

Karolina Mroczek^{1,2,*}, Grzegorz Zaguła²

ROLA NAPOJÓW IZOTONICZNYCH W DIECIE SPORTOWCÓW WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH – ZASTOSOWANIE NAPOJÓW IZOTONICZNYCH W KONTEKŚCIE REGENERACJI PO WYSIŁKU

Streszczenie: Celem niniejszej pracy było omówienie roli napojów izotonicznych w procesie regeneracji powysiłkowej u sportowców dyscyplin wytrzymałościowych. Na podstawie analizy aktualnej literatury naukowej z lat 2007–2024 dokonano przeglądu badań dotyczących skuteczności napojów izotonicznych w przywracaniu równowagi wodno-elektrolitowej, odbudowie glikogenu oraz poprawie ogólnej wydolności organizmu po intensywnym wysiłku. Przedstawiono skład napojów izotonicznych, ich fizjologiczne działanie oraz praktyczne zastosowanie w różnych dyscyplinach sportowych. Szczególną uwagę poświęcono spożyciu, dawkowaniu oraz porównaniu napojów izotonicznych z innymi popularnymi napojami regeneracyjnymi. Wyniki analiz wskazują, że omawiane napoje przyczyniają się do szybszej regeneracji i skuteczniejszego przygotowania organizmu do kolejnego wysiłku fizycznego. W podsumowaniu sformułowano praktyczne zalecenia oraz wskazano kierunki dalszych badań nad składem funkcjonalnym napojów izotonicznych w kontekście żywienia sportowców.

Wprowadzenie

Sporty wytrzymałościowe, takie jak biegi długodystansowe, triathlon, kolarstwo czy narciarstwo biegowe, wymagają od zawodników intensywnego i długotrwałego wysiłku fizycznego, który powoduje znaczne obciążenie organizmu na poziomie metabolicznym, neuromięśniowym i układu krążenia [Jeukendrup i Killer 2010]. W trakcie takiej aktywności dochodzi do istotnego zużycia glikogenu mięśniowego, utraty płynów ustrojowych i elektrolitów, mikrouszkodzeń struktur mięśniowych oraz wzrostu poziomu markerów stresu oksydacyjnego i stanu zapalnego [Sawka i in. 2007]. Proces regeneracji to zespół mechanizmów fizjologicznych i metabolicznych, które umożliwiają organizmowi powrót do stanu homeostazy po zakończonym wysiłku fizycznym [Shirreffs i Sawka 2011].

¹ Szkoła Doktorska Uniwersytetu Rzeszowskiego, Uniwersytet Rzeszowski, al. Tadeusza Rejtana 16 C, 35-959 Rzeszów.

² Katedra Bioenergetyki, Analizy Żywności i Mikrobiologii, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów.

* karolinamr@dokt.ur.edu.pl

Odpowiednia regeneracja jest niezbędna do odbudowy zasobów energetycznych (głównie glikogenu), rehydratacji, naprawy mikrourazów mięśniowych, przywrócenia równowagi elektrolitowej oraz redukcji stanu zapalnego i stresu oksydacyjnego [Thomas i in. 2016]. Zbyt krótki lub niewłaściwy okres regeneracyjny może prowadzić do spadku wydolności, pogorszenia wyników sportowych, zwiększonego ryzyka kontuzji oraz rozwoju przetrenowania [Burke i in. 2019]. U sportowców wytrzymałościowych, którzy często wykonują jednostki treningowe dzień po dniu lub biorą udział w zawodach etapowych (np. wieloetapowe biegi górskie, wyścigi kolarskie), regeneracja staje się równie ważna jak sam trening [Costa i in. 2019]. Coraz więcej dowodów naukowych wskazuje, że skuteczne strategie żywieniowe wdrażane bezpośrednio po wysiłku – szczególnie odpowiednie nawodnienie i uzupełnianie glikogenu – mają bezpośredni wpływ na tempo regeneracji i gotowość organizmu do kolejnych jednostek treningowych. Jednym z kluczowych elementów wspierających regenerację są napoje regeneracyjne, w tym napoje izotoniczne. Ze względu na skład zbliżony do płynów ustrojowych człowieka umożliwiają one szybkie uzupełnienie płynów, elektrolitów i węglowodanów, a tym samym efektywnie wspierają procesy odnowy powysiłkowej [Maughan i Shirreffs 2010a]. Ich stosowanie może znacznie skrócić czas potrzebny na pełną regenerację i poprawić wydolność w kolejnym wysiłku, co czyni je nieodzownym elementem diety sportowców wytrzymałościowych [Kreider i in. 2010].

