentrowane ekstrakty, a nie soki w ilościach wypijanych zwyczajowo. Autorzy wskazali na konieczność prowadzenia badań długofalowych i konieczność opracowania czułych i swoistych dla danego nowotworu markerów.¹³⁷

Podobnie w przypadku soku z jabłek, większość badań *in vitro* dostarcza dowodów na wpływ oligomerycznych procyanidyn obecnych w ekstraktach z jabłek, w tym soków na aktywność antymutagenną, modulację metabolizmu kancerogenów, aktywność antyoksydacyjną, antyproliferacyjną i indukującą apoptozę. Badania epidemiologiczne wskazują, iż spożycie minimum 1 jabłka dziennie może obniżyć ryzyko wystąpienia raka jelita grubego i płuc.¹³⁸ Działanie antyoksydacyjne i przeciwzapalne wykazano także w przypadku soków z cytrusów i mimo, iż wyniki w większości pochodziły z badań przedklinicznych to Autorzy wskazali dalszy kierunek badań mających na celu chemoprewencyjną aktywność składników bioaktywnych zarówno w profilaktyce jak i wspomaganiu leczenia nowotworów.¹³⁹ Wymagane są dalsze badania kliniczne z udziałem jednorodnych grup chorych celem opracowania efektywnych i bezpiecznych zaleceń. Szczególny nacisk powinien być położony na badania określające wyraźny związek między dawką a odpowiedzią.

3. WPŁYW NA FUNKCJE POZNAWCZE SKŁADNIKÓW BIOAKTYWNYCH OBECNYCH W SOKACH

W przeglądzie badań epidemiologicznych i randomizowanych, Rastani i wsp. (2021)¹⁴⁰ wykazali, że konsumpcja soku z ciemnych winogron w ilości 200-500 ml/dzień wpływała na poprawę funkcji poznawczych (pamięć, uczenie się, czas reakcji, orientacja), zwłaszcza u osób z łagodną formą zaburzeń. Główną rolę przypisuje się resweratrolowi, związkowi bioaktywnemu obecnemu w tych owocach.¹⁴⁰

W jednym z ostatnich badań z randomizacją wykazano pozytywny efekt soku z owoców tropikalnych bogaty w polifenole na funkcje poznawcze u kobiet w średnim wieku, głównie zaobserwowano poprawę pamięci, zdolność uczenia się, szybkości przetwarzania informacji i funkcji wzrokowo-motorycznych. Badane otrzymywały przez 10 tygodni, 1500 ml soku przez 3 dni w tygodniu (9135 kwasu galusowego jako równoważnika związków fenolowych i 194,1 mg glukozydu – 3- cyjanidyny jako równoważnika monomerów antocyjanów).¹⁴¹ Także Lampert i wsp. (2016)¹⁴² stwierdzili poprawę pamięci przestrzennej i zdolności kierowania pojazdów u kobiet w wieku 40-50 lat, które wypijały codziennie przez 4 miesiące 355 ml soku z winogron odmiany Concord (777 mg polifenoli).

Ogólne funkcje poznawcze uległy poprawie w grupie osób starszych, po 8 tygodniowej interwencji polegającej na włączeniu do diety 500 ml soku z pomarańczy/dzień (305 mg flawanonów). Nie odnotowano wpływu na obniżenie ciśnienia tętniczego i poprawę nastroju.¹⁴³ Ciekawe badanie zostało przeprowadzone przez Krikorian i wsp. (2012),¹⁴⁴ którzy podawali osobom starszym z łagodnymi zaburzeniami poznawczymi sok z winogron Concord w dawce 6,7 – 7,8 ml/kg masy ciała 3 razy w ciągu dnia. Po 16 tygodniach interwencji odnotowano znaczącą poprawę funkcji poznawczych, a także aktywację przedniego i tylnego regionu prawej półkuli mózgu, co potwierdzałoby wpływ soku z ciemnych winogron odmiany Concord na funkcje neurokognitywne.¹⁴⁴ Podobne działanie wykazywał sok z granatów podawany osobom zgłaszającym łagodne zaburzenia pamięci, przez 4 tygodnie w ilości 237 ml. Badanie wykazało wzrost aktywności fMRI podczas zadań werbalnych i wzrokowych w porównaniu z grupą otrzymującą placebo. Poprawie uległy też wyniki testu pamięci werbalnej wg Buschke Selective Reminding Test).¹⁴⁵

REKOMENDACJE

Główne ustalenia: Wytyczne żywieniowe promują spożywanie owoców w ramach zrównoważonej i zdrowej diety, jednakże zalecają one umiarkowane spożycie owoców w formie soku, aby było ono uzupełnieniem, a nie zastąpieniem spożywania owoców. Ponadto należy pamiętać, aby podobnie jak owoce, spożycie soku było wliczone do bilansu energetycznego codziennej diety.

Pomimo wątpliwości, które dotyczą niepożądanego wpływu metabolicznego następującego po konsumpcji soków, wykazano, że soki owocowe nie mają istotnego negatywnego wpływu na kontrolę glikemii u osób bez zaburzonych funkcji wydzielniczych trzustki. Uważa się, że obecność naturalnie występujących cukrów w obecności występującego w nim błonnika i polifenoli nie skutkuje niekorzystnym wpływem na homeostazę glukozy i insuliny na czczo oraz w okresie po posiłkowym. Mechanizm, dzięki któremu sok owocowy może mieć korzystny wpływ na kontrolę glikemii, nie jest jednoznaczny, dlatego konieczne są dalsze badania, aby zrozumieć ten efekt.

Skład fitochemiczny soków zawierających miąższ jest zbliżony, a nawet bogatszy w przypadku niektórych owoców, w porównaniu z pełnymi owocami. Aktywność antyoksydacyjna dzięki wysokiej zawartości składników bioaktywnych, wydaje się zbliżona do surowych owoców i warzyw. Stąd być może zasadnym byłoby rozważenie zaleceń żywieniowych w kontekście włączenia wybranych soków o wysokim potencjale antyoksydacyjnym, zastępujących porcję owoców.

Badania wskazują, iż soki, zwłaszcza z owoców granatu, żurawiny, ciemnych winogron odmiany Concord, wiśni czy owoców cytrusowych charakteryzują się szerokim wachlarzem składników bioaktywnych znajdujących zastosowanie kardioprotekcyjne, chemoprewencyjne, a w ostatnim czasie wykazano, że potencjalnie także neuroprotektoryjne. Mimo obiecujących wyników wielu badań klinicznych nadal brakuje danych dotyczących efektywnej dziennej podaży soków z poszczególnych owoców.

- Ograniczenia istniejących badań:**
- Należy podkreślić, że liczba uczestników w niektórych przedstawionych badaniach była stosunkowo mała, co utrudnia postawienie jednoznacznych konkluzji, a uzyskane wnioski należy interpretować z ostrożnością.
 - Zmienność niektórych parametrów interwencji, populacji i ogólnego projektu badania również stanowi istotny czynnik zakłócający syntezę zebranych wyników z poszczególnych badań.

Kierunki przyszłych badań:

- Aby dokładniej wyjaśnić wpływ soku owocowego na wskaźniki homeostazy glukozy i insuliny rekomendowane są dalsze badania na różnych grupach populacyjnych. Dodatkowo, badania powinny uwzględnić powszechnie spożywane rodzaje soków podawanych w umiarkowanych porcjach, odzwierciedlających zalecenia dietetyczne.
- Cennym byłoby opracowanie listy soków z konkretnych owoców w ujęciu ilościowym (spożycie na dzień) celem stworzenia tabeli równoważników owoców. Zalecenia dotyczące konsumpcji soków powinny być precyzyjnie określone ze wskazaniem dziennej ilości, czasu stosowania, grupy konsumentów, a także ewentualnych przeciwwskazań.
- Planowane badania powinny precyzyjnie określać efektywną dawkę soku, czas stosowania do uzyskania trwałych efektów terapeutycznych, sposób żywienia badanego, a także czytelne i wiarygodne markery wskazujące na zmiany przebiegu poszczególnych jednostek chorobowych, czy zaburzeń. Celem ujednolicenia badań i możliwość porównania wyników sugeruje się standaryzację soków wykorzystywanych w badaniach interwencyjnych.
- Ważne jest także zaplanowanie na większą skalę badań nad właściwościami soków z owoców ze strefy umiarkowanej (sok z jabłek, aronii, czarnej porzeczki, wiśni, truskawki, śliwki i agrestu) oraz soków z krajowych warzyw (marchew, dynia, burak). Uzyskanie wiarygodnych danych naukowych z tego rodzaju badań jest niezbędne dla ugruntowania pozycji tych przetworów jako ważnych składników zróżnicowanej diety.
- Wymagane są dalsze badania kliniczne prowadzone w jednorodnych grupach, w dłuższej perspektywie czasowej, z jasno określoną dawką soku możliwego do spożycia w dziennej racji pokarmowej, z uwzględnieniem podaży cukrów i energii.

