

TADEUSZ TRZISZKA

## ISTNIEJĄCE POGLĄDY DOTYCZĄCE SPOŻYCIA JAJ I WYBRANYCH PRODUKTÓW MLECZARSKICH WPLYWAJĄCYCH NA ZDROWIE I JAKOŚĆ ŻYCIA KONSUMENTÓW

### Streszczenie

**Wprowadzenie.** Realizowane w ostatnich latach szerokie badania obejmujące żywność i żywienie człowieka w aspekcie jakości życia i zdrowia wskazują, że kluczowym czynnikiem w tym względzie jest mikrobiota jelitowa. Dlatego też zwraca się uwagę na żywność niskoprzetworzoną, ekologiczną, a generalnie prozdrowotną. Jest to asumpt do rozwoju i wdrażania żywności funkcjonalnej właśnie o szczególnych cechach prozdrowotnych.

**Wyniki i wnioski.** W przedmiotowym artykule zwrócono uwagę na ważne ze zdrowotnego punktu widzenia surowce, tj. jaja i wybrane przetwory mleczarskie, wskazując na ich wartość biologiczną i żywieniową. Zwłaszcza rola owofosfolipidów jest nie do przecenienia, a w kontekście ich dodatku do przetworów mleczarskich możemy budować nowe linie produktów żywności funkcjonalnej. Owofosfolipidy połączone z fermentowanymi produktami mleczarskimi mają istotny wpływ na rozwój mikroflory jelitowej i jej biologiczną regenerację, co służy dobremu zdrowiu i jakości życia człowieka.

**Słowa kluczowe:** jaja, produkty mleczarskie, mikrobiota jelitowa, jakość życia, zdrowie konsumenta

### Wprowadzenie

W opracowaniu INNOVA TOP 10 TRENDS 2025 [37] wytyczono najważniejsze kierunki rozwoju rynku żywności i napojów, z uwzględnieniem jakości surowców i produktów finalnych, bowiem jakość żywności i zdrowie są komplementarne. Szczególnym czynnikiem wpływającym na zdrowie jest świadoma profilaktyka uwzględniająca wysoką wartość składników żywności, zwłaszcza protein, fosfolipidów, witam i składników mineralnych. Coraz większą wagę przykładają się do składników probiotycznych i prebiotycznych, a co za tym idzie, zwraca się uwagę na kluczowe znaczenie

---

*Prof. dr hab. inż. T. Trziszka ORCID: 0000-0002-0459-370X, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Chelmońskiego 37/41, 51-630 Wrocław; Wrocławski Park Technologiczny ul. Klecińska 125, 54-413 Wrocław.  
Kontakt: e-mail: tadeusz.trziszka@upwr.edu.pl*

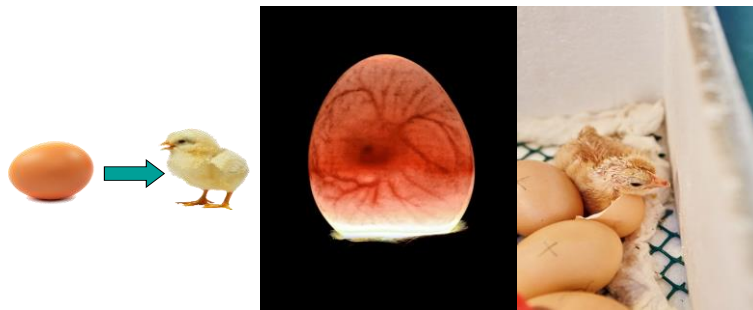
mikrobiomu jelitowego. Dlatego też będzie rozwijany nowy model w dietetyce, uwzględniający żywność funkcjonalną i nutraceutyki. Duża presja jest wywierana na produkcję ekologiczną i zwiększony udział surowców naturalnego pochodzenia, a także powrót do tradycji żywieniowych pozytywnie wpływających na jakość życia. W świetle tendencji rozwoju żywności pochodzenia roślinnego duże wyzwania stoją przed surowcami pochodzenia zwierzęcego, zwłaszcza jajami i produktami mleczarskimi [89]. W przedmiotowym opracowaniu proponuje się podjąć dyskusję nad poniższymi zagadnieniami:

- Kontrowersje w odniesieniu do spożycia jaj w aspekcie prozdrowotnym;
- Jaja – źródło pełnowartościowych składników odżywczych;
- Owofosfolipidy – kluczowy czynnik funkcji organizmu;
- Wybrane produkty mleczarskie, ze szczególnym uwzględnieniem serów dojrzewających i ich wpływ na zdrowie konsumenta;
- Mikrobiota jelitowa jako element decydujący o zdrowiu człowieka i jakości życia.

#### **Kontrowersje w odniesieniu do spożycia jaj w aspekcie prozdrowotnym**

Po długoletniej negatywnej kampanii pewnych grup biznesowych, a także mniej doświadczonych grup akademickich, umocniona została praktyka i wiedza naukowa wskazująca, że jaja to istotne odkrycie przełomu XX i XXI wieku. Surowiec jajczarski przedstawia wysoką wartość żywieniową i prozdrowotną z możliwością zastosowania w profilaktyce i wspieraniu terapii wobec chorób cywilizacyjnych.

Jaja kurze z uwagi na obecność dużej ilości bioaktywnych składników są najlepszym surowcem do wykorzystania w wielu branżach przemysłu żywieniowego, paszowego, chemicznego, farmaceutycznego i kosmetycznego. Nie ma w przyrodzie bardziej doskonałego surowca spożywczego niż jaja. Zapłodnione jajo kurze po dostarczeniu energii w postaci ciepła (39 °C przez 21 dni) przeistacza się w żywy organizm (pisklę), w którym są m.in. układ kostny, mięśniowy, pokarmowy, nerwowy, immunologiczny itd. (Ryc. 1) Powstały żywy organizm jest zdolny do wzrostu i dalszego rozwoju, a do wzbudzenia życia niezbędna jest jedynie energia. Wszystkie niezbędne substancje potrzebne do jego stworzenia są zatem zawarte w jaju. Ten właśnie fakt świadczy wystarczająco o wartości biologicznej jaja i wskazuje, jak cenne zawiera składniki [34, 79, 80, 81].



Rycina 1. Transformacja składników jaja w pisklę (żywy organizm) [Opracowanie własne]  
Figure 1. Transformation of egg components into a chick (living organism) [Own work]

Z prostej kalkulacji wynika, że aby w pełni zaspokoić zapotrzebowanie organizmu człowieka na wszystkie składniki niezbędne do funkcji życiowych, wystarczy konsumować jedynie jaja. Stanowią one najlepsze źródło aminokwasów, w tym szczególnie egzogennych, fosfolipidów, kwasów tłuszczowych, witamin, związków mineralnych. Należy dodać, że proporcje pomiędzy poszczególnymi składnikami chemicznymi w treści jaja są idealne, brakuje jedynie witaminy C.

Jaja mają szerokie zastosowanie kulinarne, mogą być także wykorzystane w produkcji żywności funkcjonalnej, suplementów diety, nutraceutyków, preparatów biomedycznych oraz całej gamy biopreparatów do profilaktyki i terapii chorób cywilizacyjnych.

W latach 2009 ÷ 2013 prowadzono najbardziej kompleksowe badania w skali światowej nad wartością żywieniową i biomedyczną jaj kurzych w ramach europejskiego programu badawczego POIG (1.3.1) w projekcie o akronimie OVOCURA [81]. Wyniki badań osiągnięte w projekcie znacznie przekroczyły oczekiwania, wskazując na ogromną wartość aplikacyjną jaj. Tym samym wskazano, że treść jaja stanowi niezwykle interesujący materiał biologiczny do zastosowań nie tylko jako surowiec spożywczy, ale przede wszystkim jako materiał wyjściowy do produkcji nutraceutyków, preparatów biomedycznych oraz biokosmetyków, a także biosubstancji do różnych zastosowań, w tym do utrwalania żywności i systemów opakowaniowych, itp.

Wyniki badań uzyskane w projekcie dowiodły, że stosowanie odpowiedniego żywienia niosek w sposób naturalny można doskonalić skład chemiczny żółtka wzbogacając w wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WNKT) nawet do poziomu 1g WNKT na jajo, w tym n-3 kwasy tłuszczowe, głównie DHA do 250 mg na jajo. Najbardziej spektakularne było pozyskanie nowej generacji fosfolipidów zawierających wysoki poziom DHA wbudowanego w pozycję Sn2. Tego typu fosfolipidy są nutraceutykami i mogą być stosowane w preparatach biomedycznych z przeznaczeniem do profilaktyki chorób serca i nadciśnienia. W przedmiotowym projekcie uzyskano wiele cennych

substancji mogących mieć zastosowanie w profilaktyce i terapii chorób cywilizacyjnych, co zostało ujęte w ponad 20 patentach, 40 doktoratach i ponad 100 publikacjach.

