PRACE NAUKOWE UNIWERSYTETU EKONOMICZNEGO WE WROCŁAWIU
RESEARCH PAPERS OF WROCŁAW UNIVERSITY OF ECONOMICS nr 542 • 2018

ISSN 1899-3192
e-ISSN 2392-0041

Bogdan Pachołek, Jędrzej Buca, Sylwia Sady
Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu
e-mail: bogdan.pacholek@ue.poznan.pl

WPŁYW WYSIŁKU FIZYCZNEGO NA PERCEPCJĘ POMARAŃCZOWEGO I CYTRYNOWEGO SMAKU NAPOJÓW IZOTONICZNYCH

INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON ORANGE AND LEMON FLAVORS PERCEPTION OF ISOTONIC DRINKS

DOI: 10.15611/pn.2018.542.10
JEL Classification: A190

Streszczenie: Rynek napojów izotonicznych jest jednym z najszybciej rozwijających się obszarów dotyczących produktów o charakterze funkcjonalnym. Napoje izotoniczne należą do grupy napojów funkcjonalnych, które zgodnie z uregulowaniami prawnymi muszą spełnić określone cechy dotyczące osmolalności, zawartości węglowodanów, wartości energetycznej i zawartości sodu. Głównymi funkcjami napojów izotonicznych są nawodnienie organizmu i utrzymanie prawidłowej zawartości składników mineralnych w ustroju człowieka, zwłaszcza po wzmożonej aktywności fizycznej. Smak w przypadku napojów izotonicznych, ze względu na ich specyficzny charakter oraz dawkowanie, musi satysfakcjonować konsumenta, zarówno przed, jak i po wysiłku fizycznym. Celem pracy była ocena wpływu wysiłku fizycznego na percepcję smaku pomarańczowego i cytrynowego napojów izotonicznych przez młodych mężczyzn. Zakres badań obejmował przeprowadzenie testu sensorycznego opartego na metodzie wskaźnika rozcieńczeń N przed i po próbie wysiłkowej wykonanej zgodnie z testem Wingate. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że wysiłek fizyczny znacząco obniża zdolność rozpoznania zarówno smaku pomarańczowego, jak i cytrynowego napojów izotonicznych.

Słowa kluczowe: napój izotoniczny, percepcja smaku, test Wingate, wskaźnik rozcieńczeń N.

Summary: The isotonic drinks market is one of the fastest developing markets among functional food products. Isotonic drinks belong to the group of functional beverages which, in accordance with legal regulations, have to meet certain features regarding their osmolality. The main functions of sports drinks are rehydration and maintaining a proper mineral content in the human body, especially after intense physical activity. Due to specific nature and dosage of isotonic drinks, their taste has to satisfy a consumer both before and after exercise. The aim of the study is to assess the impact of physical activity on the orange and lemon flavors perception of isotonic drinks among the young men. The scope of the research included sensory test based on N dilution method performed before and after the physical exercise which was

the Wingate test. The results of the study indicate that physical exercise significantly reduces the ability to identify both orange and lemon flavors of isotonic drinks.

Keywords: isotonic drink, taste perception, Wingate test, N dilution factor.

1. Wstęp

Rynek napojów bezalkoholowych jest jednym z najszybciej rozwijających się rynków o charakterze funkcjonalnym, zwłaszcza w kategorii napojów izotonicznych. Sprzedaż napojów izotonicznych, pomimo małego udziału w całości rynku napojów bezalkoholowych w Polsce (niecałe 0,5%), charakteryzuje się dużą dynamiką wzrostu. W latach 2010-2015 odnotowano wzrost wolumenu sprzedaży napojów tej kategorii o 63%, co stanowiło największy wzrost wśród wszystkich kategorii napojów bezalkoholowych. Jak wynika z danych firmy doradczej KPMG, do roku 2020 rynek napojów izotonicznych będzie rósł w średnim rocznym tempie 3,8%. W 2015 r. wartość sprzedaży detalicznej napojów izotonicznych w Polsce wyniosła 203 mln złotych, natomiast według prognoz KPMG, do roku 2020 rynek tego segmentu osiągnie wartość 241 mln złotych. Na podstawie badania konsumenckiego określono, że 54% osób kupujących napoje izotoniczne dokonywało zakupów tej kategorii napojów w dyskontach, natomiast w nieznacznie mniejszym stopniu konsumenci deklarowali zakupy napojów izotonicznych w hipermarketach (52%), supermarketach (49%) i sklepach spożywczych (45%) [KPMG 2016]. Segment napojów izotonicznych postrzegany jest przez konsumentów w kategoriach funkcjonalności i potrzeb, na które odpowiadają. Napoje izotoniczne piją przede wszystkim osoby młode: *core-consumers* (15–25 lat, uczniowie, studenci) oraz *metro consumers* (25–35 lat, osoby intensywnie pracujące). Są to grupy młodych osób, które są bardzo aktywne zawodowo i fizycznie [Błaszczyk i in. 2012; Kopacz i in. 2012].