KRYTYCZNA OCENA WYBRANYCH DOWODÓW NAUKOWYCH DOTYCZĄCYCH SOKÓW

Pierwszy autor (rok)	Typ badania / poziom wiarygodności*	Populacja	Wielkość próby / grupy	Rodzaj soku
Visuthranukul i wsp. (2022) ⁸⁰	Próba kliniczna pre-post test (poziom III)	Tajlandia	12 zdrowych, nieotyłych ochotników.	100% sok pomarańczowy Florida z miąższem / Sok pomarańczowy 100% z mandarynek / 100% mieszany sok z czarnej porzeczki z truskawkami i czerwonymi winogronami / Veggie V9 – pomarańczowa marchewka, 40% mieszany sok owocowy, 60% mieszany koncentrat soku warzywnego.
Cel badania	Głównym celem badania było ilościowe określenie wartości GI (indeks glikemiczny) i GL (ładunek glikemiczny) dostępnych na rynku soków owocowych w Tajlandii. Drugim celem była ocena poposiłkowego wydzielania insuliny, a także jego korelacji ze stosunkiem fruktozy do glukozy i zawartością błonnika w różnych sokach owocowych.			
Wyniki	Poziom glukozy i insuliny w osoczu osiągnął szczyt po 30 minutach od spożycia napoju, a następnie zaczął spadać po 120 minutach. Sok z mandarynek miał najniższy GI (34,1 ± 18,7) i GL (8,1 g). Veggie V9 miał najwyższy IG (69,6 ± 43,3), ale plasował się w trzecim zakresie GL (12,4 g). Odpowiedzi na insulinę dobrze korelowały z GI. Stosunek fruktozy do glukozy był odwrotnie proporcjonalny do GI i insuliny dla wszystkich badanych soków owocowych. Zawartość błonnika w badanych sokach nie korelowała z indeksami glikemicznym i insulinowym.			
Wniosek końcowy	Indeksy glikemiczne soków owocowych były zróżnicowane, ale konsekwentnie wykazywały dodatnią korelację z indeksami insuliny. Soki owocowe o niskim IG są zdrowszym wyborem dla osób z cukrzycą, a także osób, które mają skłonności do zaburzeń glikemii, ponieważ powodują bardziej subtelne poposiłkowe reakcje na glukozę i wydzielanie insuliny.			
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	5/11 (45,5%)			
Alkutbe i wsp. (2020) ⁸²	Badanie quasi-eksperymentalne w układzie krzyżowym (poziom III)	Wielka Brytania	36 uczestników: 24 zdrowych nieotyłych (BMI < 25,0) i 12 otyłych (BMI > 30,0).	1 ramię badania: sok z malin (z pestkami) z mango. 2 ramię badania: sok z marakui (z pestkami) z mango.
Cel badania	Wpływ ekstrakcji składników odżywczych na poposiłkową odpowiedź glikemiczną u osób z otyłością i normalną masą ciała. Wysłano hipotezę, że spożywanie owoców z pestkami obniży odpowiedź glikemiczną, ponieważ błonnik (oraz tłuszcze/białka) zostaną uwolnione z pestek. Można to porównać do zjedzenia całego owocu, gdzie większość pestek jest nienaruszona. W związku z tym zbadano wpływ pestek owoców (malin i marakui) w połączeniu z mango na efekt ekstrakcji składników odżywczych.			
Wyniki	Wykazano, że ekstrakcja składników odżywczych istotnie obniża indeks glikemiczny w porównaniu do jedzenia całych owoców u osób z otyłością (malina/mango: 25,43 ± 18,20 vs. 44,85 ± 20,18, p = 0,034 i marakuja/mango (26,30 ± 25,72 vs. 42,56 ± 20,64), p = 0,044). Podobne wyniki uzyskano u osób o prawidłowej masie ciała.			
Wniosek końcowy	Badanie wskazuje, że ekstrakcja składników odżywczych z malin i marakui zmieszanych z mango obniża indeks glikemiczny nie tylko u osób o prawidłowej masie ciała, ale także u osób z otyłością. Dane te skłaniają do poszerzenia przyszłych badań nad potencjałem ekstrakcji składników odżywczych w celu umożliwienia zwiększonego spożycia owoców bez powodowania wysokiej odpowiedzi glikemicznej, w szczególności u osób z otyłością, insulinoopornością i innymi zaburzeniami glikemii.			
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	6/11 (54,5%)			
Guzman i wsp. (2021) ⁸³	Badanie RTC w układzie krzyżowym, 3-ramienne (poziom II)	Stany Zjednoczone	Badanie 1: 17 osób dorosłych [65% kobiet w wieku 39,3 ± 3,1 lat i BMI 24,6 ± 0,7]; Badanie 2: 45 osób dorosłych (47% kobiet w wieku 25,1 ± 4,3 lat i BMI 22,5 ± 1,6).	100% sok pomarańczowy o ustalonej zawartości cukru (OJ); 100% sok pomarańczowy z dodatkiem wytlóków (OP) jako źródło 5 g błonnika; Całe owoce pomarańczy (WOF).

Cel badania	W dwóch oddzielnych badaniach określono wpływ dodatku OP (wytłoki pomarańczowe) do 100% soku pomarańczowego na poposiłkową odpowiedź glikemiczną w porównaniu do czystego soku pomarańczowego o ustalonej zawartości cukru (OJ) lub całych owoców pomarańczy (WOF). Stężenia glukozy (pole powierzchni pod krzywą przyrostu glukozy - iAUC) i insuliny mierzono na czczo i w wielu punktach czasowych w ciągu 2 godzin po spożyciu badanego produktu (badanie 1: surowica; badanie 2: osocze).
Wyniki	W badaniu 1 wartość iAUC glukozy nie była znacząco niższa w przypadku 100% sok pomarańczowy z dodatkiem OP porównaniu z OJ lub WOF (odpowiednio 825 ± 132 w porównaniu z 920 ± 132 i 760 ± 132 $\text{mg} \cdot \text{min} \cdot \text{dL}^{-1}$, $p = 0,570$). W badaniu 2 wartość iAUC glukozy była istotnie niższa w WOF w porównaniu z 100% sokiem pomarańczowym z dodatkiem OP i OJ ($689 \pm 70,7$ w porównaniu z $892 \pm 70,7$ i $974 \pm 70,7$ $\text{mg} \cdot \text{min} \cdot \text{dL}^{-1}$, odpowiednio $P = 0,020$ i $0,001$). Dane z obu badań wskazują, że 100% sok pomarańczowy z dodatkiem OP zmniejszył Cmax w porównaniu z OJ i że redukcje były porównywalne z WOF (badanie 1: OP, $115 \pm 4,06$ w porównaniu z OJ, $124 \pm 4,06$ i WOF, $114 \pm 4,06$ $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$, $P = 0,002$ i $0,750$, badanie 2: OP, $128 \pm 1,92$ w porównaniu z OJ, $136 \pm 1,92$ i WOF, $125 \pm 1,92$ $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$, $P =$ odpowiednio $0,001$ i $0,280$).
Wniosek końcowy	Dane z obu badań nie wykazały istotnego wpływu OP na poposiłkowe iAUC w porównaniu z OJ. Jednak dodanie OP do OJ osłabia poposiłkowe Cmax glukozy, a odpowiedzi były porównywalne z WOF u zdrowych osób dorosłych.
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	8/11 (72,7%)

* 8 poziomów wiarygodności dowodowej wg. Guyatt & Sackett (1995)⁷²

** krytyczna ocena badania wg. listy kontrolnej CASP (*Critical Appraisal Skills Programme*)⁷¹

Pierwszy autor (rok)	Typ badania wtórnego / poziom wiarygodności*	Rodzaj soku
Wang i wsp. (2014) ⁹⁶	Przegląd systematyczny z meta-analizą (poziom I)	Różne soki owocowe
Cel badania	Analiza dowodów naukowych z badań RTC oceniających wpływ soku owocowego na kontrolę glikemii i wrażliwość na insulinę.	
Wyniki	W meta-analizie uwzględniono 12 badań obejmujących łącznie 412 pacjentów. Liczba tych badań, w których podano dane dotyczące stężenia glukozy na czczo, insuliny na czczo, HbA1c i HOMA-IR, wynosiła odpowiednio 12, 5, 3 i 3. Spożycie soków owocowych nie wykazało istotnego wpływu na stężenie glukozy i insuliny na czczo. Zmiana netto wyniosła 0,79 mg/dl (95% CI: -1,44; 3,02 mg/dl; P = 0,49) dla stężeń glukozy na czczo i -0,74 µU/ml (95% CI: -2,62; 1,14 µU/ml; P = 0,44) dla stężeń insuliny na czczo w modelu z efektami stałymi. Analizy podgrup sugerowały ponadto, że na wpływ soku owocowego na stężenie glukozy na czczo nie miał wpływu region populacji, wyjściowe stężenie glukozy, czas trwania, rodzaj soku owocowego, indeks glikemiczny soku owocowego, skład odżywczy soku owocowego, całkowita dawka polifenoli.	
Wniosek końcowy	Meta-analiza wykazała, że soki owocowe mogą nie mieć ogólnego wpływu na stężenie glukozy i insuliny na czczo.	
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	6/8 (75,0%)	
Murphy i wsp. (2017) ⁷⁸	Przegląd systematyczny z meta-analizą (poziom I)	Różne 100% soki owocowe
Cel badania	Systematyczny przegląd i ilościowe podsumowanie wyników badań z randomizacją (RCT) oceniających wpływ 100% soku owocowego na homeostazę glukozy i insuliny.	
Wyniki	Wykorzystując dane z osiemnastu RCT, meta-analiza oceniała średnią różnicę stężenia glukozy we krwi na czczo (16 badań), insuliny na czczo (jedenaście badań), homeostatycznego modelu oceny insulinooporności (HOMA-IR; 7 badań) i glikozylowanej Hb (HbA1c; 3 badania) między grupami interwencyjnymi 100% soków owocowych a grupami kontrolnymi przy użyciu modelu efektów losowych. W porównaniu z grupą kontrolną 100% sok owocowy nie miał istotnego wpływu na stężenie glukozy we krwi na czczo (-0,13 (95% CI -0,28, 0,01) mmol/l; P = 0,070), insulinę na czczo (-0,24 (95% CI -3,54, 3,05) pmol/l; P = 0,890), HOMA-IR (-0,22 (95% CI -0,50, 0,06); P = 0,130) lub HbA1c (-0,001 (95% CI -0,38, 0,38); P = 0,28). Wyniki analiz warstwowych i jednoczynnikowych metaregresji również w dużej mierze wykazały brak istotnych związków między 100% sokiem owocowym a pomiarami kontroli glukozy.	
Wniosek końcowy	Wyniki tej meta-analizy RCT sugerują neutralny wpływ 100% soku owocowego na kontrolę glikemii. Wyniki te są zgodne z wynikami niektórych badań obserwacyjnych sugerujących, że spożywanie 100% soku owocowego nie wiąże się ze zwiększonym ryzykiem cukrzycy.	
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	6/8 (75,0%)	
Cirmi i wsp. (2017) ¹³⁹	Przegląd systematyczny z badań przedklinicznych (poziom V)	Różne soki z cytrusów
Cel badania	Podsumowanie dowodów naukowych z badań klinicznych i przedklinicznych dotyczących potencjału soków cytrusowych i ich ekstraktów jako środków przeciwnowotworowych.	
Wyniki	22 badania spełniły kryteria włączenia i kwalifikowały się do włączenia do przeglądu końcowego. Ze względu na rodzaj badań wybrane badania podzielono na badania przedkliniczne (n = 20) i obserwacyjne (n = 2). 12 publikacji z badań przedklinicznych oceniało wpływ soków cytrusowych <i>in vitro</i> na modele eksperymentalne, a 8 na modelach <i>in vivo</i> . Znalezione tylko 2 badania kliniczne obserwacyjne spełniające kryteria przeglądu systematycznego. Prospektywne badanie kohortowe mające na celu ocenę wpływu spożycia warzyw i owoców oraz ryzyka wystąpienia zmian przednowotworowych w jamie ustnej w USA. Autorzy zaobserwowali istotne odwrotne zależności ze spożyciem owoców cytrusowych i ich soków (głównie pomarańczowego) wykazując o 30–40% mniejsze ryzyko przy większym spożyciu (np. sok z owoców cytrusowych RR = 0,65, IC 95%: 0,42, 0,99).	
Wniosek końcowy	Badania omówione w tym przeglądzie zdecydowanie potwierdzają rolę soków cytrusowych i ich pochodnych jako potencjalnych czynników przeciwnowotworowych.	
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	7/8 (87,5%)	
Sarkhosh-Khorasani i wsp. (2021) ¹³⁴	Przegląd systematyczny z meta-analizą (poziom I)	Produkty z winogron zawierające polifenole
Cel badania	Meta-analiza badań RCT została przeprowadzona w celu określenia wpływu produktów winogronowych zawierających polifenole na stężenie CRP.	
Wyniki	Meta-analizę przeprowadzono na 17 kwalifikujących się RCT obejmujących łącznie 668 uczestników. Na podstawie wyników stwierdzono, że produkty gronowe zawierające polifenole istotnie obniżyły poziom CRP (SMD = -0,229; 95% CI -0,41, -0,05; P = 0,013). Zgodnie z analizą podgrup, wyższe dawki polifenoli z winogron (>500 mg/d) i dłuższe okresy interwencji (≥12 tygodni) miały znaczący wpływ na poziomy CRP. W tym samym duchu ekstrakt z pestek winogron i inne produkty z winogron, takie jak ekstrakt z winogron, sok i rodzynki, znacznie obniżyły poziom CRP. Zgodnie z wynikami metaregresji poziom CRP zależał od dawki i czasu trwania suplementacji polifenoli winogronowych.	