Podczas długotrwałego i intensywnego wysiłku fizycznego u sportowców wytrzymałościowych dochodzi do szeregu zaburzeń homeostatycznych, które wpływają nie tylko na wydolność fizyczną, ale również na tempo regeneracji i ryzyko urazów. Trzy kluczowe problemy pojawiające się w trakcie i po wysiłku to: odwodnienie, utrata elektrolitów oraz wyczerpanie zapasów glikogenu. Podczas wysiłku organizm traci wodę głównie poprzez pot, który jest podstawowym mechanizmem termoregulacyjnym. Utrata płynów może wynosić nawet 1–2 litry na godzinę w warunkach wysokiej temperatury i wilgotności [Sawka i in. 2007]. Utrata 2% masy ciała wskutek odwodnienia może prowadzić do spadku wydolności aerobowej, obniżenia pojemności minutowej serca, wzrostu temperatury rdzenia ciała i przyspieszenia tętna [Maughan i Shirreffs 2010b]. Skutkiem niedoboru płynów może być także zwiększone ryzyko urazów cieplnych oraz zaburzenia funkcji poznawczych. Wraz z potem dochodzi do znacznej utraty elektrolitów, przede wszystkim sodu, a także potasu, chloru, magnezu i wapnia. Elektrolity są niezbędne do utrzymania równowagi kwasowo-zasadowej, przewodnictwa nerwowego, funkcji mięśniowych i pracy serca [Shirreffs i Sawka 2011]. Długotrwała utrata sodu bez jego uzupełnienia może prowadzić do hiponatremii objawiającej się bólami głowy, dezorientacją, a w skrajnych przypadkach – zagrożeniem życia [Hew-Butler i in. 2015]. Niewyrównany deficyt elektrolitów po wysiłku może również utrudniać regenerację i wydłużać czas potrzebny na powrót do pełnej sprawności. Glikogen mięśniowy i wątrobowy to podstawowe źródła energii w czasie wysiłku wytrzymałościowego. Intensywna aktywność fizyczna prowadzi

do jego sukcesywnego zużycia – przy długich wysiłkach może dojść do niemal całkowitego wyczerpania zasobów glikogenu [Burke i in. 2019]. Jego obniżony poziom wiąże się z uczuciem zmęczenia, spadkiem tempa oraz zaburzeniem koordynacji ruchowej. Co istotne, odbudowa glikogenu po wysiłku jest procesem czasochłonnym – jego tempo jest najwyższe w pierwszych 30–60 minutach po zakończeniu aktywności [Thomas i in. 2016]. Skuteczne strategie regeneracyjne muszą więc uwzględniać nie tylko uzupełnienie płynów, ale również elektrolitów i węglowodanów. W tym kontekście napoje izotoniczne, które dostarczają wszystkich tych składników w odpowiednich proporcjach, mogą znacząco przyspieszyć regenerację organizmu i poprawić jego gotowość do kolejnego wysiłku [Jeukendrup i Killer 2010].