Napoje izotoniczne należą do grupy napojów funkcjonalnych, które mają na celu przede wszystkim nawodnienie organizmu oraz utrzymanie prawidłowej zawartości składników mineralnych w ustroju człowieka [Mettler i in. 2006; Stasiuk, Przybyłowski 2017]. Zgodnie z wymaganiami Europejskiej Komisji ds. Zdrowia i Ochrony Konsumentów [European Commision 2001] na rynku europejskim napoje mogą być uznane za izotoniczne, jeśli spełniają określone kryteria:

– osmolalności,
– zawartości węglowodanów,
– wartości energetycznej,
– zawartości sodu.

Wartość osmolalności napojów izotonicznych, wykorzystywana jako wskaźnik ich przydatności do właściwego nawadniania organizmu, musi osiągnąć wartość 270–330 mOsm/kg [European Commission 2001]. Utrata wody w wysokości 2% w stosunku do masy ciała obniża wydolność fizyczną o około 20%. Niedobór wody

osiągający poziom 5–8% masy ciała powoduje dalsze zaburzenia wydolności fizycznej oraz psychicznej, a przy stracie wody do 10% masy ciała organizm człowieka jest niezdolny do wykonywania jakiejkolwiek aktywności fizycznej [Sadowska i in. 2017].

Napoje izotoniczne, z racji oczekiwanego efektu działania oraz wymogu normatywnego, muszą charakteryzować się zawartością cukrów o wysokim indeksie glikemicznym (IG) nie niższą niż 75% sumy wszystkich węglowodanów [European Commission 2001]. Indeks glikemiczny to procentowy wzrost stężenia glukozy we krwi po spożyciu (przez reprezentatywną statystycznie grupę ludzi) porcji produktu zawierającej 50 g przyswajalnych węglowodanów. Wzrost poziomu cukru we krwi w przypadku spożycia 50 g glukozy przyjęto jako podstawę skali (100%). W przypadku napojów izotonicznych do pożądanych węglowodanów o wysokim indeksie glikemicznym (>70) zalicza się glukozę, sacharozę i fruktozę [Stasiuk, Przybyłowski 2015]. Bezpośrednie wykorzystanie glukozy przez komórki organizmu wiąże się z utrzymaniem stałego poziomu glukozy we krwi, który u zdrowego człowieka kształtuje się na poziomie od 70 do 120 mg/l. Im wyższa wartość IG danego produktu, tym wyższy poziom cukru we krwi po spożyciu tego produktu.

Wartość energetyczna napojów izotonicznych musi wynosić od 80 do 350 kcal/l [European Commission 2001]. Za wartość energetyczną napojów izotonicznych odpowiadają głównie węglowodany, pozostała część składników pokarmowych występuje ilościowo w zbyt niskim stężeniu. Ilość energii pochodzącej z węglowodanów (w zależności od wykonywanej pracy) powinna mieścić się w przedziale między 60 a 65% całkowitej podaży energii. Szczególnie ważne jest utrzymanie poziomu glukozy we krwi podczas dużego wysiłku fizycznego. Organizm po wyczerpaniu źródła glukozy korzysta ze zmagazynowanego w wątrobie i mięśniach glikogenu, jednakże jego zapasy wynoszą około 450 g, co wystarcza na 2 godziny intensywnego wysiłku oraz 11 godzin lekkiej pracy [Gawęcki 2010].