Do niedawna trwała bardzo intensywna kampania przeciwko spożywaniu jaj ze względu na obecność cholesterolu w żółtku, co nigdy nie zostało potwierdzone solidnymi badaniami naukowymi na dużej populacji, a jedynie miało na celu aspekty biznesowe w konkurencji niektórych branż przemysłu farmaceutycznego i żywnościowego.

Cholesterol jest jedną z ważniejszych substancji dla egzystencji organizmu i odgrywa istotną rolę w funkcjonowaniu układu nerwowego, błon biologicznych, a także w syntezie składników, takich jak hormony steroidowe, kwasy żółciowe oraz witamina D3. Funkcje te mogą być pełnione z udziałem cholesterolu syntetyzowanego w organizmie, dlatego nie ma zalecenia co do maksymalnego poziomu spożycia tej substancji [28, 45].

Odnosnie do konsumpcji jaj istnieje wiele teorii i badań nie w pełni udokumentowanych, w których zwraca się uwagę na zbieżność spożywania jaj z potencjalnym wpływem na cukrzycę, czy miażdżycę. Jednak z drugiej strony prowadzono wiele badań uwzględniających bardzo wysoką konsumpcję jaj, w których nie potwierdzono negatywnego wpływu spożywania jaj na zdrowie człowieka [27, 47, 68, 69]. Tłumacząc te rozbieżności, musimy mieć na uwadze indywidualność każdego człowieka i odnieść się do charakteru samego procesu trawienia, zwracając uwagę na jego personalizacji, a w szczególności na istotny wpływ, jaki wywiera mikrobion jelitowy każdego konsumenta [88]. Na podstawie osobistej praktyki i wielu doświadczeń poza typowymi badaniami naukowymi stwierdzam, że konsumpcja 2 ÷ 4 jaj dziennie w różnej postaci u osób bez obciążenia dysfunkcją fizjologiczną nie stanowi zagrożenia dla zdrowia, a wręcz przeciwnie – pozytywnie wpływa na zdrowie i samopoczucie, co związane jest z relatywnie wysoką zawartością owofosfolipidów, pełnym profilem aminokwasowym, bogatą zawartością witamin, zwłaszcza z grupy B, w tym B12 oraz szeregiem innych biosubstancji. Ponadto jajo jest niskokaloryczne (ok. 75 kcal), co powinno zachęcać do jego stosowania w dietach odchudzających. Niemniej jednak poziom konsumpcji jaj jest uwarunkowany cechami osobniczymi, w tym alergiennością, aspektami sensorycznymi, zaleceniami dietetyków oraz indywidualną świadomością. Jaja są najtańszym, pełnowartościowym źródłem białka, witamin i fosfolipidów. Dzielne spożycie 3 ÷ 4 jaj dostarcza ok. 5 – 7 g fosfolipidów, głównie lecytyny, co ma istotny wpływ na funkcję mózgu, regenerację jelit i wątroby, wspieranie funkcji serca i układu krążenia.

Odnosząc się do powyższego opisu, stwierdzony wysoki poziom cholesterolu u człowieka wskazuje na określony defekt w funkcji naszego organizmu, a sam cholesterol jest jedynie indykatorem tych zmian. Należy zatem szukać przyczyn tego stanu, a nie redukować poziom cholesterolu w krwi, stosując statyny lub inne substancje szkodliwe dla organizmu lub też ograniczając konsumpcję jaj. Zdrowy organizm jest

zdolny do samoregulacji poziomu cholesterolu bez względu na jego udział w diecie. W wypadku gdy spożywamy więcej składników bogatych w cholesterol, obniża się własna synteza i na odwrót. Zatem liczba spożywanych jaj nie ma bezpośredniego związku z poziomem cholesterolu we krwi [27, 28, 76, 81].

Ostatnio można też w publikacjach naukowych zauważyć kontrowersje w odniesieniu do fosfolipidów, zwłaszcza lecytyny – sugeruje się powstawanie TMAO w przewodzie pokarmowym, co mogłoby powodować choroby sercowo-naczyniowe [77, 78]. Brak jednak konkretnych dowodów naukowych, że owofosfolipidy przyczyniają się do tworzenia TMAO.

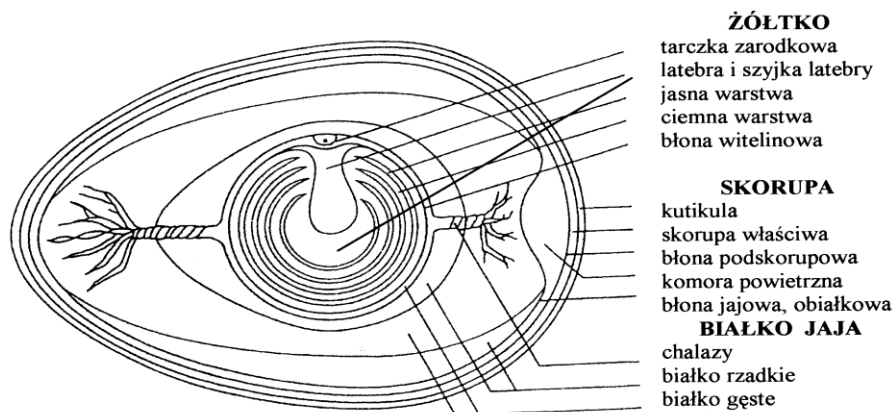
Prowadzone od ponad 15 lat badania programu kanadyjskiego na około 200 tys. pacjentów z całego świata (PURE), w tym w Polsce na 4 tys. osób wskazują, że do najlepszej żywności prozdrowotnej należą jaja [76] i to jest wystarczający dowód, jak ważny jest surowiec jajczarski nie tylko w codziennej diecie, ale także w pozyskaniu cennych składników o dużej wartości biologicznej, mających szerokie zastosowanie żywieniowe i służących wysokiej jakości życia człowieka.

### **Jaja – źródło pełnowartościowych składników odżywczych**

Jaja są najdoskonalszym produktem natury i stanowią źródło wszystkich niezbędnych substancji do stworzenia życia, na co powyżej zwrócono uwagę. Są bogate w białka, zawierają endo- i egzogenne aminokwasy, tłuszcze, a zwłaszcza fosfolipidy, jak również witaminy i związki mineralne. Mają szerokie zastosowanie kulinarne, mogą być także wykorzystane w produkcji żywności funkcjonalnej, a cała gama biopreparatów ma zastosowanie w profilaktyce i terapii wielu chorób. Jajo charakteryzuje się zarówno specyficzną budową, jak i składem chemicznym. W budowie anatomicznej jaja wyróżniamy: skorupę z błonami podskorupowymi, białko jaja i żółtko (Ryc. 2). Wszystkie wymienione elementy budowy jaja mają wysoką wartość żywieniową i szerokie możliwości wykorzystania kulinarnego, a także w przemyśle żywnościowym, chemicznym, farmaceutycznym i kosmetycznym. Od strony konsumenckiej głównie białko i żółtko stanowią wartość kulinarną, natomiast skorupa z błonami podskorupowymi ma dużą wartość biomedyczną, która nie została jeszcze w pełni wykorzystana. W części anatomicznej jaja występuje bogactwo związków mineralnych, a także kolagen, kwas hialuronowy i siarczan chondroityny, często poszukiwane w przemyśle kosmetycznym. Wykorzystanie skorup z błonami podskorupowymi stanowi duże wyzwanie w technologii żywności oraz w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym i może stać się bardzo atrakcyjnym przedsięwzięciem biznesowym. Główne składniki treści jaja, tj. białko i żółtko mają swoją ugruntowaną pozycję kulinarną i dużą wartość biologiczną. Skład chemiczny białka i żółtka wskazuje na idealną kompozycję poszczególnych substancji oraz ogromne ich zróżnicowanie:

- Białko jaj: woda – 87 %, białka – 11,5 % (proteiny o wysokiej aktywności biologicznej – ponad 1000 różnych frakcji), witaminy rozpuszczalne w wodzie i związki mineralne – około 1,5 %.
- Żółtko: woda – 50 %, białka – 16 % (proteiny o wysokiej wartości biologicznej), tłuszcze – 32 %, (głównie fosfolipidy, kwasy tłuszczowe, trój glicerydy), witaminy rozpuszczalne w wodzie i tłuszczach oraz związki mineralne – 2 %.