Wniosek końcowy	Na podstawie ustaleń stwierdzono, że produkty z winogron zawierające polifenole miały znaczący wpływ na poziom CRP. Zdecydowanie zaleca się dalsze dobrze zaprojektowane i długoterminowe badania kliniczne, aby uzyskać bardziej wszechstronne i dokładne wyniki.	
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	6/8 (75,0%)	
Ammar i wsp. (2018) ¹²⁹	Przegląd systematyczny bez meta-analizy (poziom I)	Preparaty na bazie owoców granatu (POM)
Cel badania	Ten systematyczny przegląd miał na celu (i) ocenę istniejącej literatury oceniającej wpływ suplementacji POM na wydajność ćwiczeń i regenerację; uszkodzenia mięśni wywołane wysiłkiem fizycznym, stres oksydacyjny, stany zapalne; i układu sercowo-naczyniowego u zdrowych osób dorosłych oraz (ii) przedstawienie warunków eksperymentalnych, w których suplementacja POM jest mniej lub bardziej korzystna dla wyników ćwiczeń i/lub regeneracji.	
Wyniki	Istniejące dowody sugerują, że suplementacja POM może potencjalnie nadawać działanie przeciwutleniające i przeciwzapalne podczas ćwiczeń i po nich, poprawiać reakcje sercowo-naczyniowe podczas ćwiczeń oraz zwiększać wytrzymałość i wydajność siłową oraz regenerację powysiłkową. Jednak korzystne efekty suplementacji POM okazały się mniej prawdopodobne, gdy (i) stosowano jednostronne ćwiczenia ekscentryczne, (ii) podawany POM nie był bogaty w polifenole (<1,69 g/l) oraz (iii) nie było wystarczającej ilości czasu zapewnione między spożyciem POM a oceną reakcji fizjologicznych/wydajności (≤1 godz.).	
Wniosek końcowy	Przegląd wskazuje, że POM może poprawić wydajność ćwiczeń i przyspieszyć powrót do zdrowia po intensywnych ćwiczeniach. Odkrycia i zalecenia z tego przeglądu mogą pomóc zoptymalizować praktykę suplementacji POM u sportowców i trenerów, aby potencjalnie poprawić wydajność ćwiczeń i regenerację powysiłkową.	
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	6/8 (75,0%)	
Miles i wsp. (2021) ¹³⁰	Przegląd narracyjny (poziom V)	Soki z owoców cytrusowych
Cel badania	Przegląd badań dotyczących wpływu soków z owoców cytrusowych i ich składników bioaktywnych na stany zapalne i odporność.	
Wyniki	Soki z owoców cytrusowych są szczególnie dobrym źródłem witaminy C i kwasu foliowego, które odgrywają rolę w utrzymaniu integralności barier immunologicznych i wspieraniu funkcji wielu typów komórek odpornościowych, w tym fagocytów, komórek NK, komórek T i komórek B. Witamina C jest przeciwutleniaczem i zmniejsza aspekty odpowiedzi zapalnej. Do ważnych bioaktywnych polifenoli w sokach z owoców cytrusowych należą hesperydyna, narirutyna i naringina. Hesperydyna jest glikozydem hesperetyny, podczas gdy narirutyna i naringina są glikozydami naringeniny. Stwierdzono, że hesperydyna, hesperetyna, naringenina, naringina i narirutyna mają działanie przeciwzapalne w układach modelowych, a próby hesperydyny na ludziach donoszą o redukcji markerów stanu zapalnego. Wykazano, że u ludzi sok pomarańczowy ogranicza poposiłkowe zapalenie wywołane posiłkiem o wysokiej zawartości tłuszczu i węglowodanów. Donoszono, że codzienne spożywanie soku pomarańczowego przez okres kilku tygodni zmniejsza markery stanu zapalnego, w tym białko C-reaktywne.	
Wniosek końcowy	Mikroelementy i inne substancje bioaktywne obecne w sokach z owoców cytrusowych odgrywają ważną rolę w kontrolowaniu stresu oksydacyjnego i stanów zapalnych oraz we wspieraniu wrodzonych i nabytych odpowiedzi immunologicznych. Próby na ludziach wykazały, że sok pomarańczowy zmniejsza stany zapalne; jego wpływ na wrodzoną i nabytą odporność wymaga dalszych badań w dobrze zaprojektowanych badaniach w odpowiednich podgrupach populacji, takich jak osoby starsze.	
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	6/8 (75,0%)	
Zurbau i wsp. (2020) ¹²⁷	Przegląd systematyczny z meta-analizą (poziom I)	100% sok owocowy
Cel badania	Ocena związku między różnymi źródłami owoców i warzyw a stanem układu sercowo-naczyniowego na podstawie systematycznego przeglądu i meta-analizy prospektywnych badań kohortowych.	
Wyniki	Włączono osiemdziesiąt jeden kohort obejmujących 4 031 896 osób i 125 112 zdarzeń sercowo-naczyniowych. Owoce i warzywa ogółem, owoce i warzywa były związane ze zmniejszeniem chorób układu krążenia (współczynnik ryzyka, odpowiednio 0,93 [95% CI, 0,89-0,96]; 0,91 [0,88-0,95] i 0,94 [0,90-0,97]), choroby niedokrwiennej serca choroby (odpowiednio 0,88 [0,83-0,92]; 0,88 [0,84-0,92]; i 0,92 [0,87-0,96]) oraz udar (0,82 [0,77-0,88], 0,82 [0,79-0,85] i 0,88 [0,83-0,93]) odpowiednio) częstość występowania. Suma owoców i warzyw, owoców i warzyw była związana ze zmniejszeniem liczby chorób układu krążenia (odpowiednio 0,89 [0,85-0,93]; 0,88 [0,86-0,91] i 0,87 [0,85-0,90]), choroby niedokrwiennej serca (0,81 [0,72-0,92]), odpowiednio 0,86 [0,82-0,90] i 0,86 [0,83-0,89]) oraz udar (odpowiednio 0,73 [0,65-0,81]; 0,87 [0,84-0,91] i 0,94 [0,90-0,99]). Wśród źródeł owocowych były większe korzyści dla owoców cytrusowych, 100% soku owocowego i owoców ziarnkowych, a wśród warzyw allium, marchwi, roślin krzyżowych i zielonych liści. Żadne źródła nie wykazały niekorzystnego związku.	
Wniosek końcowy	Pewność dowodów była „bardzo niska” do „umiarkowanej”, z najwyższą dla sumy owoców i/lub warzyw, owoców ziarnkowych i zielonych warzyw liściastych. Brakuje dobrych kohortowych badań obserwacyjnych dotyczących wpływu spożywania soków owocowych, warzywnych i owocowo-warzywnych na stan układu sercowo-naczyniowego.	