Ostatnie kryterium wskazane przez Europejską Komisję dotyczy stężenia sodu (Na+), które musi zawierać się w przedziale od 460 mg/l (20 mmol/l) do 1150 mg/l (50 mmol/l) [European Commission 2001]. Jego prawidłowe stężenie we krwi wynosi między 136 a 145 mmol/l. Spośród składników mineralnych zawartych w napojach izotonicznych sód stanowi procentowo największą część i odpowiedzialny jest, razem z jonami potasu, za utrzymanie równowagi elektrolitycznej w organizmie człowieka. Prawidłowa zawartość tego składnika w buforze płynów ustrojowych gwarantuje prawidłowe zachowanie procesów fizjologicznych [Jarosz, Bułhak-Jachymczyk (red.) 2008].

Coraz częściej można zaobserwować trend związany z wyborem przez konsumentów napojów izotonicznych minimalnie przetworzonych, uzyskanych z naturalnych surowców oraz bez chemicznych dodatków. Formułę napojów izotonicznych stanowią rozbudowane kompozycje, zawierające substancje odżywcze i bioaktywne mające na celu nie tylko zwiększenie wartości odżywczej, ale także nadanie produktom atrakcyjnych właściwości wizualnych, prozdrowotnych i sensorycznych.

Przykładem mogą być ekstrakty z ziół, wyciągi z roślin oraz soki owocowe, stanowiące bogate źródło różnych składników odżywczych, witamin, składników mineralnych, cukrów, a także związków polifenolowych [Antolak, Kręgiel 2017]. Smak w przypadku napojów izotonicznych, ze względu na ich specyficzny charakter oraz dawkowanie, powinien satysfakcjonować konsumenta zarówno przed, jak i po wysiłku fizycznym. Można przypuszczać, że po wysiłku fizycznym konsumpcja napoju izotonicznego o niezadowalających walorach smakowych może skutkować, że konsument nie spożyje go w odpowiedniej ilości, a co za tym idzie, nie uzupełni w wystarczającym stopniu stężenia składników mineralnych. Wobec roli, jaką smak odgrywa w kreowaniu produktów żywnościowych, w postrzeganiu ich atrakcyjności, podjęta tematyka badań zyskuje na znaczeniu.

Celem pracy była ocena wpływu wysiłku fizycznego na percepcję smaku pomarańczowego i cytrynowego napojów izotonicznych. Dla realizacji celu pracy przeprowadzono następujące badania: test sensoryczny napojów izotonicznych oparty na metodzie wskaźnika rozcieńczeń N przed i po próbie wysiłkowej wykonanej zgodnie ze standardowym testem Wingate.

2. Materiał i metody badawcze

Przedmiotem badań były dwa komercyjne napoje izotoniczne o smaku pomarańczowym i cytrynowym zakupione od jednego producenta, który jest liderem rynku napojów izotonicznych [EuroMonitor International 2018]. Zakres badań obejmował:

- przygotowanie próbek napoju izotonicznego wraz z rozcieńczeniami (N=100%, N=90%, N=80%, N=70%, N=60%),
- ocenę rozpoznawalności smaku pomarańczowego i cytrynowego przed wysiłkiem fizycznym,
- przeprowadzenie próby wysiłkowej (test Wingate),
- ocenę rozpoznawalności smaku pomarańczowego i cytrynowego po wysiłku fizycznym.

W badaniach wzięło udział 10 osób (6 mężczyzn, 4 kobiety) w przedziale wiekowym 24–28 lat, z wykształceniem wyższym. Osoby z grupy badawczej w dniu badania nie uczestniczyły wcześniej w zajęciach wymagających zwiększonej aktywności fizycznej, psychicznej oraz żadna z nich nie skarżyła się na dolegliwości bólowe bądź złe samopoczucie. Próba wysiłkowa została przeprowadzona na podstawie testu Wingate i miała na celu wywołanie maksymalnego wysiłku fizycznego. Test Wingate to 30-sekundowy wysiłek wykonywany na cykloergometrze z maksymalną intensywnością. Parametry tej próby pozwalają na diagnostykę maksymalnej mocy mechanicznej (Pmax) oraz pojemności beztlenowej (AC), na podstawie wykonywanej pracy (Wtot). W celu umożliwienia porównania wyników powyższe parametry odnoszone są do masy badanego. W badaniu zostało wykorzystane standardowe obciążenie zewnętrzne na poziomie 0,075 kg na 1 kg masy ciała [Baltzopoulos i in. 1988; Gabryś i in. 2004].