Wszystkie składniki treści jaj są doskonale zbilansowane i bardzo dobrze przyswajalne oraz mają wysoką wartość biologiczną. Ponadto treść jaja wykazuje niską wartość energetyczną, na poziomie  $70 \div 80$  kcal na jajo, co może być wykorzystane w wielu procedurach dietetycznych. Na szczególną uwagę zasługuje obecność wszystkich aminokwasów endo- i egzogennych, co wskazuje na doskonałość jaja jako produktu o najwyższej wartości biologicznej [34, 83].



Rycina 2. Budowa anatomiczna jaja [79]

Figure 2. Anatomical structure of the egg [79]

Największą część jaja kurczego stanowi białko jaja (60 %), w którego skład wchodzi polipeptydy (11 %), głównie glikoproteidy o dużej aktywności biologicznej, węglowodany (0,6 %), i substancje mineralne (0,4 %) oraz woda (ok. 88 %) [79].

Ważnymi składnikami żółtka jaja kurczego są lipidy, stanowiące 60 % jego całej suchej masy. Występują one głównie jako trójglicerydy, fosfolipidy, cholesterol, cerebrozydy i inne lipidy [34, 73]. Kwasy tłuszczowe wchodzące w skład lipidów żółtka jaja kurczego to w 30 ÷ 35 % nasycone kwasy tłuszczowe (SFA), 40 ÷ 45 % jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA), 20 ÷ 25 % wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) [5].

Szczególną wartość biologiczną i żywieniową posiadają fosfolipidy żółtka jaja kurczego, w których skład wchodzi są fosfatydylocholina (PC) – lecytyna oraz fosfaty-

dyloetanoloamina (PE) – kefalina. W skład żółtka jaja kurzego wchodzi także naturalne barwniki, w tym karotenoidy, które kształtują barwę żółtka od jasnożółtego do brylantowo pomarańczowego. Barwniki te nie są syntetyzowane w organizmie kury, dlatego muszą być dostarczane do jej organizmu wraz z paszą [68, 69, 79, 81]. Kompleksy białkowe występujące w żółtku cechują się wysoką wartością biologiczną, w tym m.in. właściwościami antyoksydacyjnymi czy chelatującymi (fosfityna), a także immunologicznymi – m.in. immunoglobulina Y lub Yolquina [80, 81].

Szczególną uwagę kieruje się na relatywnie wysoki poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (WNKT) z rodziny n-3 w żółtku jaja, co w pewnym sensie może być alternatywą dla konsumpcji ryb, zwłaszcza w odniesieniu do niskiej alergenicności jaj, a także braku zagrożenia metalami ciężkimi, co stanowi istotny problem w konsumpcji produktów rybnych. Do najważniejszych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (WNKT) zaliczamy kwas  $\alpha$ -linolenowy (n-3) ALA i kwas linolowy (n-6) LA. Kluczowymi kwasami z rodziny n-3, poza ALA, są kwas eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA). W diecie człowieka WNKT powinny stanowić 1/3 dziennej ilości spożywanego tłuszczu, jednakże ważny jest stosunek n6: n3 który wniknien wahać się w granicach 5:1 do 3:1. W jajach pochodzących od odpowiednio żywionych niosek stosunek n6: n3 kształtuje się na poziomie  $1 \div 3$ . Wielonienasycone kwasy tłuszczowe wykorzystywane są przez organizm ludzki do tworzenia długołańcuchowych pochodnych, które to z kolei są ważnym składnikiem błon komórkowych ośrodkowego układu nerwowego. Obecność tych związków ma decydujący wpływ na prawidłową pracę mózgu [3, 69].

Odkryciem w ww. projekcie OVOCURA w skali światowej jest Yolquina jako substancja o wysokiej aktywności biologicznej, którą można stosować w profilaktyce i terapii chorób neurodegeneracyjnych, zwłaszcza choroby Alzheimera. Uzyskano również po raz pierwszy w skali światowej cystatynę o czystości elektroforetycznej, która może być lekiem m.in. do zastosowania w terapii chorób nowotworowych. Dużym osiągnięciem było uzyskanie nowej grupy biopeptydów w wyniku hydrolizy enzymatycznej białek jaja, głównie białek poekstrakcyjnych [81].

W rozmowie o wartości kulinarnej jaj z relatywnie dużą liczbą osób, czasami uważających się za znawców żywności, żywienia człowieka i dietetyki a także z lekarzami, spotykamy się nierzadko ze stwierdzeniem, że jaja to składnica cholesterolu oraz alergenów i trzeba bardzo ograniczać ich spożycie. Ten fakt wskazuje na bardzo duże braki w edukacji wielu ludzi. Duża jest szkodliwość społeczna sytuacji, w których autorytet eksperta łączy się z nieodpowiedzialnym szerzeniem nieprawdziwych teorii, trafiających do przeciętnego konsumenta.

Na szczęście w ostatnich kilku latach społeczność europejska, w tym również polska, coraz częściej poszukuje tradycyjnych sposobów odżywiania i naturalnych sposobów leczenia i profilaktyki z wykorzystaniem surowców pochodzenia roślinnego,

w tym ziół, a także produktów pochodzenia zwierzęcego, w tym jaj i mleka oraz ich przetworów. Bardzo szybko rośnie zainteresowanie żywnością funkcjonalną, a także nutraceutykami, dlatego należy zwrócić uwagę na podnoszenie poziomu wiedzy opartej o najnowsze i sprawdzone osiągnięcia naukowe, zwłaszcza w programach medycznych i w dietetyce.

Kulinarne znaczenie jaj ma długą historię, sięgającą już początków życia ludzkiego na ziemi. W starożytności jaja były spożywane w dużych ilościach – jedzono m.in. jaja kurze, gęsie, kacze, gołębie, bażancie oraz kuropatwie. Długie tradycje różnorodnej formy spożywania jaj znane są w Azji Wschodniej, szczególnie w Chinach, które także w dzisiejszej dobie są największym producentem jaj na świecie. Jak wynika z powyższego opisu, jaja zawsze stanowiły ważny składnik w diecie człowieka. W czasach współczesnych najbardziej upowzsechniły się jaja kurze, zarówno w spożyciu bezpośrednim jak i w przetwórstwie, z możliwością tworzenia ogromnej palety różnorodnych wyrobów.

Kampania przeciwko spożyciu jaj była prowadzona na wyrost bez naukowego uzasadnienia, a głównym jej celem było zmniejszenie konkurencyjności surowca jajczarskiego w stosunku do innych surowców pochodzenia zwierzęcego. W tym kontekście często poszukiwano sensacji – na podstawie jednego lub kilku badań tendencyjnie ustawionych na jakiś czynnik i przeprowadzanych na małej populacji starano się wyciągać daleko idące wnioski. Natomiast badania PURE [76], prowadzone na dużą skalę, wyraźnie wskazują na wysoką wartość żywieniową i biomedyczną jaj. Do niedawna środowiska opiniotwórcze, w tym naukowe, szczególnie amerykańskie, zalecały spożycie jaj na poziomie 3 do 4 sztuk na osobę na tydzień. Obecnie następuje całkowita zmiana tego paradygmatu w zakresie spożywania jaj. Okazało się, że zawarty w jajach cholesterol nie stanowi zagrożenia dla układu krążenia i nie przyczynia się do arteriosklerozy u osób z normalną funkcją metaboliczną [27, 68, 69, 76, 79]. Na jednej z konferencji w Atlancie (USA) wyeksponowano hasło: *Two eggs every day is okay*. W konstruowaniu naszej diety konieczna jest rzetelna wiedza i zdrowy rozsądek. Zatem nie należy bać się codziennej konsumpcji jaj w różnych postaciach, gdyż pod względem biologicznym jaja są najlepsze i ekonomicznie najtańsze.