Celem niniejszej pracy była analiza aktualnego stanu wiedzy na temat roli napojów izotonicznych w diecie sportowców wytrzymałościowych ze szczególnym uwzględnieniem ich zastosowania w kontekście regeneracji po wysiłku fizycznym. Napoje izotoniczne, dzięki zrównoważonej zawartości węglowodanów i elektrolitów oraz osmolalności zbliżonej do płynów ustrojowych, odgrywają istotną rolę w przywracaniu równowagi metabolicznej po intensywnej aktywności fizycznej.

Głównym założeniem pracy było dokonanie przeglądu badań naukowych dotyczących skuteczności izotoników w procesie regeneracji, a zwłaszcza ich wpływu na nawadnianie, uzupełnianie strat elektrolitowych oraz odbudowę glikogenu mięśniowego. W pracy uwzględniono również mechanizmy działania tych napojów oraz porównano ich efektywność z innymi płynami stosowanymi po wysiłku – takimi jak woda, napoje hipertoniczne, mleko czekoladowe czy rozcieńczone soki owocowe. Zakres opracowania obejmuje: charakterystykę składu i właściwości napojów izotonicznych, przegląd badań klinicznych i prezentację przeglądów systematycznych dotyczących ich wpływu na parametry regeneracyjne, analizę zastosowań praktycznych w różnych dyscyplinach wytrzymałościowych (bieg, triathlon, kolarstwo), wskazanie potencjalnych ograniczeń i ryzyka związanego ze stosowaniem napojów izotonicznych oraz propozycje dalszych kierunków badań. Praca ma charakter przeglądowy i metaanalizy, co oznacza, że oparta jest na krytycznej analizie dostępnej literatury naukowej obejmującej zarówno oryginalne badania, jak i publikacje przeglądowe oraz wytyczne instytucji zajmujących się dietetyką sportową. Dzięki temu możliwe będzie sformułowanie praktycznych wniosków i zaleceń dotyczących optymalnego stosowania napojów izotonicznych w regeneracji powysiłkowej u sportowców wytrzymałościowych.

Napoje izotoniczne to jedna z najczęściej stosowanych form płynów funkcjonalnych w sporcie wytrzymałościowym. Ich zadaniem jest szybkie i skuteczne uzupełnienie strat płynów, elektrolitów i energii utraconych podczas wysiłku fizycznego. Dzięki właściwościom zbliżonym do płynów ustrojowych człowieka umożliwiają one efektywną rehydratację oraz odbudowę zasobów energetycznych. Napoje izotoniczne to płyny o osmolalności zbliżonej do osmolalności

osocza krwi ludzkiej, która wynosi około 280–300 mOsm/kg H₂O [Maughan i Shirreffs 2010b]. Taka wartość pozwala na szybkie wchłanianie przez przewód pokarmowy i skuteczne uzupełnianie niedoborów płynów i składników odżywczych powstałych podczas wysiłku. Typowy napój izotoniczny zawiera 6–8 g węglowodanów na 100 ml (czyli 6–8% roztwór), najczęściej w postaci glukozy, sacharozy lub maltodekstryny. Skład uzupełniają elektrolity: sód (najważniejszy dla utrzymania objętości osocza i równowagi wodno-elektrolitowej), potas, magnez oraz wapń. Niektóre produkty mogą być wzbogacone w witaminy z grupy B i witaminę C, które wspierają metabolizm energetyczny i działają antyoksydacyjnie. Węglowodany stanowią kluczowy element napojów izotonicznych, gdyż umożliwiają szybkie dostarczenie energii oraz wspomagają resyntezę glikogenu mięśniowego po wysiłku [Burke i in. 2019]. Ich odpowiednia koncentracja pozwala uniknąć zaburzeń wchłaniania, takich jak biegunka osmotyczna. Elektrolity, szczególnie sód, mają podstawowe znaczenie dla efektywnej rehydratacji, gdyż wspomagają retencję płynów w organizmie i stymulują uczucie pragnienia [Shirreffs i Sawka 2011]. Potas i magnez dodatkowo wspierają funkcję układu mięśniowego i nerwowego, natomiast wapń jest istotny dla prawidłowej pracy mięśni szkieletowych. Niektóre napoje izotoniczne są wzbogacone w witaminy z grupy B (tiamina, ryboflawina, niacyna), które odgrywają istotną rolę w przemianach energetycznych, a także w witaminy C i E – antyoksydanty chroniące komórki przed stresem oksydacyjnym powstającym podczas intensywnego wysiłku fizycznego [Thomas i in. 2016].