Badania zostały przeprowadzone według poniższego algorytmu (każda badana osoba, po przebraniu się w odzież sportową, przechodziła przez kolejne stanowiska, w obrębie których były wykonywane następujące czynności):

1. Wypełnienie kwestionariusza osobowego i szkolenie stanowiskowe.
2. Degustacja napoju izotonicznego – badane osoby spożywały kolejne zakodowane próbki napoju izotonicznego (aby nie sugerować smaku napoju barwą, próbki znajdowały się w 100 ml butelkach z ciemnego szkła, wypełnionych w 30% roztworem o odpowiednim stężeniu). Badani mieli za zadanie określić, po każdej próbce, jaki odczuwają smak.
3. Rozgrzewka na cykloergometrze (5 minut) – obciążenie l kpm (1 kpm to energia potrzebna do podniesienia masy 1 kg na wysokość 1 m przy grawitacji 1 G):

a) 55 sekund – 60 obrotów na minutę,

b) 5 sekund – maksymalna prędkość jazdy,

c) punkty a i b powtarzano 5-krotnie.

4. Po rozgrzewce badana osoba wykonywała l minutę truchtu.
5. Przeprowadzenie testu Wingate:

a) obciążenie (kpm) adekwatne do masy ciała (przelicznik: 1 kg masy ciała – 0,075 kg obciążenia),

b) 30 sekund maksymalnej prędkości jazdy.

6. Ponowna degustacja napoju izotonicznego zgodnie z pkt 2.

Badani zostali włączeni do procesu badawczego maksymalnie po 5 minutach od momentu przebrania się. W sali próby znajdowała się jednocześnie tylko jedna badana osoba. W celu zapewnienia wiarygodności wyników każda badana osoba brała udział w dwóch seriach pomiarowych. Cyklometr oraz stanowisko analityczne znajdowały się w odległości 1,5 m, co gwarantowało brak występowania czynników zakłócających.

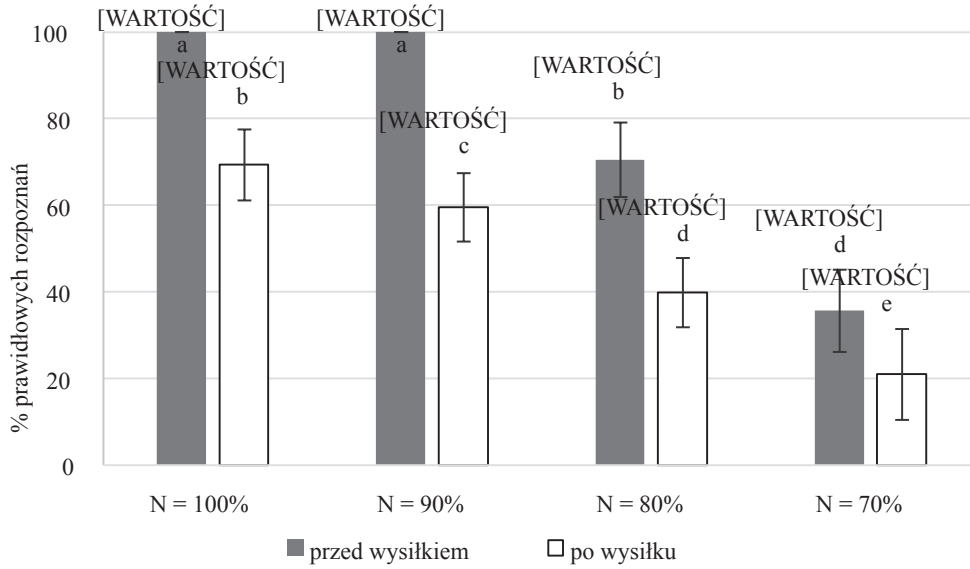
Próbki smakowe napojów izotonicznych zostały przygotowane tego samego dnia, tuż przed badaniem. Przygotowanie próbek napoju i ocenę smaku przeprowadzono na podstawie sensorycznej metody wskaźnika rozcieńczeń N. Metoda ta pozwala na określanie intensywności w zakresie smakowitości produktów, dla których intensywność jest istotnym wskaźnikiem jakości. Miarą jakości jest stopień rozcieńczenia odpowiadający progowi rozpoznania, wyrażony w procentach na 100 ml. Przy oznaczeniu wskaźnika rozcieńczeń N zastosowano metodę progową schodkową, w której oceniającym podawano próbki w sekwencji wstępującej (od największego rozcieńczenia do próbki nierozcieńczonej). Prezentacja odbywała się indywidualnie dla każdego oceniającego przez osobę, która prowadzi test [Jędryka 2001; Baryłko-Pikielna, Matuszewska 2009].