Sumaryczna punktacja wiarygodności**	6/8 (75,0%)	
Bahadoran i wsp. (2017) ¹²³	Przegląd systematyczny z meta-analizą (poziom I)	Sok z buraków
Cel badania	Przegląd i meta-analiza badań RCT mający na celu wyjaśnienie kilku aspektów suplementacji sokiem z buraków na skurczowe ciśnienie krwi (SBP) i rozkurczowe ciśnienie krwi (DBP).	
Wyniki	Włączono 22 RCT przeprowadzone w latach 2009-2017 i obejmujące łącznie 47 grup interwencyjnych (n = 650) i 43 kontrolne (n = 598). Ogólnie rzecz biorąc, SBP (-3,55 mm Hg; 95% CI: -4,55; -2,54 mm Hg) i DBP (-1,32 mm Hg; 95% CI: -1,97; -0,68 mm Hg) były istotnie niższe w grupie suplementowanej sokiem z buraków grupach niż w grupach kontrolnych. Średnia różnica SBP była większa między grupą otrzymującą sok z buraków a grupą kontrolną w dłuższym niż w krótszym (≥ 14 w porównaniu z < 14 d) czasie trwania badania (-5,11 w porównaniu z -2,67 mm Hg) i największa w porównaniu z najniższą (500 w porównaniu z 70 i 140 ml/d) dawkami soku z buraków (-4,78 w porównaniu z -2,37 mm Hg). Zaobserwowano dodatnią korelację między dawkami soku z buraków a średnimi różnicami ciśnień tętniczych. W przeciwieństwie do tego zaobserwowano mniejszą wielkość efektu ciśnienia krwi po suplementacji wyższym NO_3^- (miligramy na 100 ml soku z buraków). Słabą wielkość efektu zaobserwowano w meta-analizie badań, w których jako placebo zastosowano sok z buraków zubożony w NO_3^- w porównaniu z innymi interwencjami (-3,09 w porównaniu z -4,51 mm Hg dla SBP i -0,81 w porównaniu z -2,01 mm Hg dla DBP).	
Wniosek końcowy	Wyniki pokazują obniżające ciśnienie krwi działanie soku z buraków i podkreślają jego potencjalne działanie niezależne od zawartości NO_3^- .	
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	7/8 (87,5%)	
D'Elia i wsp. (2021) ¹¹⁹	Przegląd systematyczny z meta-analizą (poziom I)	100% sok owocowy
Cel badania	Meta-analiza badań prospektywnych i badań z randomizacją (RCT), w których zbadano związek między spożyciem 100% soków owocowych, a profilem ryzyka sercowo-naczyniowego i ryzykiem zdarzeń sercowo-naczyniowych.	
Wyniki	W sumie 21 badań prospektywnych i 35 RCT spełniło kryteria włączenia. Analiza dawka-odpowiedź wykazała istotną odwrotną zależność między niskim i umiarkowanym spożyciem 100% soków owocowych a ryzykiem udaru mózgu (do 200 ml/dobę) lub całkowitą liczbą zdarzeń sercowo-naczyniowych (do 170 ml/dobę) w porównaniu z brakiem spożycia. Nie znaleziono istotnego związku między chorobą niedokrwinną serca a ryzykiem cukrzycy. W RCT wykryto korzystny i znaczący wpływ spożycia 100% soku owocowego na ciśnienie krwi (skurczowe, MD: -3,14 mmHg; s) i funkcji śródbłonna (rozszerzenie zależne od przepływu, 2,10%). Stwierdzono neutralny wpływ na masę ciała, lipidy we krwi i metabolizm glukozy.	
Wniosek końcowy	Wyniki tych analiz wskazują, że spożycie 100% soku owocowego nie wiąże się z wyższym ryzykiem sercowo-naczyniowym. Nieliniowa odwrotna zależność dawka-odpowiedź występuje między spożyciem 100% soków a chorobami sercowo-naczyniowymi, w szczególności w przypadku ryzyka udaru mózgu, prawdopodobnie za pośrednictwem spadku ciśnienia krwi.	
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	6/8 (75,0%)	
Sahebkar i wsp. (2017) ¹²⁰	Przegląd systematyczny z meta-analizą (poziom I)	Sok z owoców granatu
Cel badania	Systematyczny przegląd i meta-analiza dostępnych dowodów z badań RCT oceniających wpływ spożycia soku z granatów na ciśnienie krwi (BP).	
Wyniki	Ilościowa synteza danych z 8 RCT wykazała znaczące zmniejszenie zarówno ciśnienia skurczowego (średnia ważona różnica (WMD): -4,96 mmHg, 95% CI: -7,67 do -2,25, $p < 0,001$), jak i rozkurczowego (WMD: -2,01 mmHg, 95% CI: -3,71 do -0,31, $p = 0,021$) po spożyciu soku z granatów. Wpływ na SBP pozostał stabilny w analizach wrażliwości. Sok z granatów zmniejszał SBP niezależnie od czasu trwania (> 12 tygodni: WMD = -4,36 mmHg, 95% CI: -7,89 do -0,82, $p = 0,016$) i < 12 tygodni: WMD = -5,83 mmHg, 95% CI: -10,05 do -1,61, $p = 0,007$) i spożytej dawki ($> 240 \text{ cm}^3$: WMD = -3,62 mmHg, 95% CI: -6,62 do -0,63, $p = 0,018$) i $< 240 \text{ cm}^3$: WMD = -11,01 mmHg, 95% CI: -17,38 do -4,65, $p = 0,001$, sok z granatów dziennie), podczas gdy dawki $> 240 \text{ cm}^3$ zapewniały graniczny znaczący efekt w zmniejszaniu DBP.	
Wniosek końcowy	Meta-analiza sugeruje stałe korzyści wynikające ze spożywania soku z granatów na BP. Dowody sugerują, że rozważne może być włączenie tego soku owocowego do diety zdrowej dla serca.	
Sumaryczna punktacja wiarygodności**	7/8 (87,5%)	

* 8 poziomów wiarygodności dowodowej wg. Guyatt & Sackett (1995)⁷²

** krytyczna ocena badania wg. listy kontrolnej CASP (Critical Appraisal Skills Programme)⁷¹

PIŚMIENNICTWO

1. Kien CL. Digestible and indigestible carbohydrates. In: Koletzko B, Cooper P, Makrides M, Garza C, Uauy R, Wang W, eds. *Pediatric nutrition in practice*. S Karger AG; 2008:42-46.
2. Galinski G, Gawecki J, Remiszewski M. Strawnosc skrobi natywnych i modyfikowanych. *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 2000;7(3):58-68.
3. Dona AC, Pages G, Gilbert RG, Kuchel PW. Digestion of starch: In vivo and in vitro kinetic models used to characterise oligosaccharide or glucose release. *Carbohydrate Polymers*. 2010/05/05/ 2010;80(3):599-617. doi: 10.1016/j.carbpol.2010.01.002
4. Wright EM, Martín MG, Turk E. Intestinal absorption in health and disease--sugars. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*. Dec 2003;17(6):943-56. doi:10.1016/s1521-6918(03)00107-0
5. Bantle JP, Raatz SK, Thomas W, Georgopoulos A. Effects of dietary fructose on plasma lipids in healthy subjects. *Am J Clin Nutr*. Nov 2000;72(5):1128-34. doi:10.1093/ajcn/72.5.1128
6. Schwarz JM, Noworolski SM, Wen MJ, et al. Effect of a High-Fructose Weight-Maintaining Diet on Lipogenesis and Liver Fat. *J Clin Endocrinol Metab*. Jun 2015;100(6):2434-42. doi:10.1210/jc.2014-3678
7. Wiebe N, Padwal R, Field C, Marks S, Jacobs R, Tonelli M. A systematic review on the effect of sweeteners on glycemic response and clinically relevant outcomes. *BMC medicine*. Nov 17 2011;9:123. doi:10.1186/1741-7015-9-123
8. Herman MA, Birnbaum MJ. Molecular aspects of fructose metabolism and metabolic disease. *Cell Metab*. Dec 7 2021;33(12):2329-2354. doi:10.1016/j.cmet.2021.09.010
9. Hannou SA, Haslam DE, McKeown NM, Herman MA. Fructose metabolism and metabolic disease. *J Clin Invest*. Feb 1 2018;128(2):545-555. doi:10.1172/jci96702
10. Tokarz VL, MacDonald PE, Klip A. The cell biology of systemic insulin function. *J Cell Biol*. Jul 2 2018;217(7):2273-2289. doi:10.1083/jcb.201802095
11. Al-Massadi O, Fernø J, Diéguez C, Nogueiras R, Quiñones M. Glucagon Control on Food Intake and Energy Balance. *Int J Mol Sci*. Aug 11 2019;20(16)doi:10.3390/ijms20163905
12. Araszkievicz A, Bandurska-Stankiewicz E, Borys S, et al. 2022 Guidelines on the management of patients with diabetes. A position of Diabetes Poland. journal article. *Current Topics in Diabetes*. 2022;2(1)
13. Sünram-Lea SI, Owen L. The impact of diet-based glycaemic response and glucose regulation on cognition: evidence across the lifespan. *Proc Nutr Soc*. Nov 2017;76(4):466-477. doi:10.1017/s0029665117000829
14. Dai FJ, Chau CF. Classification and regulatory perspectives of dietary fiber. *J Food Drug Anal*. Jan 2017;25(1):37-42. doi:10.1016/j.jfda.2016.09.006
15. Morrison DJ, Preston T. Formation of short chain fatty acids by the gut microbiota and their impact on human metabolism. *Gut Microbes*. May 3 2016;7(3):189-200. doi:10.1080/19490976.2015.1134082
16. Turner ND, Lupton JR. Dietary Fiber. *Advances in Nutrition*. 2021/11/01/ 2021;12(6):2553-2555. doi:10.1093/advances/nmab116
17. Surampudi P, Enkhmaa B, Anuurad E, Berglund L. Lipid Lowering with Soluble Dietary Fiber. *Curr Atheroscler Rep*. Dec 2016;18(12):75. doi:10.1007/s11883-016-0624-z
18. Gołębek KD, Regulska-Ilow B. Dietary support in insulin resistance: An overview of current scientific reports. *Advances in clinical and experimental*