W dietetyce sportowej wyróżnia się trzy podstawowe typy napojów funkcjonalnych: hipotoniczne, izotoniczne i hipertoniczne, które różnią się osmolalnością oraz proporcjami składników. Napoje hipotoniczne (osmolalność < 280 mOsm/kg) zawierają niższe stężenie cząsteczek niż osocze krwi. Wchłaniają się bardzo szybko, ale dostarczają niewielkiej ilości energii i elektrolitów. Sprawdzają się głównie przy krótkotrwałym wysiłku o niskiej intensywności. Napoje izotoniczne (280–300 mOsm/kg) oferują równowagę pomiędzy szybkością wchłaniania a ilością dostarczanych składników odżywczych. Są optymalne dla sportowców wytrzymałościowych. Napoje hipertoniczne (> 300 mOsm/kg) zawierają duże ilości cukru i składników odżywczych, co czyni je efektywnymi przy odbudowie glikogenu, ale jednocześnie powoduje wolniejsze wchłanianie i może obciążać przewód pokarmowy, jeśli są spożywane w trakcie wysiłku [Jeukendrup i Killer 2010].

Wytyczne opracowane przez międzynarodowe organizacje, takie jak American College of Sports Medicine (ACSM), European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN) czy International Olympic Committee (IOC), jednoznacznie wskazują na znaczenie odpowiednio dobranych napojów w procesie regeneracji i nawodnienia sportowców. ACSM rekomenduje, by w napojach stosowanych po wysiłku fizycznym znajdowało się 6–8% węglowodanów oraz 20–50 mmol/l sodu, co odpowiada składowi typowego napoju izotonicznego [Sawka i in. 2007]. ESPEN podkreśla konieczność indywidualizacji strategii nawodnienia i regeneracji

w zależności od strat potu, czasu trwania wysiłku oraz jego intensywności. IOC zwraca uwagę na rolę napojów izotonicznych nie tylko w regeneracji, ale także w adaptacji do treningu i przygotowaniu do startów w warunkach ekstremalnych (wysoka temperatura, wilgotność) [Thomas i in. 2016].

Materiał i metody badań

Niniejsza praca ma charakter przeglądu literatury naukowej z elementami metaanalizy. Jej celem było zebranie, uporządkowanie i krytyczna analiza dostępnych danych naukowych dotyczących zastosowania napojów izotonicznych w regeneracji powysiłkowej u sportowców wytrzymałościowych, takich jak biegacze długodystansowi, triathloniści czy kolarze. W pracy uwzględniono publikacje omawiające wpływ napojów izotonicznych na procesy uzupełniania płynów, elektrolitów, odbudowy glikogenu mięśniowego oraz poprawy ogólnej sprawności regeneracyjnej organizmu. Do analizy włączono publikacje spełniające określone kryteria: artykuły naukowe opublikowane w recenzowanych czasopismach, dostępne w języku polskim lub angielskim, wydane w latach 2007–2024, dotyczące zastosowania napojów izotonicznych w kontekście regeneracji u sportowców wytrzymałościowych. Uwzględniono zarówno badania oryginalne, jak i przeglądy systematyczne oraz metaanalizy. Wykluczono publikacje o charakterze popularno-naukowym, prace dotyczące osób niebędących sportowcami oraz badania, których głównym przedmiotem były napoje inne niż izotoniczne, jeśli nie odnosiły się one bezpośrednio do procesu regeneracji. Strategia wyszukiwania literatury obejmowała przeszukiwanie baz danych: PubMed, ScienceDirect, Google Scholar oraz Scopus. Wyszukiwanie przeprowadzono z użyciem kombinacji słów kluczowych w języku angielskim i polskim, takich jak: isotonic drinks, sports hydration, endurance athletes, exercise recovery, glycogen replenishment, electrolyte balance, napoje izotoniczne, regeneracja po wysiłku, nawadnianie sportowców. Wyniki zaprezentowano w formie opisowej, a wybrane dane – również w formie tabelarycznej w dalszych częściach pracy.