Podczas próby wysiłkowej oraz testu sensorycznego zabronione było spożywanie pokarmów, dozwolone było korzystanie z wody pomiędzy próbkami w celu neutralizacji smaku próbek. Każda badana osoba brała udział w dwóch seriach badania, pomiędzy którymi występowała 5-godzinna przerwa. Badanie przeprowadzono trzykrotnie.

Celem porównania wartości średnich przeprowadzono analizę wariancji (ANOVA). Do zweryfikowania istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi zastosowano test Tukeya, posługując się programami komputerowymi Microsoft Excel 2016 oraz Statistica 13.1. W szacowaniu statystycznym za poziom istotności przyjęto α=0,05.

3. Wyniki i dyskusja

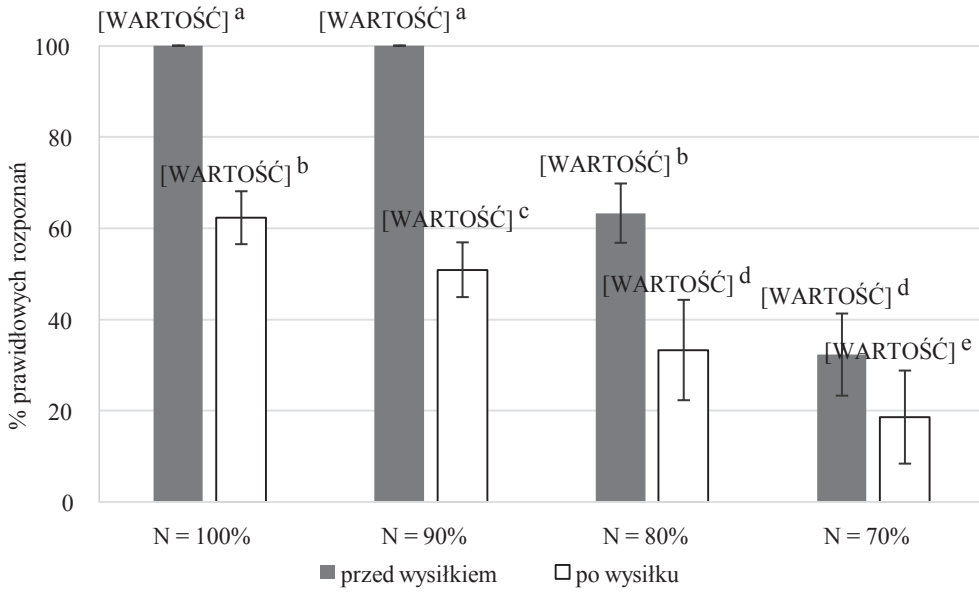
Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wyniki prawidłowych rozpoznań smaku pomarańczowego i cytrynowego napoju izotonicznego przed i po próbie wysiłkowej. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że przed próbą wysiłkową wszystkie badane osoby prawidłowo rozpoznały smak pomarańczowy i cytrynowy próbki wyjściowej, czyli próbki zawierającej nierozcieńczony produkt (N=100%), jak również próbki 90%. W przypadku rozcieńczenia 80 i 70% procent rozpoznawalności wynosił odpowiednio 70,5% i 35,6% dla smaku pomarańczowego oraz 63,3% i 32,3% dla smaku cytrynowego.



a, b, c, d, e – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie, poziom istotności α=0,05

Rys. 1. Ocena rozpoznawalności smaku pomarańczowego napoju izotonicznego przed i po wysiłku fizycznym przeprowadzonym według testu Wingate

Źródło: opracowanie własne.