- medicine : official organ Wroclaw Medical University. Nov 2019;28(11):1577-1585. doi:10.17219/acem/109976
19. Barber TM, Kabisch S, Pfeiffer AFH, Weickert MO. The Health Benefits of Dietary Fibre. *Nutrients*. Oct 21 2020;12(10)doi:10.3390/nu12103209
 20. Kunachowicz H, Nadolna I, Iwanow K, Przygoda B. *Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2017.
 21. U.S. Department of Agriculture. FoodData Central. Accessed 01-03-2023, <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/?query=juice>
 22. Xi B, Li S, Liu Z, et al. Intake of fruit juice and incidence of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *PloS one*. 2014;9(3):e93471. doi:10.1371/journal.pone.0093471
 23. Crowe-White K, O'Neil CE, Parrott JS, et al. Impact of 100% Fruit Juice Consumption on Diet and Weight Status of Children: An Evidence-based Review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2016;56(5):871-84. doi:10.1080/10408398.2015.1061475
 24. Wuenstel J, Wądołowska L, Słowińska M, Niedźwiedzka E, Kowalkowska J, Antoniak L. Consumption of fruit juices and sweetened beverages: Differences related to age, gender and weight among Polish adolescents. *Pol J Food Nutr Sci*. 2015;65:211-221.
 25. Qi X, Tester R. Is sugar extracted from plants less healthy than sugar consumed within plant tissues? The sugar anomaly. *J Sci Food Agric*. Apr 2021;101(6):2194-2200. doi:10.1002/jsfa.10905
 26. Halford NG, Curtis TY, Muttucumaru N, Postles J, Mottram DS. Sugars in crop plants. *Annals of Applied Biology*. 2011;158(1):1-25. doi:10.1111/j.1744-7348.2010.00443.x
 27. Gross KC, Acosta PB. Fruits and vegetables are a source of galactose: Implications in planning the diets of patients with Galactosaemia. *Journal of Inherited Metabolic Disease*. 1991;14(2):253-258. doi:10.1007/BF01800599
 28. Rippe JM, Angelopoulos TJ. Relationship between Added Sugars Consumption and Chronic Disease Risk Factors: Current Understanding. *Nutrients*. Nov 4 2016;8(11)doi:10.3390/nu8110697
 29. Qi X, Tester RF. Heat and moisture modification of native starch granules on susceptibility to amylase hydrolysis. *Starch - Stärke*. 2016;68(9-10):816-820. doi:10.1002/star.201600125
 30. Qi X, Tester RF. Effect of composition and structure of native starch granules on their susceptibility to hydrolysis by amylase enzymes. *Starch - Stärke*. 2016;68(9-10):811-815. doi:10.1002/star.201600063
 31. Vaaler S, Hanssen KF, Aagenæs Ø. The Effect of Cooking upon the Blood Glucose Response to Ingested Carrots and Potatoes. *Diabetes Care*. 1984;7(3):221-223. doi:10.2337/diacare.7.3.221
 32. Murphy MM, Barrett EC, Bresnahan KA, Barraij LM. 100 % Fruit juice and measures of glucose control and insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *J Nutr Sci*. 2017;6:e59. doi:10.1017/jns.2017.63
 33. Qi X, Tester RF. Utilisation of dietary fibre (non-starch polysaccharide and resistant starch) molecules for diarrhoea therapy: A mini-review. *Int J Biol Macromol*. Feb 1 2019;122:572-577. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.10.195
 34. Hernández-Alonso P, Camacho-Barcia L, Bulló M, Salas-Salvadó J. Nuts and Dried Fruits: An Update of Their Beneficial Effects on Type 2 Diabetes. *Nutrients*. Jun 28 2017;9(7)doi:10.3390/nu9070673
 35. Sadler MJ, Gibson S, Whelan K, Ha MA, Lovegrove J, Higgs J. Dried fruit and public health - what does the evidence tell us? *Int J Food Sci Nutr*. Sep 2019;70(6):675-687. doi:10.1080/09637486.2019.1568398
 36. Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr*. Jul 2002;76(1):5-56. doi:10.1093/ajcn/76.1.5

37. Vigiouliouk E, Jenkins AL, Blanco Mejia S, Sievenpiper JL, Kendall CWC. Effect of dried fruit on postprandial glycemia: a randomized acute-feeding trial. *Nutr Diabetes*. Dec 11 2018;8(1):59. doi:10.1038/s41387-018-0066-5
38. Zhu R, Fan Z, Dong Y, Liu M, Wang L, Pan H. Postprandial Glycaemic Responses of Dried Fruit-Containing Meals in Healthy Adults: Results from a Randomised Trial. *Nutrients*. May 30 2018;10(6)doi:10.3390/nu10060694
39. Aschoff JK, Kaufmann S, Kalkan O, Neidhart S, Carle R, Schweiggert RM. In vitro bioaccessibility of carotenoids, flavonoids, and vitamin C from differently processed oranges and orange juices [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. *J Agric Food Chem*. Jan 21 2015;63(2):578-87. doi:10.1021/jf505297t
40. Knockaert G, Lemmens L, Van Buggenhout S, Hendrickx M, Van Loey A. Changes in β -carotene bioaccessibility and concentration during processing of carrot puree. *Food Chemistry*. 2012/07/01/ 2012;133(1):60-67. doi:10.1016/j.foodchem.2011.12.066
41. Jayathunge K, Stratakos AC, Delgado-Pando G, Koidis A. Thermal and non-thermal processing technologies on intrinsic and extrinsic quality factors of tomato products: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019;43(3):e13901.
42. Iizuka K. The Role of Carbohydrate Response Element Binding Protein in Intestinal and Hepatic Fructose Metabolism. *Nutrients*. Feb 22 2017;9(2)doi:10.3390/nu9020181
43. Jang C, Hui S, Lu W, et al. The Small Intestine Converts Dietary Fructose into Glucose and Organic Acids. *Cell Metab*. Feb 6 2018;27(2):351-361.e3. doi:10.1016/j.cmet.2017.12.016
44. Seino Y, Murase M, Hayashi Y, Suzuki A. Carbohydrate-induced weight gain models for diabetes research: Contribution of incretins and parasympathetic signal. *J Diabetes Investig*. Jan 2021;12(1):3-5. doi:10.1111/jdi.13342
45. Bazzano LA, Li TY, Joshipura KJ, Hu FB. Intake of fruit, vegetables, and fruit juices and risk of diabetes in women. *Diabetes Care*. Jul 2008;31(7):1311-7. doi:10.2337/dc08-0080
46. Bray GA. Potential health risks from beverages containing fructose found in sugar or high-fructose corn syrup. *Diabetes Care*. Jan 2013;36(1):11-2. doi:10.2337/dc12-1631
47. Weickert MO, Pfeiffer AFH. Impact of Dietary Fiber Consumption on Insulin Resistance and the Prevention of Type 2 Diabetes. *J Nutr*. Jan 1 2018;148(1):7-12. doi:10.1093/jn/nxx008
48. Bondonno NP, Davey RJ, Murray K, et al. Associations Between Fruit Intake and Risk of Diabetes in the AusDiab Cohort. *J Clin Endocrinol Metab*. Sep 27 2021;106(10):e4097-e4108. doi:10.1210/clinem/dgab335
49. Seino Y, Iizuka K, Suzuki A. Eating whole fruit, not drinking fruit juice, may reduce the risk of type 2 diabetes mellitus. *J Diabetes Investig*. Oct 2021;12(10):1759-1761. doi:10.1111/jdi.13639
50. Miquel-Kergoat S, Azais-Braesco V, Burton-Freeman B, Hetherington MM. Effects of chewing on appetite, food intake and gut hormones: A systematic review and meta-analysis. *Physiol Behav*. Nov 1 2015;151:88-96. doi:10.1016/j.physbeh.2015.07.017
51. Ghorbani A, Rashidi R, Shafiee-Nick R. Flavonoids for preserving pancreatic beta cell survival and function: A mechanistic review. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*. Mar 2019;111:947-957. doi:10.1016/j.biopha.2018.12.127
52. Chen L, Gnanaraj C, Arulselvan P, El-Seedi H, Teng H. A review on advanced microencapsulation technology to enhance bioavailability of phenolic compounds: Based on its activity in the treatment of Type 2 Diabetes. *Trends in Food Science & Technology*. 2019/03/01/ 2019;85:149-162. doi:10.1016/j.tifs.2018.11.026
53. Chen L, Pu Y, Xu Y, et al. Anti-diabetic and anti-obesity: Efficacy evaluation and exploitation of polyphenols in fruits and vegetables. *Food Res Int*. Jul 2022;157:111202. doi:10.1016/j.foodres.2022.111202