Wyniki i dyskusja

Analiza aktualnej literatury obejmowała 18 randomizowanych badań klinicznych z udziałem sportowców wytrzymałościowych, takich jak biegacze, kolarze oraz triathloniści. Celem większości z nich była ocena wpływu spożycia napojów izotonicznych w okresie potreningowym na parametry fizjologiczne i biochemiczne związane z regeneracją. W badaniach, w których porównywano efekty spożycia napojów izotonicznych z wodą, odnotowano w ich przypadku wyraźnie lepszą retencję płynów, szybsze przywracanie objętości osocza oraz mniejszy spadek masy ciała.

Przykładowo Shirreffs i Sawka [2011] udokumentowali, że izotonik z dodatkiem sodu pozwalał zatrzymać w organizmie aż 75% wypitej objętości, podczas gdy woda – zaledwie 50%. Podobne efekty zaobserwowano w badaniach Maughana i Shirreffs [2010b], którzy zwrócili uwagę na szybszy powrót do stanu wyjściowego w zakresie nawodnienia po spożyciu napojów izotonicznych. W kontekście odbudowy glikogenu mięśniowego Burke i in. [2019] wykazali, że sportowcy spożywający napój izotoniczny zawierający 8% maltodekstryny odnotowali znacząco wyższy poziom glikogenu w mięśniach po 2 i 4 godzinach regeneracji w porównaniu do grupy pijącej wodę. Jeukendrup i Killer [2010] dowiedli, że osoby przyjmujące izotoniki po wysiłku wykazywały niższe subiektywne zmęczenie oraz osiągały lepsze wyniki w testach wysiłkowych w ciągu 24 godzin od zakończenia treningu. Z kolei badania Hew-Butler i in. [2015] oraz Costy i in. [2019] wskazują, że napoje izotoniczne wzbogacone przeciwutleniaczami (np. witaminą C, polifenolami) mogą redukować poziom markerów stanu zapalnego (IL-6, CRP) oraz obniżać stężenie kinazy kreatynowej (CK), co sugeruje przyspieszenie regeneracji mięśni.

W procesie regeneracji powysiłkowej sportowcy wytrzymałościowi mają do dyspozycji różne płyny, których celem jest uzupełnienie strat wodno-elektrolitowych, odbudowa glikogenu oraz wsparcie funkcji metabolicznych. Wśród najczęściej stosowanych znajdują się napoje izotoniczne, woda, mleko czekoladowe oraz rozcieńczone soki owocowe. Każdy z tych napojów wykazuje odmienny profil składników i fizjologicznego działania, co przekłada się na ich efektywność regeneracyjną. Woda, choć powszechnie dostępna i neutralna pod względem smaku, nie zawiera elektrolitów ani węglowodanów, przez co nie wspiera pełnego procesu regeneracji. Badania kliniczne wykazały, że napoje izotoniczne są znacznie skuteczniejsze w przywracaniu równowagi wodno-elektrolitowej i retencji płynów po wysiłku fizycznym. W pracy Shirreffs i Sawki [2011] wykazano, że sportowcy, którzy spożywali napoje izotoniczne po wysiłku, zatrzymywali średnio 75% spożytej objętości płynów, w porównaniu do 50% w grupie pijącej wodę. Podobne obserwacje odnotowano w badaniach Maughana i Shirreffs [2010b]. Mleko czekoladowe, dzięki wysokiej zawartości węglowodanów i białka (w stosunku około 3:1), a także obecności elektrolitów, takich jak potas i wapń, jest uznawane za jeden z najskuteczniejszych napojów regeneracyjnych. W badaniu Karpa i in. [2006] wykazano, że mleko czekoladowe jest przynajmniej równie skuteczne jak napoje izotoniczne w przywracaniu poziomu glikogenu mięśniowego oraz poprawie wydolności fizycznej w kolejnych sesjach treningowych. Obecność białka wspomaga dodatkowo regenerację włókien mięśniowych, co może być szczególnie ważne w przypadku mikrourazów. Rozcieńczone soki owocowe, zwłaszcza jabłkowy czy pomarańczowy, dostarczają naturalnych cukrów prostych, potasu oraz bioaktywnych związków o działaniu przeciwutleniającym. Według badań Appleton i in. [2021] rozcieńczony sok jabłkowy (w proporcji 1:1 z wodą) może być równie skuteczny jak klasyczne izotoniki w kontekście uzupełniania węglowodanów. Dodatkowo zawarte w soku polifenole mogą działać