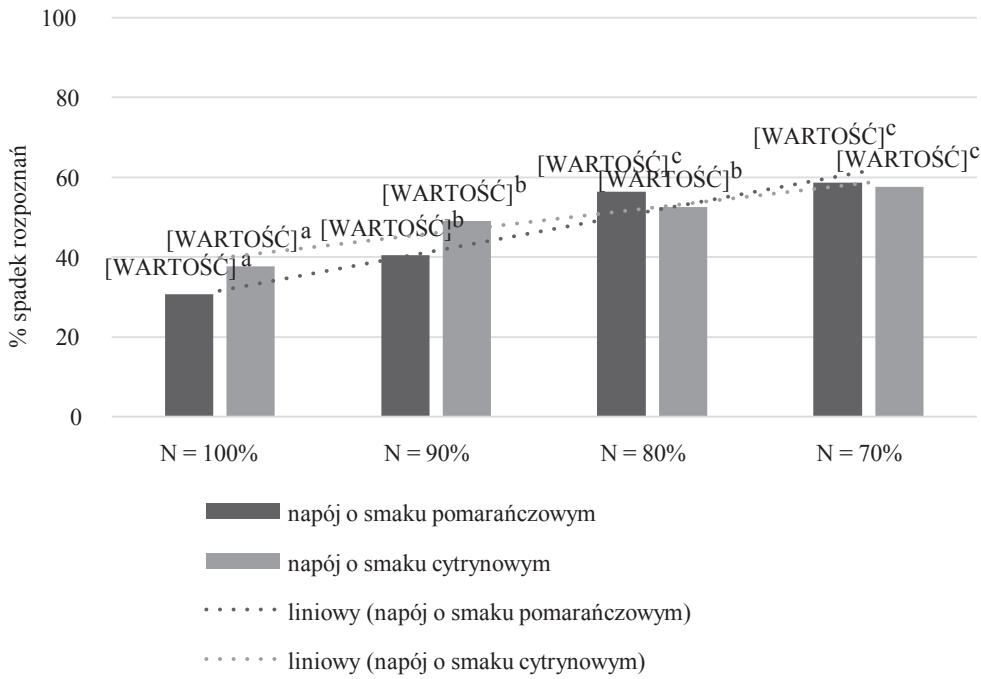
a, b, c, d, e – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie, poziom istotności α=0,05

Rys. 2. Ocena rozpoznawalności smaku cytrynowego napoju izotonicznego przed i po wysiłku fizycznym przeprowadzonym według testu Wingate

Źródło: opracowanie własne.

Po próbie wysiłkowej odnotowano znaczący spadek rozpoznawalności w odniesieniu do obydwu smaków, który był uzależniony od zastosowanego rozcieńczenia i miał charakter wykładniczy (rys. 3). Średnia rozpoznawalność po próbie wysiłkowej była niższa o około 47%. Największy spadek (ponad 50%) pozytywnych odpowiedzi po wysiłku zaobserwowano dla rozcieńczenia 70% i 80% dla obydwu badanych próbek, a najmniejszy (30,7% – smak pomarańczowy i 37,7% – smak cytrynowy) wystąpił dla próbek zawierających nierozcieńczony napój izotoniczny. Z uwagi na wielkość próby wyniki należy traktować jako badania pilotażowe.