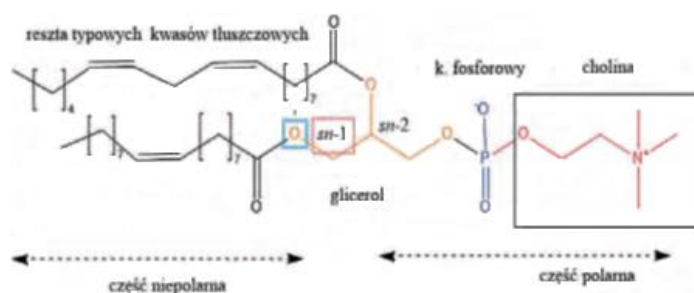
### **Owofosfolipidy – kluczowy czynnik funkcji organizmu**

Biologiczne znaczenie fosfolipidów (FL) było jasne już dla J.L.W. Thudichuma (niemiecko-brytyjski lekarz i biochemik), który w 1884 r. napisał: *Fosfolipidy są centrum, życiem i chemiczną duszą całej bioplazmy, zarówno roślin, jak i zwierząt*. Jednak przez długi czas znaczenie FL było uważane za bardziej strukturalne niż funkcjonalne, a farmakolodzy przeoczyli fakt, że po uwolnieniu w przestrzeni pozakomórkowej lub podaniu do organizmu mogą one wykazywać silne działanie farmakologiczne [60, 82]. Fosfolipidy to grupa związków, które oprócz reszt glicerolu i wyższych kwasów tłuszcz-

czowych zawierają resztę kwasu fosforowego związanego z organiczną zasadą azotową, np. choliną. Fosfolipidy występują w każdej komórce organizmów żywych oraz pełnią tam niezwykle ważne funkcje biologiczne [6, 64].

W literaturze tym substancjom poświęcono wiele uwagi, zwłaszcza w opracowaniach medycznych, a także z zakresu technologii żywności, których autorzy koncentrowali się przede wszystkim na fosfolipidach pochodzenia roślinnego, głównie zawartych w nasionach roślin oleistych [74]. Wydaje się, że jeszcze nie doceniono, ani w literaturze, ani w praktyce przemysłowej, wartości FL pochodzenia zwierzęcego, zwłaszcza występujących w kurzych jajach (ovofosfolipidy, OFL) [1, 82]. Można jednak przypuszczać, że OFL staną się obszarem zainteresowań technologów żywności, farmaceutów i kosmologów. Jest coraz więcej doniesień o ich prozdrowotnych właściwościach, co można wykorzystać w terapii przeciwstarzeniowej (anti-aging) oraz w walce z chorobami cywilizacyjnymi [87].

Fosfolipidy to amfifilowe cząsteczki zbudowane z hydrofilowego (polarnego) rdzenia glicerolu, do którego przyłączona jest polarna reszta kwasu fosforowego zestrzyfikowana choliną lub etanoloaminą, seryną lub inozytolem oraz reszt dwóch kwasów tłuszczowych (sn-1 i sn-2) stanowiących część hydrofobową. Strukturę chemiczną FL na przykładzie fosfatydylocholiny (PC) przedstawiono na Ryc. 3.



Rycina 3. Struktura fosfolipidów na przykładzie fosfatydylocholiny (PC)

Figure 3. The structure of phospholipids, exemplified by phosphatidylcholine (PC)

Główną rolą FL w organizmie żywym jest budowa błon komórkowych. Błony komórkowe stanowią naturalne ograniczenia wszystkich komórek zwierzęcych, w tym także komórek tworzących ludzki organizm. Dzięki hydrofilnym i hydrofobowym właściwościom cząsteczki te są w stanie stworzyć tzw. dwuwarstwę lipidową, która skutecznie i selektywnie izoluje wnętrze komórki od otoczenia. Fosfolipidy zapewniają także płynność błony komórkowej oraz jej półprzepuszczalność, co umożliwia komunikowanie się komórki z otaczającymi ją strukturami oraz wymianę materii i informacji pomiędzy komórką a przestrzenią [82].

Za sztywność oraz trwałość błony komórkowej odpowiadają m.in. cząsteczki cholesterolu, które występują pomiędzy cząsteczkami poszczególnych FL. Dodatkowo w niektórych sytuacjach FL mogą zostać rozłożone przez enzymy komórkowe w celu dostarczenia energii. Pochodne FL pełnią także funkcję regulującą przebieg określonych procesów wewnątrz komórki. Umożliwiają one także nawilżanie w organizmie człowieka powierzchni narażonych na siły tarcia, takich jak np. powierzchnie stawowe lub pęcherzyki płucne [64].

Duże zainteresowanie FL wynika nie tylko z ich unikatowych właściwości i wartości odżywczej, ale także z ich chemicznej „plastyczności”. Dzięki postępom wiedzy i technologii chemicznej możliwa jest modyfikacja enzymatyczna i synteza chemiczna FL do różnych zastosowań praktycznych. Obecnie znane są sposoby otrzymywania nowych analogów FL zawierających fragmenty biologicznie aktywnych związków niewystępujących w FL naturalnie (tzw. koniugaty fosfolipidowe) oraz FL wzbogaconych w konkretne kwasy tłuszczowe o właściwościach prozdrowotnych (tzw. strukturyzowane fosfolipidy) [11, 50, 72].

W Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu od lat prowadzone są badania nad chemoenzymatycznym otrzymywaniem glicerofosfolipidów o znaczeniu prozdrowotnym (tzw. superfosfolipidów), które oprócz kwasów tłuszczowych występujących w fosfolipidach naturalnie zawierają biologicznie aktywne związki, takie jak izomery sprzężonego kwasu linolowego (CLA), fragment związku steroidowego (dehydro-epiandrosteronu, DHEA) i niesteroidowe związki przeciwzapalne (NLPZ). Prowadzone są także badania nad wykorzystaniem lipaz i fosfolipaz do wzbogacania naturalnych FL w bioaktywne wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) z rodziny n-3 i n-6, a także w sprzężone kwasy tłuszczowe (np. kwas punikowy) i izomery cis-9, trans-11, trans-10, cis-12 CLA [11, 12, 29, 41].

Należy podkreślić, że fosfolipidy, ze względu na ich amfifilowy charakter, doskonale nadają się do mieszania zarówno ze związkami hydrofobowymi, jak i hydrofilnymi, co ma istotne znaczenie w technologii żywności. Tworzą układy dyspersyjne z białkami rozpuszczalnymi w wodzie, tłuszczami, mieszaninami białkowo-tłuszczowymi, witaminami i innymi substancjami organicznymi, takimi jak polifenole i terpeny. Właściwości te można wykorzystać do wytwarzania nutraceutyków, preparatów biomedycznych i kosmetycznych. Fosfolipidy obecne w ludzkim organizmie są zarówno produkowane przez określone tkanki, jak i przyswajane wraz z pożywieniem. Największe ilości FL znajdują się m.in. w żółtku jaj, rybach morskich i słodkowodnych, owocach morza (krewetki, kryl, algi) i różnych orzechach. Bardzo mało FL zawierają produkty mleczne (nabiał) oraz warzywa i owoce [82, 87]. Zwraca uwagę bardzo mała zawartość FL w mleku krowim (zaledwie 34 mg/100 g mleka) oraz w produktach roślinnych. Dlatego uzasadnionym wydaje się łącznie ovofosfolipidów z produktami mleczarskimi jako żywność funkcjonalna o wysokiej doskonałości.

O wyjątkowości żółtka jaj świadczą wyniki ostatnich badań autorów chińskich [33]. Stwierdzili oni w żółtku jaja niezwykle bogaty profil lipidowy. Za pomocą metod chromatografii cieczowej i tandemowej spektrometrii mas wyodrębnili łącznie 702 rodzaje (frakcje) lipidów, w tym głównie: 136 triglicerydów, 112 fosfatydylocholiny, 104 fosfatydyloetanolaminy, 50 lizofosfatydylocholiny i 41 diglicerydów. Nie ma w przyrodzie drugiego podobnego źródła FL jak żółtko jaja.

Obecne na rynku fosfolipidy są produktami otrzymanymi ze szlamów poekstrakcyjnych z przetwórstwa nasion roślin oleistych, głównie soi, słonecznika i rzepaku. Istnieją zastrzeżenia co do fosfolipidów pochodzenia roślinnego, ze względu na możliwe modyfikacje genetyczne, zwłaszcza soi [22]. Fosfolipidy izolowane z surowca jajczarskiego (ovofosfolipidy, OFL) mają niewielki udział w ogólnej produkcji FL, chociaż w ostatnich latach zainteresowanie nimi wzrasta ze względu na możliwość ich wykorzystania nie tylko w produkcji suplementów diety i kosmetyków, ale przede wszystkim w produkcji żywności funkcjonalnej [59, 82]. Ważny jest fakt, że OFL zawierają kwasy tłuszczowe z grupy omega-3, zwłaszcza kwas dokozaheksaenowy (DHA), który nie występuje w FL roślinnych, co generalnie warunkowane jest systemem żywienia niosek i składem mieszanki paszowej.