54. Tan Y, Chang SKC. Digestive enzyme inhibition activity of the phenolic substances in selected fruits, vegetables and tea as compared to black legumes. *Journal of Functional Foods*. 2017/11/01/ 2017;38:644-655. doi:10.1016/j.jff.2017.04.005
55. Sancho RAS, Pastore GM. Evaluation of the effects of anthocyanins in type 2 diabetes. *Food Research International*. 2012/04/01/ 2012;46(1):378-386. doi:10.1016/j.foodres.2011.11.021
56. Fan J, Johnson MH, Lila MA, Yousef G, de Mejia EG. Berry and Citrus Phenolic Compounds Inhibit Dipeptidyl Peptidase IV: Implications in Diabetes Management. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2013/08/29 2013;2013:479505. doi:10.1155/2013/479505
57. de Paulo Farias D, Neri-Numa IA, de Araújo FF, Pastore GM. A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims. *Food Chemistry*. 2020/02/15/ 2020;306:125630. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125630
58. Cassidy A, Rogers G, Peterson JJ, Dwyer JT, Lin H, Jacques PF. Higher dietary anthocyanin and flavonol intakes are associated with anti-inflammatory effects in a population of US adults. *Am J Clin Nutr*. Jul 2015;102(1):172-81. doi:10.3945/ajcn.115.108555
59. Ho KKH, Ferruzzi MG, Wightman JD. Potential health benefits of (poly)phenols derived from fruit and 100% fruit juice. Article. *Nutrition Reviews*. 2020;78(2):145-174. doi:10.1093/nutrit/nuz041
60. Spencer JP. The impact of fruit flavonoids on memory and cognition. *Br J Nutr*. Oct 2010;104 Suppl 3:S40-7. doi:10.1017/s0007114510003934
61. Clemens R, Drewnowski A, Ferruzzi MG, Toner CD, Welland D. Squeezing fact from fiction about 100% fruit juice. *Adv Nutr*. Mar 2015;6(2):236s-243s. doi:10.3945/an.114.007328
62. Ruxton CH, Gardner EJ, Walker D. Can pure fruit and vegetable juices protect against cancer and cardiovascular disease too? A review of the evidence. *Int J Food Sci Nutr*. May-Jun 2006;57(3-4):249-72. doi:10.1080/09637480600858134
63. Rehm CD, Drewnowski A. Dietary and economic effects of eliminating shortfall in fruit intake on nutrient intakes and diet cost. *BMC Pediatr*. Jul 2016;16:83. doi:10.1186/s12887-016-0620-z
64. Rehm CD, Monsivais P, Drewnowski A. The quality and monetary value of diets consumed by adults in the United States. *Am J Clin Nutr*. Nov 2011;94(5):1333-9. doi:10.3945/ajcn.111.015560
65. Hollands WJ, Hart DJ, Dainty JR, et al. Bioavailability of epicatechin and effects on nitric oxide metabolites of an apple flavanol-rich extract supplemented beverage compared to a whole apple puree: a randomized, placebo-controlled, crossover trial. *Mol Nutr Food Res*. Jul 2013;57(7):1209-17. doi:10.1002/mnfr.201200663
66. Palafox-Carlos H, Ayala-Zavala JF, González-Aguilar GA. The role of dietary fiber in the bioaccessibility and bioavailability of fruit and vegetable antioxidants. *J Food Sci*. Jan-Feb 2011;76(1):R6-r15. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01957.x
67. Liu X, Le Bourvellec C, Renard C. Interactions between cell wall polysaccharides and polyphenols: Effect of molecular internal structure. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. Nov 2020;19(6):3574-3617. doi:10.1111/1541-4337.12632
68. Renard CMGC, Watrelot AA, Le Bourvellec C. Interactions between polyphenols and polysaccharides: Mechanisms and consequences in food processing and digestion. *Trends in Food Science & Technology*. 2017/02/01/ 2017;60:43-51. doi:10.1016/j.tifs.2016.10.022
69. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *Bmj*. Mar 29 2021;372:n160. doi:10.1136/bmj.n160

70. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic reviews*. Dec 5 2016;5(1):210. doi:10.1186/s13643-016-0384-4
71. Critical Appraisal Skills Programme. CASP Checklists. 12-12-2022. <https://casp-uk.net/casp-tools-checklists/>
72. Guyatt GH, Sackett DL, Sinclair JC, Hayward R, Cook DJ, Cook RJ. Users' guides to the medical literature. IX. A method for grading health care recommendations. Evidence-Based Medicine Working Group. *JAMA*. Dec 13 1995;274(22):1800-4. doi:10.1001/jama.274.22.1800
73. Lisy K, Porritt K. Narrative Synthesis: Considerations and challenges. *JBIM Evidence Implementation*. 2016;14(4):201. doi:10.1097/01.XEB.0000511348.97198.8c
74. Swan GE, Powell NA, Knowles BL, Bush MT, Levy LB. A definition of free sugars for the UK. *Public Health Nutrition*. 2018;21(9):1636-1638. doi:10.1017/s136898001800085x
75. Ho KKH, Ferruzzi MG, Wightman JD. Potential health benefits of (poly)phenols derived from fruit and 100% fruit juice. *Nutrition Reviews*. 2019;78(2):145-174. doi:10.1093/nutrit/nuz041
76. Pepin A, Stanhope KL, Imbeault P. Are Fruit Juices Healthier Than Sugar-Sweetened Beverages? A Review. *Nutrients*. May 2 2019;11(5)doi:10.3390/nu11051006
77. Merino B, Fernández-Díaz CM, Cózar-Castellano I, Perdomo G. Intestinal Fructose and Glucose Metabolism in Health and Disease. *Nutrients*. Dec 29 2019;12(1)doi:10.3390/nu12010094
78. Murphy MM, Barrett EC, Bresnahan KA, Barraj LM. 100 % Fruit juice and measures of glucose control and insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Journal of Nutritional Science*. 2017;6doi:10.1017/jns.2017.63
79. Brand-Miller J, Buyken AE. The Relationship between Glycemic Index and Health. *Nutrients*. Feb 19 2020;12(2)doi:10.3390/nu12020536
80. Visuthranukul C, Sampatanukul P, Aroonparkmongkol S, Sirimongkol P, Chomtho S. Glycemic index and glycemic load of common fruit juices in Thailand. *J Health Popul Nutr*. Feb 28 2022;41(1):5. doi:10.1186/s41043-022-00284-z
81. Atkinson FS, Brand-Miller JC, Foster-Powell K, Buyken AE, Goletzke J. International tables of glycemic index and glycemic load values 2021: a systematic review. *Am J Clin Nutr*. Nov 8 2021;114(5):1625-1632. doi:10.1093/ajcn/nqab233
82. Alkutbe R, Redfern K, Jarvis M, Rees G. Nutrient Extraction Lowers Postprandial Glucose Response of Fruit in Adults with Obesity as well as Healthy Weight Adults. *Nutrients*. Mar 14 2020;12(3)doi:10.3390/nu12030766
83. Guzman G, Xiao D, Liska D, et al. Addition of Orange Pomace Attenuates the Acute Glycemic Response to Orange Juice in Healthy Adults. *J Nutr*. Jun 1 2021;151(6):1436-1442. doi:10.1093/jn/nxab017
84. Bosch-Sierra N, Marqués-Cardete R, Gurrea-Martínez A, et al. Effect of Fibre-Enriched Orange Juice on Postprandial Glycaemic Response and Satiety in Healthy Individuals: An Acute, Randomised, Placebo-Controlled, Double-Blind, Crossover Study. *Nutrients*. Dec 10 2019;11(12)doi:10.3390/nu11123014
85. Castro-Acosta ML, Stone SG, Mok JE, et al. Apple and blackcurrant polyphenol-rich drinks decrease postprandial glucose, insulin and incretin response to a high-carbohydrate meal in healthy men and women. *J Nutr Biochem*. Nov 2017;49:53-62. doi:10.1016/j.jnutbio.2017.07.013
86. Hanhineva K, Törrönen R, Bondia-Pons I, et al. Impact of Dietary Polyphenols on Carbohydrate Metabolism. *International Journal of Molecular Sciences*. 2010;11(4):1365-1402. doi:10.3390/ijms11041365

87. Bozzetto L, Annuzzi G, Pacini G, et al. Polyphenol-rich diets improve glucose metabolism in people at high cardiometabolic risk: a controlled randomised intervention trial. *Diabetologia*. Jul 2015;58(7):1551-60. doi:10.1007/s00125-015-3592-x
88. Kim Y, Keogh JB, Clifton PM. Polyphenols and Glycemic Control. *Nutrients*. Jan 5 2016;8(1)doi:10.3390/nu8010017
89. Cara KC, Beauchesne AR, Wallace TC, Chung M. Effects of 100% Orange Juice on Markers of Inflammation and Oxidation in Healthy and At-Risk Adult Populations: A Scoping Review, Systematic Review, and Meta-analysis. *Adv Nutr*. Feb 1 2022;13(1):116-137. doi:10.1093/advances/nmab101
90. Dorsey PG, Greenspan P. Inhibition of Nonenzymatic Protein Glycation by Pomegranate and Other Fruit Juices. *Journal of Medicinal Food*. 2014;17(4):447-454. doi:10.1089/jmf.2013.0075
91. Amani S, Fatima S. Glycation With Fructose: The Bitter Side of Nature's Own Sweetener. *Curr Diabetes Rev*. 2020;16(9):962-970. doi:10.2174/1389450121666200204115751
92. Gugliucci A. Formation of Fructose-Mediated Advanced Glycation End Products and Their Roles in Metabolic and Inflammatory Diseases. *Adv Nutr*. Jan 2017;8(1):54-62. doi:10.3945/an.116.013912
93. Elizondo-Montemayor L, Hernández-Brenes C, Ramos-Parra PA, et al. High hydrostatic pressure processing reduces the glycemic index of fresh mango puree in healthy subjects. *Food Funct*. Apr 2015;6(4):1352-60. doi:10.1039/c4fo01005a
94. Redfern KM, Cammack VL, Sweet N, Preston LA, Jarvis MA, Rees GA. Nutrient-extraction blender preparation reduces postprandial glucose responses from fruit juice consumption. *Nutr Diabetes*. Oct 9 2017;7(10):e288. doi:10.1038/nutd.2017.36
95. Russell WR, Baka A, Björck I, et al. Impact of Diet Composition on Blood Glucose Regulation. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2016;56(4):541-90. doi:10.1080/10408398.2013.792772
96. Wang B, Liu K, Mi M, Wang J. Effect of fruit juice on glucose control and insulin sensitivity in adults: a meta-analysis of 12 randomized controlled trials. *PLoS one*. 2014;9(4):e95323. doi:10.1371/journal.pone.0095323
97. Peluso I, Palmery M. Risks of Misinterpretation in the Evaluation of the Effect of Fruit-Based Drinks in Postprandial Studies. *Gastroenterology Research and Practice*. 2014;2014:1-9. doi:10.1155/2014/870547
98. D'Elia L, Dinu M, Sofi F, Volpe M, Strazzullo P. 100% Fruit juice intake and cardiovascular risk: a systematic review and meta-analysis of prospective and randomised controlled studies. *Eur J Nutr*. Aug 2021;60(5):2449-2467. doi:10.1007/s00394-020-02426-7
99. Semnani-Azad Z, Khan TA, Blanco Mejia S, et al. Association of Major Food Sources of Fructose-Containing Sugars With Incident Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open*. Jul 1 2020;3(7):e209993. doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.9993
100. Ruxton CHS, Derbyshire E, Sievenpiper JL. Pure 100% fruit juices – more than just a source of free sugars? A review of the evidence of their effect on risk of cardiovascular disease, type 2 diabetes and obesity. *Nutrition Bulletin*. 2021;46(4):415-431. doi:10.1111/nbu.12526
101. Gertig H, Gawęcki J. *Słownik terminów żywieniowych*. PWN; 2001.
102. Haslam E. *Practical polyphenolics: from structure to molecular recognition and physiological action*. Cambridge University Press; 1998.
103. Ghosh D, Scheepens A. Vascular action of polyphenols. *Mol Nutr Food Res*. Mar 2009;53(3):322-31. doi:10.1002/mnfr.200800182
104. Manach C, Scalbert A, Morand C, Remesy C, Jimenez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*. May 2004;79(5):727-47. doi:10.1093/ajcn/79.5.727