Literatura traktująca o wpływie wysiłku fizycznego (tlenowego bądź beztlenowego) na układ aferentny zmysłu smaku jest dość uboga. Zdaniem Baryłko-Piekielnej i Matuszewskiej [2009] zmęczenie fizyczne doprowadza do obniżenia wrażliwości smakowej. Stwierdzenie to częściowo pokrywa się z wynikami przeprowadzonych badań. Z kolei Appleton [2005] sugeruje, że odczuwalna przyjemność spożywania płynów izotonicznych może wzrastać wraz ze zmniejszającą się osmolalnością napoju. Natomiast Górski [2006] wskazuje na możliwość wystąpienia podczas wysiłków beztlenowych refluksu żołądkowego, który charakteryzuje się przemieszczeniem kwaśnych treści do przełyku i gardzieli. W mechanizmie tym



a, b, c – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie, poziom istotności α=0,05

Rys. 3. Procentowy spadek rozpoznawalności pomarańczowego i cytrynowego smaku napoju izotonicznego pod wpływem wysiłku fizycznego przeprowadzonego według testu Wingate

Źródło: opracowanie własne.

można upatrywać przyczyn zaburzonej percepcji smaku ze względu na zakwaszenie środowiska. Obniżona zdolność rozpoznawania smaku po wysiłku fizycznym może być także spowodowana zmniejszoną ilością wydzielonej śliny wynikającą z odwodnienia [Guzek 2008]. Konsekwencją niedoboru śliny jest obniżenie ilości roztworu zawierającego składniki pobudzające kubki smakowe. Badania określające wpływ wysiłku fizycznego na zdolność rozpoznania bodźców bólowych dowodzą 10% spadku średniej wartości bodźca minimalnego po próbie wysiłkowej (w postaci testu Wingate) [Buca 2010]. Ponieważ w ich przekazie pośredniczą białka rodziny G (do nich należą także receptory smaku słodkiego i gorzkiego), można dopatrywać się analogii w przypadku percepcji smaku. Na podstawie przeprowadzonych badań Nakanishi i in. [2015] stwierdzili, że rozpoznawalność smaków słodkiego i kwaśnego zmieniała się wraz ze zmianą intensywności ćwiczeń fizycznych poprzedzających test sensoryczny (im intensywniejszy wysiłek, tym bardziej odczuwany smak słodki oraz mniej odczuwany smak kwaśny). Z badań nad cechami sensorycznymi napoju dla sportowców o wysokiej zawartości węglowoda-

nów i elektrolitów przeprowadzonych przez Ali i in. [2011] wynika natomiast, że wartości pożądalności ogólnych napoju nie różniły się istotnie statystycznie przed i po wysiłku. Powyższe stwierdzenia dowodzą istotności badań nad wpływem wysiłku fizycznego na postrzeganie cech organoleptycznych produktów przed konsumentów, a także na ich potencjał poznawczy. Percepcja sensoryczna organizmu ludzkiego jest bardzo interesującym obszarem z punktu widzenia zarówno zdrowotnego, jak i marketingowego. Poznanie zachowań układu aferentnego zmysłu smaku podczas obciążenia wysiłkiem fizycznym pozwoliłoby producentom na stworzenie produktu o rozpoznawalnym smaku zarówno przed, jak i po wysiłku, który zaspokajałby potrzeby konsumentów z tej grupy. Dodatkowo spożywaliby oni taki napój chętniej, co ograniczałoby ryzyko niekompletnej suplementacji składnikami mineralnymi ze względu na niesatysfakcjonujące walory smakowe.

4. Podsumowanie

Cechy organoleptyczne odgrywają istotną rolę w postrzeganiu produktów żywnościowych. Z przeprowadzonych badań wynika, że wysiłek fizyczny jest przyczyną obniżonej zdolności rozpoznania zarówno smaku pomarańczowego, jak i cytrynowego. Blisko 1/3 badanych osób po próbie wysiłkowej nie rozpoznała smaku pomarańczowego i cytrynowego w nierozcieńczonym napoju izotonicznym. Procentowy spadek rozpoznawalności napoju o smaku pomarańczowym i cytrynowym po próbie wysiłkowej wzrastał wraz ze stopniem rozcieńczenia. Zasadność przeprowadzenia takich badań należy rozpatrywać nie tylko w aspekcie poznawczym, ale i szeroko pojętym aspekcie praktycznym. Konsumpcja po wysiłku fizycznym napoju izotonicznego o niezadowalających cechach smakowych może być ograniczona i konsument nie uzupełni w wystarczającym stopniu stężenia składników mineralnych.