Żywność funkcjonalna może być tworzona na bazie produktów mleczarskich, przetworów zbożowych, owocowych i warzywnych. Fosfolipidy są doskonałymi emulgatorami i środkami „smarnymi” do zastosowania w przemyśle spożywczym i kosmetycznym. Są również skutecznymi środkami zwilżającymi do rozpuszczania lub zwiększania aktywności emulgującej białek w żywności, a także wykazują właściwości antyutleniające. Lizofosfolipidy (LFL) mogą zwiększać zdolność emulgacyjną i poprawiać stabilność emulsji, co jest ważne w produkcji majonezu i sosów. Fosfolipidy mogą też zwiększać zdolności pianotwórcze i kapsułkujące [19]. Podobnie liposomy przygotowane z FL są wykorzystywane jako nośniki leków, ponieważ mogą chronić biosubstancje przed trawieniem w żołądku, poprawiać biodostępność w jelitach, zmniejszać toksyczność leków i dostarczać leki do miejsc docelowych. Ponadto fosfatydylocholina (PC) i lizofosfatydylocholina (LPC) w mieszanych micelach lipidowych tworzą dobry i skuteczny system dystrybucji substancji aktywnej w lekach [10].

Generalnie fosfolipidy, w tym OFL, są jednymi z najważniejszych substancji biologicznych, zwłaszcza dla funkcji mózgu i serca, wątroby i nerek. Przyczyniają się do obniżenia poziomu cholesterolu i triglicerydów. Na podstawie badań przedklinicznych stwierdzono, że fosfatydylocholina jaj i sfingomielina prawdopodobnie regulują wchłanianie cholesterolu i ograniczają stany zapalne. W badaniach klinicznych udowodniono, że spożycie FL z jaj wiąże się z korzystnymi zmianami w biomarkerach surowicy związanych z funkcją HDL [8].

Dieta wzbogacona w fosfolipidy pochodzenia jajowego spowodowała znaczną poprawę funkcji śródbłonka naczyń krwionośnych i znaczny spadek skurczowego ciśnienia krwi w ciągu dnia u pacjentów z zespołami metabolicznymi [71]. Fosfolipidy wpływają na ogólne funkcje umysłowe dzięki obecności w ich składzie choliny, która jest także niezbędna do produkcji ważnego neuroprzekaźnika w postaci acetylocholin. Jak wiadomo, substancja ta wpływa na funkcje mózgu, wzmacnia pamięć i koncentrację, pobudza w naszym mózgu fazę snu REM. Suplementacja fosfolipidami we wczesnym okresie życia wzmacnia procesy poznawcze przez całe życie [67]. Ponadto suplementacja FL może być zalecana zarówno w profilaktyce, jak i w terapii, chociażby ze względu na ich działanie ochronne oraz regeneracyjne. Szczególnie może to mieć znaczenie w przypadku, gdy dochodzi do uszkodzenia wątroby w wyniku zatruc toksynami, alkoholem lub jej uszkodzenia w wyniku przewlekłego zapalenia [20, 31]. Ponadto fosfolipidy mają zdolność regeneracji skóry i przywracają jej funkcje po urazach, a w szczególności PS stymuluje apoptozę komórek uszkodzonych przez promieniowanie UV [25]. Fosfolipidy są atrakcyjnymi składnikami produktów kosmetycznych ze względu na naturalne właściwości emulgacyjne. Dodatkowo FL nasycone stosuje się jako związki powierzchniowo czynne, podczas gdy FL nienasycone są odpowiednie do zwiększenia penetracji skóry [4, 35]. W ostatnich latach wykorzystuje się nanotechnologię do produkcji kosmetyków z wykorzystaniem fosfolipidów. Są one stosowane jako emulgatory w nanoemulsjach oraz jako składnik nanoliposomów [32].

Poza ww. możliwościami zastosowania fosfolipidów, w tym żółtkowych, w projekcie OVOCURA wykazano i opatentowano także inne działania prozdrowotne ovo-fosfolipidów (OFL), w tym: efekt regulacji/obniżania ciśnienia tętniczego (Pat. pol. 217022 B1 [53]), efekt antystresowy (Pat. pol. 227503 B1 [54]) i właściwości przeciwłękowe (Pat. pol. 217021 B1 [55]), działanie przeciwzapalne (Pat. pol. 227388 B1 [56]) i przeciwutleniające (Pat. pol. 235603 B1 [57]) oraz detoksykacyjne (ołów) (Pat. pol. 224134 B1 ([58])). Wymienione patenty obejmują możliwości zastosowania ovo-fosfolipidów i stanowią szeroką platformę rozwoju produktów innowacyjnych do wykorzystania w celach biomedycznych, w kosmetyce, a przede wszystkim żywności funkcjonalnej. Tę wiedzę należy jak najszybciej wykorzystać w praktyce, bowiem będzie to służyć zdrowiu społeczeństwa, a także rozwojowi biznesu.

### **Wybrane produkty mleczarskie, ze szczególnym uwzględnieniem serów dojrzewających i ich wpływ na zdrowie konsumentów**

Sektor mleczarski w ostatnich latach przechodzi szereg istotnych przemian, które wynikają z globalizacji, rosnącej konkurencji na rynku Unii Europejskiej, konsolidacji przedsiębiorstw, a także dynamicznego rozwoju technologii. Zmiany te są dodatkowo przyspieszane przez rosnące koszty energii oraz nowe regulacje prawne, będące efek-

tem realizacji polityki zrównoważonego rozwoju, neutralności klimatycznej i ochrony środowiska [89].

W obszarze mleczarstwa obserwowane jest zwiększanie się popularności produktów prozdrowotnych, co stwarza istotne możliwości dla innowacji i wdrażania żywności funkcjonalnej, w tym różnych produktów mleczarskich, zwłaszcza fermentowanych, wzbogaconych dodatkami substancji bioaktywnych (np. polifenoli, prebiotyków, fosfolipidów itp.) [13, 30, 65, 82, 89].

Kluczowym czynnikiem rozwoju rynku mleczarskich produktów jako żywności funkcjonalnej będą innowacyjne formy produktowe o udokumentowanej wartości biomedycznej i prozdrowotnej wprowadzanych dodatków. Wydaje się, że najbardziej atrakcyjnym dodatkiem w wyrobach mleczarskich mogą być owofosfolipidy, które mocno propaguje Andrzej Salamon (Spółka PMT) [65] poprzez organizowanie licznych działań promocyjnych. Na polskim rynku innowacyjna mleczarska żywność funkcjonalna może znaleźć zainteresowanie licznych producentów już w bieżącym, 2026 roku.

Szczególne znaczenie przypisuje się napojom fermentowanym, które poprzez zawartość bakterii fermentacji mlekowej wpływają korzystnie na równowagę mikrobioty jelitowej, co znajduje potwierdzenie w licznych badaniach [49].

Mleko i przetwory mleczne posiadają wciąż znaczny, niewykorzystany potencjał rozwojowy, wynikający z bogactwa składu biologicznie niezbędnych i aktywnych związków. Mleko zawiera wszystkie podstawowe makroskładniki, w tym: pełnowartościowe i łatwostrawne białko, tłuszcz mlekowy o unikalnej budowie, laktozę, a także witaminy i składniki mineralne. Dzięki tej unikatowej kombinacji mleko nie tylko wspiera rozwój strukturalny organizmu, ale też wpływa pozytywnie na procesy trawienia, wchłaniania i odporność. Fermentowane produkty mleczne pozytywnie oddziałują na mikrobiom jelitowy, wspierając profilaktykę chorób dietozależnych [14].

Białka mleka, w tym kazeina i białka serwatkowe, posiadają wysoki potencjał prozdrowotny. W procesie ich trawienia powstają bioaktywne peptydy o działaniu przeciwdrobnoustrojowym, immunomodulacyjnym, przeciwnadciśnieniowym i antynowotworowym [7]. Mleko zawiera także naturalne białka o właściwościach antybakteryjnych, takie jak: laktoperoksydaza, która ogranicza rozwój bakterii, wirusów i grzybów, lizozym, eliminujący bakterie Gram-dodatnie i wspierający inne systemy odpornościowe, laktoferyna i immunoglobuliny, które razem tworzą kompleksową linię obrony organizmu. Produkty mleczne są naturalnym źródłem wielu kluczowych minerałów, w tym: wapnia, niezbędnego dla rozwoju kości, zębów, funkcji systemów nerwowego i mięśniowego oraz wielu procesów enzymatycznych. Mleko i jego przetwory bogate są również w magnez, cynk, selen, fosfor i żelazo – pierwiastki wspomagające odporność, metabolizm i funkcjonowanie układu nerwowego. Dodatkowo, mleko dostarcza szeregu witamin, zwłaszcza ADEK i z grupy B, w tym B12 [14, 15, 89].