105. Bhagwat S, Haytowitz DB, Holden JM. USDA database for the flavonoid content of selected foods, Release 3.1. *US Department of Agriculture: Beltsville, MD, USA*. 2014;
106. Cassidy A, Hanley B, Lamuela-Raventos RM. Isoflavones, lignans and stilbenes—origins, metabolism and potential importance to human health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2000;80(7):1044-1062.
107. Nowak D, Gośliński M, Wojtowicz E. Comparative analysis of the antioxidant capacity of selected fruit juices and nectars: Chokeberry juice as a rich source of polyphenols. *International Journal of Food Properties*. 2016;19(6):1317-1324.
108. Ho K, Ferruzzi MG, Wightman JD. Potential health benefits of (poly)phenols derived from fruit and 100% fruit juice. *Nutr Rev*. Feb 1 2020;78(2):145-174. doi:10.1093/nutrit/nuz041
109. Carlsen MH, Halvorsen BL, Holte K, et al. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutr J*. Jan 22 2010;9:3. doi:10.1186/1475-2891-9-3
110. Lindsay DG, Astley SB. European research on the functional effects of dietary antioxidants - EUROFEDA. *Mol Aspects Med*. Feb-Jun 2002;23(1-3):1-38. doi:10.1016/s0098-2997(02)00005-5
111. Rana A, Samtiya M, Dhewa T, Mishra V, Aluko RE. Health benefits of polyphenols: A concise review. *J Food Biochem*. Oct 2022;46(10):e14264. doi:10.1111/jfbc.14264
112. Manach C, Williamson G, Morand C, Scalbert A, Rémésy C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am J Clin Nutr*. Jan 2005;81(1 Suppl):230s-242s. doi:10.1093/ajcn/81.1.230S
113. Wan MLY, Co VA, El-Nezami H. Dietary polyphenol impact on gut health and microbiota. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2021;61(4):690-711. doi:10.1080/10408398.2020.1744512
114. D'Archivio M, Filesi C, Vari R, Scazzocchio B, Masella R. Bioavailability of the polyphenols: status and controversies. *Int J Mol Sci*. Mar 31 2010;11(4):1321-42. doi:10.3390/ijms11041321
115. Pellegrini N, Serafini M, Colombi B, et al. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *J Nutr*. Sep 2003;133(9):2812-9. doi:10.1093/jn/133.9.2812
116. Biegańska-Hensoldt S, Rosołowska-Huszcz D. Polyphenols in preventing endothelial dysfunction. *Postepy Hig Med Dosw (Online)*. Mar 27 2017;71(0):227-235. doi:10.5604/01.3001.0010.3808
117. Lecour S, Lamont KT. Natural polyphenols and cardioprotection. Article. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2011;11(14):1191-1199. doi:10.2174/138955711804586766
118. Alhabeed H, Sohoul M, Lari A, et al. Impact of orange juice consumption on cardiovascular disease risk factors: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2022;62(12):3389-3402. doi:10.1080/10408398.2020.1865263
119. D'Elia L, Dinu M, Sofi F, et al. 100% Fruit juice intake and cardiovascular risk: a systematic review and meta-analysis of prospective and randomised controlled studies. Article. *European Journal of Nutrition*. 2021;60(5):2449-2467. doi:10.1007/s00394-020-02426-7
120. Sahebkar A, Ferri C, Giorgini P, Bo S, Nachtigal P, Grassi D. Effects of pomegranate juice on blood pressure: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Pharmacological research : the official journal of the Italian Pharmacological Society*. Jan 2017;115:149-161. doi:10.1016/j.phrs.2016.11.018
121. Asgary S, Karimi R, Joshi T, et al. Effect of pomegranate juice on vascular adhesion factors: A systematic review and meta-analysis. *Phytomedicine*. Jan 2021;80:153359. doi:10.1016/j.phymed.2020.153359

122. Wang Y, Gallegos JL, Haskell-Ramsay C, Lodge JK. Effects of chronic consumption of specific fruit (berries, citrus and cherries) on CVD risk factors: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Eur J Nutr.* Mar 2021;60(2):615-639. doi:10.1007/s00394-020-02299-w
123. Bahadoran Z, Mirmiran P, Kabir A, Azizi F, Ghasemi A. The Nitrate-Independent Blood Pressure-Lowering Effect of Beetroot Juice: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Adv Nutr.* Nov 2017;8(6):830-838. doi:10.3945/an.117.016717
124. Rahmani J, Clark C, Kord Varkaneh H, et al. The effect of Aronia consumption on lipid profile, blood pressure, and biomarkers of inflammation: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytother Res.* Aug 2019;33(8):1981-1990. doi:10.1002/ptr.6398
125. Richter CK, Skulas-Ray AC, Gaugler TL, Meily S, Petersen KS, Kris-Etherton PM. Effects of Cranberry Juice Supplementation on Cardiovascular Disease Risk Factors in Adults with Elevated Blood Pressure: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients.* Jul 29 2021;13(8)doi:10.3390/nu13082618
126. Blumberg JB, Vita JA, Chen CY. Concord Grape Juice Polyphenols and Cardiovascular Risk Factors: Dose-Response Relationships. *Nutrients.* Dec 2 2015;7(12):10032-52. doi:10.3390/nu7125519
127. Zurbau A, Au-Yeung F, Blanco Mejia S, et al. Relation of Different Fruit and Vegetable Sources With Incident Cardiovascular Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *J Am Heart Assoc.* Oct 20 2020;9(19):e017728. doi:10.1161/jaha.120.017728
128. Rickards L, Lynn A, Harrop D, Baker ME, Russell M, Ranchordas MK. Effect of polyphenol-rich foods, juices, and concentrates on recovery from exercise induced muscle damage: A systematic review and meta-analysis. Review. *Nutrients.* 2021;13(9)doi:10.3390/nu13092988
129. Ammar A, Bailey SJ, Chtourou H, et al. Effects of pomegranate supplementation on exercise performance and post-exercise recovery in healthy adults: a systematic review. *Br J Nutr.* Dec 2018;120(11):1201-1216. doi:10.1017/s0007114518002696
130. Miles EA, Calder PC. Effects of Citrus Fruit Juices and Their Bioactive Components on Inflammation and Immunity: A Narrative Review. *Front Immunol.* 2021;12:712608. doi:10.3389/fimmu.2021.712608
131. Ghanim H, Sia CL, Upadhyay M, et al. Orange juice neutralizes the proinflammatory effect of a high-fat, high-carbohydrate meal and prevents endotoxin increase and toll-like receptor expression. Article. *American Journal of Clinical Nutrition.* 2010;91(4):940-949. doi:10.3945/ajcn.2009.28584
132. Burton-Freeman B. Postprandial metabolic events and fruit-derived phenolics: a review of the science. *Br J Nutr.* Oct 2010;104 Suppl 3:S1-14. doi:10.1017/s0007114510003909
133. Morabito G, Kucan P, Serafini M. Prevention of postprandial metabolic stress in humans: role of fruit-derived products. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets.* 2015;15(1):46-53. doi:10.2174/1871530314666141021114325
134. Sarkhosh-Khorasani S, Hosseinzadeh M. The effect of grape products containing polyphenols on C-reactive protein levels: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Nutr.* Jun 14 2021;125(11):1230-1245. doi:10.1017/s0007114520003591
135. Danesi F, Ferguson LR. Could Pomegranate Juice Help in the Control of Inflammatory Diseases? *Nutrients.* Aug 30 2017;9(9)doi:10.3390/nu9090958
136. Eghbali S, Askari SF, Avan R, Sahebkar A. Therapeutic Effects of Punica granatum (Pomegranate): An Updated Review of Clinical Trials. *J Nutr Metab.* 2021;2021:5297162. doi:10.1155/2021/5297162
137. Wong TL, Strandberg KR, Croley CR, et al. Pomegranate bioactive constituents target multiple oncogenic and oncosuppressive signaling for