Literatura

Ali A., Duizer L., Foster K., Grigor J., Wei W., 2011, *Changes in sensory perception of sports drinks when consumed pre, during and post exercise*, Physiology & Behavior, s. 437–443.

Antolak H., Kręgiel D., 2017, *Skład napojów funkcjonalnych a ich stabilność mikrobiologiczna*, Przemysł Spożywczy, tom 71, s. 15–18.

Appleton K.M., 2005, *Changes in the perceived pleasantness of fluids before and after fluid loss through exercise: a demonstration of the association between perceived pleasantness and physiological usefulness in everyday life*, Physiol. Behav., no. 83, s. 813–819.

Baltzopoulos V., Eston R.G., Maclaren D., 1988, *A comparison of power outputs on the Wingate test and on a test using an isokinetic device*, Ergonomics, vol. 31(11), s. 1693–1699, DOI: 10.1080/00140138808966819

Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I., 2009, *Sensoryczne badania żywności: podstawy, metody, zastosowania*, Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków.

Błaszczyk E., Piórecka B., Jagielski P., Schlegel-Zawadzka M., 2012, *Spożycie napojów funkcjonalnych w grupie młodzieży z regionu Podkarpacia*, Bromat Chem Toksykol, nr 1, s. 33–38.

Buca J., 2010, *Wpływ wysiłku fizycznego na odbiór bodźców mechanicznych przez młodych mężczyzn*, praca magisterska, Akademia Wychowania Fizycznego, Poznań [maszynopis niepublikowany].

EuroMonitor International 2018, https://www.euromonitor.com/sports-drinks-in-poland/report] pdf (18.08.2018).

European Commission, 2001, *Report on the Scientific Committee on Food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen*, https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_scf_out64_en.pdf (18.08.2018).

Gabryś T., Borek Z., Szmatlan-Gabryś U., Gromisz W., 2004, *Test Wingate*, Beskidzka Wyższa Szkoła Turystyki w Żywcu, Żywiec.

Gawęcki J., 2010, Żywienie człowieka, podstawy nauki o żywieniu, PWN, Warszawa.

Górski J. (red.), 2006, *Fizjologiczne podstawy wysiłku fizycznego*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.

Guzek J., 2008, *Patofizjologia w zarysie*, PZWL, Warszawa.

Jarosz M., Bułhak-Jachymczyk B. (red.), 2008, *Normy żywienia człowieka*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.

Jędryka T., 2001, *Metody sensoryczne*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie.

Kopacz A., Wawrzyniak A., Hamułka J., Górnicka M., 2012, *Badania uwarunkowań spożywania napojów energetyzujących przez studentów*, Rocznik Państwowego Zakładu Higieny, t. 63, nr 4, s. 491–497.

KPMG, 2016, *Rynek napojów bezalkoholowych w Polsce*, wrzesień.

Mettler S., Rusch C., Colombani P.C., 2006, *Osmolality and pH of sport and other drinks available in Switzerland*, Schweizerische Zeitschrift für "Sportmedizin und Sporttraumatologie", vol. 54(3), s. 92–95.

Nakanishi Y., Inoue Y., Ito T., Nethery V., 2015, *Exercise intensity differentially impacts sensitivity thresholds to specific tastes*, Biology of Exercise, vol. 11(1), s. 69–80.

Sadowska A., Świderski F., Rakowska R., Waszkiewicz-Robak B., Żebrowska-Krasuska M., Dybkowska E., 2017, *Beverage osmolality as a marker for maintaining appropriate body hydration*, Roczniki Państwowego Zakładu Higieny, nr 68(2), s. 167–173.

Stasiuk E., Przybyłowski P., 2015, *Elektrochemiczne wskaźniki jakości w ocenie napojów izotonicznych*, Problemy Higieny i Epidemiologii, nr 96(4), s. 827–829.

Stasiuk E., Przybyłowski P., 2017, *Osmolality of isotonic drinks in the aspect of their authenticity*, Polish Journal of Natural Sciences, vol. 32(1), s. 161–168.