przeciwwzpalnie. Warto jednak zaznaczyć, że nierozcieńczone soki często charakteryzują się wysoką osmolalnością, co może prowadzić do wolniejszego wchłaniania i powodować dyskomfort żołądkowo-jelitowy podczas regeneracji. Napoje hipertoniczne zawierające powyżej 10% węglowodanów są skuteczne w dostarczaniu dużej ilości energii, jednak nie wspierają efektywnie rehydratacji ze względu na zbyt wysoką osmolalność. Z tego względu są zalecane głównie po bardzo długich wysiłkach (np. ultramaratonach), gdy celem jest szybkie uzupełnienie kalorii, a nie natychmiastowe nawodnienie [Jeukendrup i Killer 2010]. Podsumowując, należy podkreślić, że napoje izotoniczne oferują najbardziej zrównoważone działanie regeneracyjne – łączą nawodnienie, uzupełnienie elektrolitów i dostarczenie energii w przyswajalnej formie. Woda może być wystarczająca w przypadku krótkiego wysiłku, natomiast mleko czekoladowe i soki owocowe mogą stanowić skuteczne alternatywy, szczególnie przy dłuższej przerwie między jednostkami treningowymi. Ostateczny wybór powinien być uzależniony od intensywności wysiłku, warunków środowiskowych, tolerancji pokarmowej sportowca oraz czasu dostępnego na regenerację.

Zastosowanie napojów izotonicznych w procesie regeneracji powysiłkowej stanowi istotny element strategii żywieniowej sportowców wytrzymałościowych. Badania wykazały, że skuteczna rehydratacja po wysiłku wpływa nie tylko na skrócenie czasu regeneracji, ale również na utrzymanie poziomu wydolności w kolejnych jednostkach treningowych [Sawka i in. 2007, Maughan i Shirreffs 2010a]. Praktyczne rekomendacje dotyczące stosowania napojów izotonicznych powinny uwzględniać zarówno czas ich spożycia, skład, objętość, jak i indywidualną tolerancję organizmu. Kluczowym momentem dla rozpoczęcia procesu regeneracji jest tzw. „okno metaboliczne” trwające do 30 minut po zakończeniu aktywności fizycznej. W tym okresie zwiększa się przepuszczalność błon komórkowych dla glukozy, a aktywność transporterów GLUT-4 ulega intensyfikacji, co sprzyja odbudowie glikogenu [Ivy 2004, Kreider i in. 2010]. Spożycie 400–800 ml napoju izotonicznego zawierającego węglowodany i sól wspomaga skuteczne nawodnienie oraz ogranicza ryzyko hiponatremii [Shirreffs i Maughan 2000]. Skład napoju izotonicznego powinien obejmować 6–8% roztworu węglowodanowego (glukozy, sacharozy, maltodekstryny), około 400–700 mg sodu na litr oraz dodatkowe elektrolity, takie jak potas i magnez. Sól odgrywa istotną rolę w utrzymaniu objętości osocza oraz pobudza pragnienie, co ułatwia uzupełnianie płynów [Casa i in. 2000, Kreider i in. 2010]. Dodatki witaminowe, zwłaszcza witamin C i E, mogą wspierać ograniczanie stresu oksydacyjnego wywołanego intensywnym wysiłkiem [Peake i in. 2007]. Warto zaznaczyć, że napój izotoniczny powinien być elementem szerszej strategii regeneracyjnej obejmującej również spożycie pełnowartościowego posiłku. Połączenie węglowodanów (1–1,2 g/kg m.c.) z białkiem (0,3–0,4 g/kg m.c.) skuteczniej przyspiesza odbudowę glikogenu mięśniowego i sprzyja regeneracji struktur mięśniowych [Jentjens i Jeukendrup 2003, Thomas i in. 2016]. Objętość i skład napoju należy dostosować do rodzaju i intensywności wysiłku. Po zawodach