Lipidy mleka krowiego charakteryzują się unikalnym profilem kwasów tłuszczowych, w którym obecne są nasycone, jednonienasycone oraz wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodzin n-6 i n-3, występujące w korzystnych proporcjach. Krótko- i średniołańcuchowe nasycone kwasy tłuszczowe wspierają metabolizm, ograniczają syntezę cholesterolu endogennego i sprzyjają utrzymaniu prawidłowego profilu lipidowego. W tłuszczu mlekowym są rozpuszczone liczne antyoksydanty, w tym m.in. koenzym Q10, który chroni komórki przed stresem oksydacyjnym, wspierając jednocześnie odporność i zapobiegając stanom zapalnym [15].

Nie sposób pominąć znaczenia żywieniowego i prozdrowotnego fermentowanych przetworów mlecznych, które zawierają bakterie fermentacji mlekowej i mogą być wzbogacane w szczepy bakterii probiotycznych, prebiotyki, symbiotyki czy postbiotyki. Ich rola w regulacji mikrobiomu jelitowego, profilaktyce chorób dietozależnych oraz wspomaganiu zdrowia, również psychicznego znajduje potwierdzenie w coraz liczniejszych badaniach naukowych [18, 49].

Jednym z najpopularniejszych rodzajów produktów mlecznych w Polsce są sery, w tym twarogowe i dojrzewające. Na rynkach światowych ogromne znaczenie mają sery dojrzewające, które charakteryzuje ogromna paleta różnorodności [42]. Proces dojrzewania sera jest niezbędny dla poprawy jego jakości i korzyści zdrowotnych. Dojrzewający w różnym czasie ser nabierał różnorodnych, charakterystycznych aromatów i tekstur dzięki kaskadzie wewnętrznych, złożonych reakcji biochemicznych i metabolicznych, które prowadziły do dynamicznych zmian flory bakteryjnej. Podczas dojrzewania sera mogły zostać uwolnione różne funkcjonalne związki bioaktywne. Wiele strategii przyspieszenia dojrzewania sera opiera się na zwiększeniu tempa lipolizy i proteolizy [2, 40, 52]. Na całym świecie sery mogą być produkowane z wykorzystaniem różnych źródeł mleka, metod przetwarzania, kultur starterowych, koagulantów i warunków dojrzewania, co daje początek wielu wariantom o ogromnej różnorodności pod względem tekstury, smaku i kształtu. Dojrzewanie sera to najważniejszy etap przemysłowy w technologii produkcji sera, który tworzy kaskadę złożonych procesów biochemicznych, wytwarzających szeroką gamę mikroflory i różnych związków lotnych. Jest to krytyczny etap, podczas którego ser uzyskuje jędrność, aromat, smak i inne specyficzne cechy organoleptyczne. Dojrzewanie odbywa się w określonych warunkach temperatury i wilgotności, co ma zasadniczy wpływ na produkt finalny. Im dłużej ser dojrzewa, tym mniej wilgoci zatrzymuje, a tym samym staje się twardszy i mocniejszy w smaku. Rodzaje sera są definiowane na podstawie sposobu dojrzewania [40, 52]. Podczas dojrzewania ze składników mleka, głównie w wyniku ich degradacji przez kultury starterowe, endo- i egzoenzymy, wytwarza się wiele substancji bioaktywnych i specyficznych (prozdrowotnych) peptydów [40, 52].

Jak wyżej zaznaczono, ser ma wysoką wartość odżywczą i jest dobrym źródłem białek, tłuszczów, witamin i związków mineralnych. Korzyści zdrowotne sera wynika-

ją z tworzenia się bioaktywnych peptydów podczas dojrzewania. Ponadto sery zawierają ważne kwasy tłuszczowe, takie jak sprzężony kwas linolowy (CLA) i kwas fitynowy. Dlatego ser można uznać za optymalną żywność funkcjonalną.

W zastosowaniach technologicznych istnieje możliwość wykorzystania matrycy serowej jako nośnika bioaktywnych peptydów, witamin, minerałów i innych innowacyjnych składników funkcjonalnych, na przykład owofosfolipidów. Ponadto matryca serowa stanowi potencjalne środowisko dla probiotyków, ponieważ charakteryzuje się wysoką pojemnością buforową i gęstą siecią białkową, która chroni probiotyki przed niekorzystnym wpływem środowiska żołądkowego [2].

Białka sera i ich pochodne peptydy również korzystnie wpływają na zdrowie kości poprzez regulację markerów komórkowych oraz sygnalizację osteoblastów i osteoklastów. Wysoka zawartość białka w serze zwiększa uczucie sytości niezależnie od zawartości tłuszczu, co może prowadzić do zmniejszenia spożycia energii, jeśli ser stanowi część diety [2].

Jak wyżej zaznaczono, ser i inne produkty mleczne są bogatym źródłem przeciwutleniaczy niezbędnych dla zdrowia mózgu i zapobiegających neurodegeneracji. Właściwości antyoksydacyjne sera wynikają z degradacji kazeiny podczas dojrzewania, a kultury probiotyczne mogą zwiększyć jego aktywność antyoksydacyjną. Ser wspomaga zdrowie jelit dzięki zawartości bakterii probiotycznych, niezbędnych do utrzymania prawidłowego poziomu cholesterolu [2]. Badania wykazały, że fermentowane produkty mleczne mogą zmieniać mikroflorę jelitową na korzyść gospodarza, sprzyjając wzrostowi bakterii *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Ponadto ser może zawierać naturalne bioaktywne peptydy, które regulują potencjał mikroflory jelitowej, a tym samym ser może pomóc w zapobieganiu częstym nowotworom, takim jak rak jelita grubego i pęcherza moczowego. Ser może zawierać specyficzne peptydy przeciwnowotworowe wytwarzane podczas procesu dojrzewania [13, 15, 16, 40, 52].

Wsparcie odporności to kolejna zaleta sera, ponieważ zawiera sprzężony kwas linolowy (CLA), który może pomóc zmniejszyć stan zapalny i chronić przed chorobą wieńcową i otyłością. Pełnotłuste produkty mleczne mogą wspierać zdrowie, jeśli są spożywane z umiarem, a ser wzbogacone mikroorganizmami probiotycznymi może wzmocnić układ odpornościowy i zapobiec jego starzeniu się. Spożywanie sera poprawia również zdrowie mięśni, ponieważ zwiększa syntezę białek mięśniowych. Spożywanie białka sera prowadzi do wzrostu stężenia aminokwasów w osoczu, a tym samym do zwiększenia syntezy białek mięśniowych [2].

Przeciętny skład chemiczny serów dojrzewających waha się w przedziałach: 33 ÷ 37 % wody, 30 ÷ 35 % tłuszczu i 23 ÷ 25 % białka, a ponadto sole mineralne (głównie wapń i fosfor), węglowodany poniżej 1 %, i inne związki [17].

Czynnikami modulującymi skład chemiczny serów są:

- Dojrzewanie: w miarę dojrzewania zawartość wody maleje, a zawartość tłuszczu i białka (w przeliczeniu na suchą masę) może się nieznacznie zmieniać w wyniku procesów biochemicznych (proteoliza i lipoliza);
- Rodzaj mleka: skład zależy od tego, czy ser jest produkowany z mleka krowiego, owczego, koziego itp.;
- Proces technologiczny: różnice w produkcji (np. temperatura pasteryzacji, dodatek podpuszczki, solenie) wpływają na ostateczny skład;
- Zawartość tłuszczu w mleku: sery pełnotłuste mają inną proporcję składników niż sery o obniżonej zawartości tłuszczu [48, 62].

Odnosząc się do powyższych treści można stwierdzić, że sery stanowią doskonałą alternatywę dla mięsa i jego przetworów, co ze względów prozdrowotnej diety może mieć istotne znaczenie. Jeśli uwzględnimy szerokie możliwości wzbogacania serów w inne bioaktywne substancje, np. owofosfolipidy, to otrzymamy produkt finalny o imponującej wartości żywieniowej jako żywność funkcjonalną – prozdrowotną.