- cancer prevention and intervention. *Semin Cancer Biol.* Aug 2021;73:265-293. doi:10.1016/j.semcancer.2021.01.006
138. Gerhauser C. Cancer chemopreventive potential of apples, apple juice, and apple components. *Planta Med.* Oct 2008;74(13):1608-24. doi:10.1055/s-0028-1088300
 139. Cirimi S, Maugeri A, Ferlazzo N, et al. Anticancer Potential of Citrus Juices and Their Extracts: A Systematic Review of Both Preclinical and Clinical Studies. *Frontiers in pharmacology.* 2017;8:420. doi:10.3389/fphar.2017.00420
 140. Restani P, Fradera U, Ruf JC, et al. Grapes and their derivatives in modulation of cognitive decline: a critical review of epidemiological and randomized-controlled trials in humans. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2021;61(4):566-576. doi:10.1080/10408398.2020.1740644
 141. Rosli H, Shahar S, Rajab NF, Che Din N, Haron H. The effects of polyphenols-rich tropical fruit juice on cognitive function and metabolomics profile - a randomized controlled trial in middle-aged women. *Nutr Neurosci.* Aug 2022;25(8):1577-1593. doi:10.1080/1028415x.2021.1880312
 142. Lamport DJ, Lawton CL, Merat N, et al. Concord grape juice, cognitive function, and driving performance: a 12-wk, placebo-controlled, randomized crossover trial in mothers of preteen children. *Am J Clin Nutr.* Mar 2016;103(3):775-83. doi:10.3945/ajcn.115.114553
 143. Kean RJ, Lamport DJ, Dodd GF, et al. Chronic consumption of flavanone-rich orange juice is associated with cognitive benefits: An 8-wk, randomized, double-blind, placebo-controlled trial in healthy older adults. Article. *American Journal of Clinical Nutrition.* 2015;101(3):506-514. doi:10.3945/ajcn.114.088518
 144. Krikorian R, Boespflug EL, Fleck DE, et al. Concord grape juice supplementation and neurocognitive function in human aging. *J Agric Food Chem.* Jun 13 2012;60(23):5736-42. doi:10.1021/jf300277g
 145. Bookheimer SY, Renner BA, Ekstrom A, et al. Pomegranate juice augments memory and fMRI activity in middle-aged and older adults with mild memory complaints. Article. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine.* 2013;2013doi:10.1155/2013/946298

SUPLEMENT

Tabela 1S. Wartości energetycznej i zawartości cukrów oraz wody w krajowych warzywach (wartości dla 100 g produktu)[†]

Nazwa	Wartość energetyczna [kcal]	Woda [g]	Glukoza [g]	Fruktoza [g]	Sacharoza [g]	Błonnik [g]
Bakłażan <i>Solanum melongena</i>	26	91,9	1,3	1,2	0,1	2,5
Boćwina <i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i>	26	89,8	b.d.	b.d.	0,2	4,4
Bób <i>Vicia faba</i>	76	77,3	b.d.	b.d.	0,9	5,8
Brokuł <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> var. <i>cymosa</i>	31	90,5	1,0	0,9	0,4	2,5
Brukselka <i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>	47	84,8	1,0	0,9	0,8	5,4
Burak <i>Beta vulgaris</i>	42	87,6	0,2	0,2	6,5	2,2
Cebula <i>Allium cepa</i>	33	90,8	1,7	1,5	1,9	1,7
Chrzan <i>Armoracia rusticana</i>	81	75,0	1,1	0,1	5,9	7,3
Cukinia <i>Cucurbita pepo</i> var. <i>giromontina</i>	17	95,0	0,9	1,0	0,6	1,0
Cykorja <i>Cichorium intybus</i>	23	93,1	0,8	0,6	0,5	1,0
Czosnek <i>Allium sativum</i>	152	59,0	0,4	0,6	0,6	4,1
Dynia <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cucurbita maxima</i>	33	89,9	1,1	1,0	2,1	2,8
Fasola biała (nasiona suche) <i>Phaseolus vulgaris</i>	315	11,5	b.d.	b.d.	2,7	15,7
Fasola szparagowa <i>Phaseolus vulgaris</i>	37	89,1	0,7	1,0	0,5	2,6
Groszek zielony <i>Pisum sativum</i>	86	75,0	0,1	0,1	2,1	6,0
Jarmuż <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>	36	88,4	0,6	0,9	1,0	3,8
Kalafior <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrylis</i>	27	91,5	1,1	1,0	0,2	2,4
Kalarepa <i>Brassica oleracea</i> var. <i>gongylodes</i>	33	89,9	1,4	1,3	0,8	2,2
Kapusta biała <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata alba</i>	33	89,8	2,0	1,7	0,4	2,5

[†] na podstawie Kunachowicz H, Nadolna I, Iwanow K, Przygoda B. Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2017.

Kapusta czerwona <i>Brassica oleracea</i> <i>var. capitata rubra</i>	31	90,3	2,1	1,3	0,5	2,5
Koper ogrodowy <i>Anethum graveolens</i>	33	89,0	0,3	0,2	0,1	3,3
Kukurydza <i>Zea mays</i>	115	70,9	0,6	0,2	2,2	3,3
Marchew <i>Daucus carota</i>	33	89,7	1,6	1,4	2,0	3,6
Ogórek <i>Cucumis sativus</i>	14	95,8	0,7	0,7	0,1	0,5
Papryka czerwona <i>Capsicum annuum</i>	32	91,0	2,1	2,4	0,1	2,0
Papryka zielona <i>Capsicum annuum</i>	22	93,5	1,1	1,4	0,1	2,0
Pasternak <i>Pastinaca sativa</i>	65	81,0	0,8	0,5	3,0	4,5
Pietruszka <i>Petroselinum sativum</i>	49	85,3	0,4	0,5	4,8	4,2
Pomidor <i>Lycopersicum esculentum</i> / <i>Solanum lycopersicum</i>	19	94,3	1,2	1,5	0,1	1,2
Por <i>Allium porrum</i>	29	90,9	1,0	1,0	0,8	2,7
Rabarbar <i>Rheum rhaponticum</i>	15	94,1	0,4	0,4	0,3	3,2
Rzepa <i>Brassica rapa</i>	33	89,7	2,0	1,5	0,5	3,5
Rzodkiewka <i>Raphanus sativus</i>	18	93,8	1,1	0,6	0,1	2,5
Salata <i>Lactuca sativa</i>	16	94,5	0,4	0,5	0,1	1,4
Seler korzeniowy <i>Apium graveolens var.</i> <i>rapaceum</i>	30	89,5	0,5	0,3	1,7	4,9
Soczewica czerwona (nasiona suche) <i>Lens esculenta</i>	341	11,9	b.d.	b.d.	1,1	8,9
Soczewica (kietki) <i>Lens esculenta</i>	124	67,3	b.d.	b.d.	0,8	3,0
Soja (nasiona suche) <i>Glycine max</i>	413	8,1	b.d.	b.d.	4,8	15,7
Soja (kietki) <i>Glycine max</i>	146	69,0	b.d.	b.d.	0,4	2,6
Szczaw <i>Rumex acetosa</i>	26	92,1	0,2	0,3	0,5	2,6
Szczypiorek <i>Allium schoenoprasum</i>	35	90,0	0,7	0,8	0,2	2,5
Szparagi <i>Asparagus officinalis</i>	21	93,7	0,6	0,9	0,1	1,5
Szpinak <i>Spinacia oleracea</i>	22	92,4	0,3	0,3	0,2	2,1
Ziemniaki (średnio) <i>Solanum tuberosum</i>	79	78,8	0,2	0,2	0,5	1,5

Tabela 2S. Wartości energetycznej i zawartości cukrów oraz wody w krajowych owocach (wartości dla 100 g produktu)*

Nazwa	Wartość energetyczna [kcal]	Woda [g]	Glukoza [g]	Fruktoza [g]	Sacharoza [g]	Błonnik [g]
Agrest <i>Ribes grossularia</i>	46	86,7	2,9	2,9	0,7	3,0
Brzoskwinia <i>Prunus persica</i>	50	86,3	1,3	1,2	5,2	1,9
Czarne jagody <i>Vaccinium myrtillus</i>	51	86,1	2,9	3,2	0,4	3,2
Czereśnie <i>Prunus avium</i>	63	83,6	6,1	5,4	0,5	1,3
Gruszka <i>Pirus communis</i>	58	84,5	1,9	6,2	1,8	2,1
Jabłko <i>Malus domestica</i>	50	86,8	2,0	5,4	2,3	2,0
Maliny <i>Rubus idaeus</i>	43	85,8	1,7	2,2	1,0	6,7
Morele <i>Prunus armeniaca</i>	50	86,4	1,8	0,9	5,1	1,7
Nektarynka <i>Prunus persica var. nectarina</i>	50	86,6	1,4	1,3	6,3	1,2
Porzeczki białe <i>Ribes album (Ribes petraeum)</i>	45	85,2	2,8	2,7	0,6	6,4
Porzeczki czarne <i>Ribes nigrum</i>	51	82,7	3,2	3,7	0,3	7,8
Porzeczki czerwone <i>Ribes rubrum</i>	46	84,2	1,9	2,6	0,3	7,7
Poziomki <i>Fragaria vesca</i>	37	89,6	b.d.	b.d.	1,4	2,0
Śliwki <i>Prunus domestica</i>	49	87,0	3,4	2,0	3,4	1,6
Truskawki <i>Fragaria sp.</i>	33	90,5	2,4	2,4	1,0	1,8
Wiśnie <i>Prunus cerasus (Cerasus vulgaris)</i>	49	87,3	4,6	3,9	0,4	1,0

Tabela 3S. Wartości energetycznej i zawartości cukrów oraz wody w wybranych sokach i przecierach (wartości dla 100 g produktu)[§]

Nazwa	Wartość energetyczna [kcal]	Woda [g]	Glukoza [g]	Fruktoza [g]	Sacharoza [g]
Sok jabłkowy z zagęszczonego soku	47	88,1	3,21	5,70	1,39
Przecier jabłkowy	46	87,1	2,45	5,86	2,36
Sok pomarańczowy z soku zagęszczonego	46	88,2	1,79	2,10	4,39
Sok pomarańczowy NFC	45	88,5	1,81	2,12	4,14
Sok pomidorowy z soku zagęszczonego	20	93,6	1,20	1,37	<0,25

* na podstawie Kunachowicz H, Nadolna I, Iwanow K, Przygoda B. Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2017.

§ na podstawie: U.S. Department of Agriculture. FoodData Central. Accessed 01-03-2023, <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/?query=juice>