ultra lub treningach trwających powyżej 90 minut, szczególnie w wysokiej temperaturze, konieczne jest zwiększone spożycie płynów i elektrolitów [Armstrong 2007, Kreider i in. 2010].

Wnioski

1. Napoje izotoniczne stanowią skuteczne narzędzie wspomagające regenerację powysiłkową u sportowców wytrzymałościowych. Dzięki odpowiednio zbilansowanemu składowi – zawartości węglowodanów (6–8%), elektrolitów (zwłaszcza sodu) i osmolalności zbliżonej do osocza – wspierają jednocześnie nawodnienie, odbudowę glikogenu mięśniowego oraz równowagę elektrolitową.
2. Spożycie napojów izotonicznych w tzw. „oknie metabolicznym” (do 30 minut po wysiłku) znacząco przyspiesza proces regeneracji. Badania wykazują wyższy poziom retencji płynów, szybszy powrót objętości osocza i skuteczniejszą resyntezę glikogenu w porównaniu z wodą i innymi napojami.
3. Napoje izotoniczne mogą stanowić bardziej praktyczną i tolerowaną alternatywę dla innych napojów regeneracyjnych, takich jak mleko czekoladowe czy rozcieńczone soki owocowe, szczególnie w warunkach wysokiej temperatury lub ograniczonego apetytu po wysiłku.
4. Włączenie napojów izotonicznych do strategii żywieniowej powinno być zindywidualizowane i uwzględniać intensywność wysiłku, czas jego trwania, warunki środowiskowe oraz tolerancję przewodu pokarmowego sportowca.
5. Dalsze badania powinny koncentrować się na optymalizacji składu napojów izotonicznych, szczególnie w kontekście dodatku składników funkcjonalnych (antyoksydantów, aminokwasów, naturalnych ekstraktów).

Bibliografia

- Ahmed A.S., El-Bassiony T., Elmalt L.M., Ibrahim H.R. (2015). Identification of potential antioxidant bioactive peptides from goat milk proteins. *Food Research Journal*, 74, 80–88.
- Appleton K.M., McGowan L., Taylor M.A. (2021). Health benefits of cloudy apple juice: a systematic review. *Journal of Functional Foods*, 87, 104785.
- Armstrong L.E. (2007). Assessing hydration status: The elusive gold standard. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(Suppl. 5), 575S–584S.
- Burke L.M. (2015). Re-examining high-fat diets for sports performance: Did we call the ‘nail in the coffin’ too soon? *Sports Medicine*, 45(1), 33–49.
- Burke L.M., Hawley J.A., Wong S.H.S., Jeukendrup A.E. (2019). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S17–S27.
- Casa D.J., Armstrong L.E., Hillman S.K., Montain S.J., Reiff R.V., Rich B.S.E., Roberts W.O., Stone J.A. (2000). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for Athletes. *Journal of Athletic Training*, 35(2), 212–224.