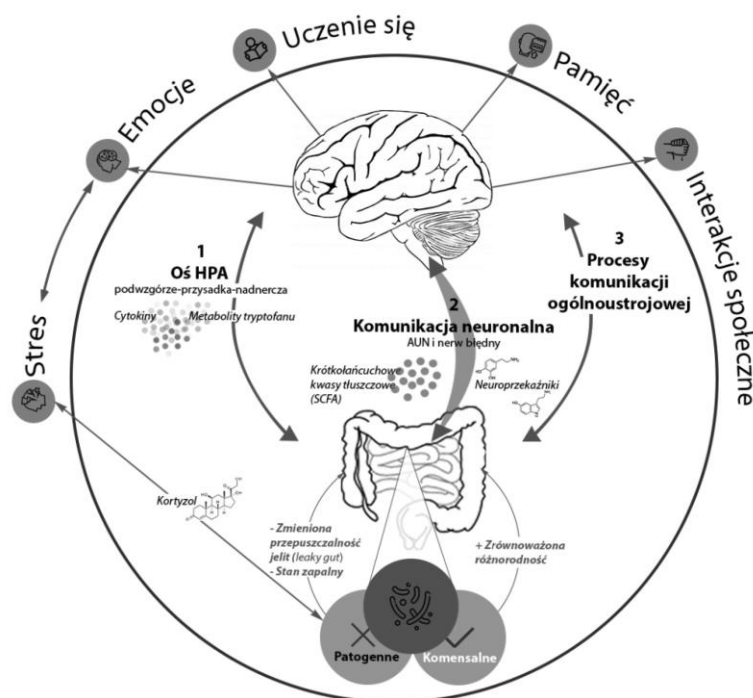
### **Mikrobiota jelitowa jako element decydujący o zdrowiu człowieka i jakości życia**

W ostatnich latach rośnie świadomość konsumentów dotycząca roli mikrobioty jelitowej w utrzymaniu zdrowia. Badania naukowe coraz częściej wskazują, że mikroflora jelitowa ma kluczowy wpływ na funkcjonowanie układu odpornościowego, metabolizm, a także na zdrowie psychiczne i ogólny dobrostan organizmu [70, 88]. Zrozumienie tego wpływu prowadzi do wzrostu zainteresowania produktami wspierającymi równowagę mikrobioty jelitowej, w tym probiotykami, prebiotykami, oraz produktami fermentowanymi. W związku z tym konsumenci coraz częściej sięgają po artykuły spożywcze, które oferują korzyści zdrowotne związane z poprawą funkcjonowania układu trawiennego i mikrobiomu. Prebiotyki to substancje, które stymulują wzrost i aktywność korzystnych bakterii jelitowych, poprawiając równowagę mikrobioty. Z kolei probiotyki to żywe mikroorganizmy, które po spożyciu wywierają korzystny wpływ na zdrowie gospodarza, głównie poprzez regulację składu i aktywności mikrobioty jelitowej [36].

W jelitach człowieka znajduje się około dwóch kilogramów mikroorganizmów, nazywanych mikrobiotą [88]. Wśród nich znajdują się bakterie komensalne, których rolą jest dostarczanie organizmowi energii, produkcja metabolitów, czy unieszkodliwianie bakterii patogennych. Niektóre bakterie komensalne są w stanie wytwarzać substancje neuroaktywne, wpływające na funkcjonowanie mózgu. Komunikacja mikrobioty z ośrodkowym układem nerwowym zachodzi przede wszystkim za pośrednictwem nerwu błędnego, osi podwzgórze – przysadka – nadnercza, systemu immunologicznego czy produkowanych przez mikrobiotę metabolitów. Szczególnie w ostatnich latach zaobserwowano szereg zależności między substancjami produkowanymi przez bakterie składające się na mikrobiom a funkcjonowaniem mózgu. Zauwa-

żono także, iż mikrobiota jelitowa może brać udział w procesach neurorozwojowych i neurodegeneracyjnych. Co więcej, z badań tych wyłania się związek między działaniem mikrobiomu a funkcjonowaniem psychicznym, co odzwierciedla się w sposób szczególny w zaburzeniach depresyjnych i lękowych. Zaobserwowano także zależność między funkcjonowaniem układu trawiennego a kondycją psychiczną. Stresogenne czynniki czy nieodpowiednia dieta mogą się przyczynić do zmiany składu mikrobioty jelitowej, co w konsekwencji może wpłynąć na funkcjonowanie mózgu i umysłu [88].

Światło jelit od tkanki ściany jelita oddziela jedna warstwa komórek nabłonka. W tej warstwie rozproszone są komórki enteroendokrynowe, które „wyczuwają” dostarczone z pożywieniem substancje i metabolity procesów bakteryjnych. Tak jak receptory smaku czy węchu, komórki te generują potencjały czynnościowe w obecności określonych substancji. Długo sądzono, że ich aktywność ogranicza się do wydzielania hormonów. W 2018 r. opublikowano wyniki badań wskazujące, że komórki te mają wypustki, które tworzą połączenia z nerwem błędnym [38, 39]. Dla komórek tych autorzy zaproponowali nową nazwę – komórki neuropodowe. Grupa Kaelberera ustaliła również w serii badań, że neuroprzebieżnikiem w tym systemie jest glutaminian.



Rycina 4. Drogi komunikacji łączące mikrobiom jelitowy z mózgiem [88]

Figure 4. Communication pathways connecting the gut microbiome with the brain [88]

To przełomowe odkrycie było pierwszym dowodem na bezpośrednią drogę komunikacji jelit i mózgu, którą zespół nazwał obwodem neuroenteroendokrynowym. Zadaniem tych komórek jest m.in. odróżnianie właściwości fizycznych i chemicznych pokarmu, odbiór reprezentacji czuciowej konkretnych obszarów przewodu pokarmowego, modulowanie funkcjonowania przewodu pokarmowego przez nerw błędny i szybkie przekazanie mózgowi wszystkich informacji związanych ze spożytym pożywieniem. Odkrywczy zasugerowali również, że ta bezpośrednia droga może być dla patogenów portem wejściowym przez układ pokarmowy do mózgu.

Pośrednia droga komunikacji między mikrobiotą jelitową a ośrodkowym układem nerwowym zachodzi m.in. przez autonomiczny układ nerwowy, układ endokryny i immunologiczny [23]. Mikrobiota jelitowa, jako jeden z komponentów owej komunikacji, może wpływać na działanie mózgu, zmieniając aktywność nerwu błędnego, np. przez bezpośrednie działanie na układ odpornościowy [21, 63], przez fermentację dostarczanej przez gospodarza żywności czy produkcję krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (SCFA, ang. short-chain-fattyacids) lub regulację wydzielania hormonów jelitowych, które mogą oddziaływać na OUN [66].

Jednym z najważniejszych czynników determinujących skład i różnorodność mikrobioty jelitowej jest dieta [84]. Dostarczana żywność ma istotne znaczenie dla składu i funkcjonowania mikrobioty jelitowej [63] i wiąże się ze zmienioną różnorodnością drobnoustrojów [86]. Prawidłowo funkcjonująca i różnorodna mikrobiota jelitowa dostarcza organizmowi niezbędnych składników odżywczych, a także unieszkodliwia patogeny, utrzymując organizm w zdrowiu. Dodatkowo, niektóre populacje bakterii, wytwarzając substancje neurochemiczne z substratów obecnych w spożywanej żywności czy też reagując na neuroaktywne składniki żywności, wpływają na działanie mózgu i w konsekwencji na funkcjonowanie całego organizmu [46].

Część z prowadzonych w tym obszarze badań dotyczy tzw. diety zachodniej (ang. *western diet*, WD), która charakteryzuje się wysokim spożyciem tłuszczów nasyconych i cukrów [51]. Badanie to pokazało, że już dwutygodniowa ekspozycja myszy na wysokotłuszczową i wysokocukrową dietę (ang. *high fat/sugar diet*, HFSD) wywołuje zmiany w ich mikrobiocie jelitowej. U zwierząt będących na diecie wysokocukrowej zanotowano zwiększony udział bakterii *Clostridiales* a zmniejszony *Bacteroidales*, w stosunku zarówno do grupy kontrolnej, jak i będącej na diecie wysokotłuszczowej.

Wydaje się jednak, że negatywne skutki szkodliwego sposobu odżywiania można odwrócić przez zastosowanie odpowiedniej diety. W badaniu Lawrence i Hyde [43] przez okres 4 tygodni uczestnicy dostawali specjalnie opracowaną dietę „The Gut Makeover”, mającą wywołać pozytywne zmiany w mikrobiocie jelitowej. W wyniku tej interwencji, poza spadkiem masy ciała u uczestników badania i zmniejszeniem dolegliwości takich jak nudności, zaparcia czy bóle żołądka, uczeni zanotowali też redukcję negatywnych symptomów dotyczących pamięci, koncentracji i nastroju. Wpływ

diety na mikrobiotę wydaje się być na tyle znaczący, że kompozycja mikrobioty może stanowić biomarker pozwalający identyfikować nawyki żywieniowe poszczególnych osób. Większa liczebność w mikrobiocie *Bacteroidetes* wskazuje na spożywanie mniejszej ilości białka zwierzęcego w diecie. Osoby, które ściśle stosują się do zaleceń diety śródziemnomorskiej cechują się zwiększoną liczebnością *Christensenellaceae*, a *Bifidobacteria* w większym natężeniu występuje u osób, które stosują w swojej diecie dużo produktów pochodzenia roślinnego [24]. Z przytoczonych badań zdaje się wynikać wniosek, że charakterystyka mikrobioty może stać się cenną wskazówką oceny związku funkcji poznawczych i stosowanej diety oraz pomóc w opracowaniu odpowiednich interwencji dietetycznych [44].