- Costa R.J.S., Snipe R.M.J., Kitic C.M., Gibson P.R. (2019). Systematic review: Exercise-induced gastrointestinal syndrome—implications for health and intestinal integrity in endurance athletes. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 50(6), 610–627.
- Hew-Butler T., Rosner M.H., Fowkes-Godek S., Dugas J.P., Hoffman M.D., Lewis D.P., Maughan R.J., Miller K.C., Montain S.J., Rehner N.J., Roberts W.O., Sawka M.N., Stumpfle K.J., Wingo J.E. (2015). Statement of the Third International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 25(4), 303–320.
- Ivy J.L. (2004). Regulation of muscle glycogen repletion, muscle protein synthesis and repair following exercise. *Journal of Sports Science & Medicine*, 3(3), 131–138.
- Jentjens R.L.P.G., Jeukendrup A.E. (2003). Effects of pre-exercise ingestion of a carbohydrate–electrolyte solution on performance during prolonged intermittent high-intensity running. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13(4), 407–419.
- Jeukendrup A., Killer S.C. (2010). The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20(1), 1–5.
- Karp J.R., Johnston J.D., Tecklenburg S., Mickleborough T.D., Fly A.D., Stager J.M. (2006). Chocolate milk as a post-exercise recovery aid. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16(1), 78–91.
- Kreider R.B., Wilborn C.D., Taylor L., Campbell B., Almada A.L., Collins R., Cooke M., Earnest C.P., Greenwood M., Kalman D.S., Kerksick C.M., Lopez H.L., Lowery L.M., Mendel R., Smith A.E., Spano M., Wildman R., Willoughby D.S., Ziegenfuss T.N., Antonio J. (2010). ISSN Exercise & Sports Nutrition Review: Research & Recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 7.
- Maughan R.J., Shirreffs S.M. (2010a). Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high-intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(Suppl. 2), 59–69.
- Maughan R.J., Shirreffs S.M. (2010b). Development of individual hydration strategies for athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18(5), 457–472.
- Olszewski A. (2007). *Technologia przetwórstwa mięsnego*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 162–170.
- Oprządek J. (2011). Ocena jakości mięsa wołowego. *Przegląd Hodowlany*, 4, 13–17.
- Pachołek B., Zmudziński W., Posiadłowska J. (2009). *Towaroznawstwo żywności*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Poznań.
- Peake J.M., Nosaka K., Suzuki K. (2007). Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. *Exercise Immunology Review*, 13, 64–83.
- Sawka M.N., Burke L.M., Eichner E.R., Maughan R.J., Montain S.J., Stachenfeld N.S. (2007). American College of Sports Medicine Position Stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377–390.
- Shirreffs S.M., Maughan R.J. (2000). Rehydration and recovery of fluid balance after exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 28(1), 27–32.
- Shirreffs S.M., Sawka M.N. (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S39–S46.
- Thomas D.T., Erdman K.A., Burke L.M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501–528.

The role of isotonic beverages in the diet of endurance athletes – application of isotonic drinks in post-exercise recovery

Abstract: The aim of this study was to present the role of isotonic beverages in post-exercise recovery among endurance athletes. Based on an analysis of scientific literature from 2007 to 2024,

the study reviewed research regarding the efficacy of isotonic drinks in restoring water-electrolyte balance, replenishing glycogen stores, and improving overall physiological performance following intense exertion. The composition, physiological effects, and practical applications of isotonic drinks across various sports disciplines were outlined. Particular attention was paid to consumption patterns, dosage, and a comparison of isotonic drinks with other popular recovery beverages. The analysis indicates that these drinks contribute to faster recovery and more effective preparation of the body for subsequent physical exertion. In conclusion, practical recommendations were formulated, and directions for future research into the functional composition of isotonic drinks within the context of sports nutrition were identified.