SCFA: octan, maślan, propionian, są jednymi z ważnych produktów metabolizmu bakterii jelitowych. SCFA przekraczają barierę krew – mózg i m.in. wpływają na dojrzewanie komórek mikrogleju. Mają również działanie przeciwzapalne [75]. Zmniejszenie liczby bakterii produkujących przeciwzapalne SCFA, tak jak to ma miejsce u osób z PD, może prowadzić do zespołu przeciekającego jelita i nieprawidłowości w funkcjonowaniu mięśni gładkich w przewodzie pokarmowym (ang. dysmotility) [61], a poziom maślanu jest ujemnie skorelowany z tym zaburzeniem [85].

W ostatnich latach sprzedaż i konsumpcja żywności wysokoprzetworzonej wzrosła i dieta ta wydaje się być jednym z głównych sprawców niekorzystnych zmian w konfiguracji mikrobioty. Istnieją badania wskazujące na efekty stosowania prebiotyków, tj. składników pożywienia, które nie ulegają trawieniu, ale pobudzają wzrost lub aktywność korzystnych dla organizmu bakterii obecnych w naszych jelitach, a tym samym działają korzystnie na problemy związane z przewodem pokarmowym, neuroprotekcją i funkcjami immunologicznymi [26]. Wspomniane wcześniej obniżenie liczby bakterii produkujących maślan można odwrócić, spożywając odpowiednie ilości błonnika pokarmowego [44]. Interwencja taka może wpływać na skład mikrobioty, zwiększać szczelność jelit i zmniejszać stan zapalny, wpływając, być może, na spowolnienie rozwoju procesu neurodegeneracyjnego [61].

Fosfolipidy odgrywają istotną rolę we wspieraniu regeneracji jelit poprzez ich wbudowywanie w błony komórkowe, co przyczynia się do utrzymania i odbudowy bariery jelitowej. Ich wpływ na mikrobiom jelitowy wiąże się głównie z modulacją środowiska jelitowego, co może sprzyjać rozwojowi korzystnych bakterii [9]. Fosfolipidy są kluczowymi składnikami strukturalnymi wszystkich błon komórkowych w organizmie. W kontekście jelit, ich działanie polega na: wzmacnianiu bariery jelitowej, przyspieszeniu regeneracji, działaniu przeciwzapalnym, tworzeniu sprzyjającego środowiska mikrobiomu. Ponadto fosfolipidy wpływają na modulację metabolitów bakteryjnych i ochronę przed patogenami. Fosfolipidy działają synergicznie z mikrobiomem jelitowym, wzmacniając strukturę jelita i tworząc warunki sprzyjające dla pożytecznych bakterii.

Uwzględniając powyższy fragmentaryczny opis literaturowy, z pełnym naciskiem należy stwierdzić, że na nasze zdrowie i jakość życia wpływa interakcja pomiędzy mikrobiomem jelitowym (będącym w określonym stanie) a składnikami żywności, zwłaszcza żywności funkcjonalnej (z najlepszymi wynikami przy uwzględnieniu diety personalizowanej).

### Podsumowanie

Zasadniczym czynnikiem naszego zdrowia i jakości życia jest interakcja pomiędzy fizjologicznym stanem mikrobioty jelitowej a składnikami żywności z minimalizacją dodatków chemicznych. Badania nad mikrobiotą jelitową mają krótką historię i dopiero teraz powoli dowiadujemy się o jej wielkiej roli dla naszego zdrowia i życia. Z badań na modelach zwierzęcych wiemy, że mikrobiota jest niezbędna do kształtowania prawidłowej reakcji na stres oraz że reguluje również emocje. Ma znaczenie w etiopatogenezie chorób neurodegeneracyjnych. Kolejnym istotnym czynnikiem jest odpowiednio dobrana dieta z uwzględnieniem zbilansowania składników, w tym białko, lipidy, węglowodany, witaminy i minerały. Wydaje się, że szczególnie ważną rolę pełnią fosfolipidy, zwłaszcza lecytyna. Jeśli mikrobiota jelitowa będzie dobrze odżywiana, to nasz organizm będzie zdrowy i nie będziemy narażeni na szeroki wachlarz chorób cywilizacyjnych. Wszystkie wymienione wyżej składniki zawarte są w jajach i produktach mleczarskich, zwłaszcza w napojach fermentowanych i w serach. Jest to też pole dla rozwoju żywności funkcjonalnej, w której można wykorzystać zarówno walory surowców mleczarskich, jak i jajczarskich. Zatem istnieje możliwość wprowadzenia produktów innowacyjnych z wykorzystaniem składników mleka i jaj, a także można odpowiednio rozszerzyć wachlarz produktowy, wprowadzając surowce i ekstrakty roślinne w nowej generacji żywności funkcjonalnej.

### Literatura

- [1] Abeyrathne E.D.N.S., Nam K.C., Huang X., Ahn D.U.: Egg yolk lipids: separation, characterization, and utilization. *Food Sci. Biotechnol.* 2022, 31, #1243.
- [2] Abdou A.M. (Ed.): *Recent Trends on Cheese as Functional Food with Great Nutritive and Health Benefits.* Intech Open Book Series Food Science and Nutrition, UK, 2024.
- [3] Achremowicz K., Szary-Sworst K.: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka; *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, 44,(3), 23-35.
- [4] Ahmad A., Ahsan H.: Lipid-based formulations in cosmeceuticals and biopharmaceuticals. *Biomed. Dermatol.* 2020, 4, #12.
- [5] Anton M., Nau F., Nys Y.: Bioactive egg components and their potential uses, *World's Poultry Sciences Journal*, 2006, 62, 429-438.
- [6] Bhagavan N.V.: *Medical biochemistry.* Academic Press, San Diego, 2002.
- [7] Bielecka M., Cichosz G., Czeczot H.: Antioxidant, antimicrobial and anticarcinogenic activities of bovine milk proteins and their hydrolysates-a review. *Int. Dairy J.*, 2022 127, #105208

- [8] Blesso C.N.: Egg phospholipids and cardiovascular health. *Nutrients*, 2015, 13, 4, #2731.
- [9] Brown E.M., Clardy J., Ramnik J.X.: Gut microbiome lipid metabolism and its impact on host physiology. *Cell Host&Microbe*, 2023, 2, 8, 173-18
- [10] Chai C., Park J.: Food liposomes: Structures, components, preparations, and applications. *Food Chem.* 2024, 432, #137228.
- [11] Chojnacka A., Niezgoda N.: Enzymatyczne i chemiczne modyfikacje fosfolipidów. *Wiad. Chem.*, 2023, 77, 5-6, 449-477.
- [12] Chojnacka A., Gładkowski W., Gliszczyńska A., Niezgoda N., Kielbowicz G., Wawrzęczyk C.: Synthesis of structured phosphatidylcholine containing punicic acid by the lipase-catalyzed transesterification with pomegranate seed oil. *Catal. Commun.* 2016, 75, 60-64.
- [13] Cichosz G., Czeczot H.: Sery dojrzewające - żywność funkcjonalna. *Przegląd Mleczarski* 2010, 4, 4-8.
- [14] Cichosz G., Czeczot H.: Żywieniowy fenomen mleka. *Oficyna Wydawnicza Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego*, Warszawa, 2013.
- [15] Cichosz G., Czeczot H., Bielecka M.: The anticarcinogenic potential of milk fat. *Annals Agric. Environ. Med.*, 2020, 27(4), 512-518.
- [16] Cichosz G.: Sery twarde dbają o nasze zdrowie. *Polska Rolna - Nowy Przegląd Mleczarski*, 2024, <https://polskarolna.pl/sery-twarde-dbaja-o-nasze-zdrowie,3,10,1,10,32776.html>
- [17] Clifton J.: What chemicals can be found in cheese. *ReAgent Chemical Manufacturing* 2024, <https://www.reagent.co.uk/blog/what-chemicals-can-be-found-in-cheese/>
- [18] Cryan J.F., O'Riordan K.J., Cowan C.S., Sandhu K.V., Bastiaanssen T.F., Boehme M., Dinan T.G.: The microbiota-gut-brain axis. *Physiol. Rev.*, 2019, 99(4), 1877-2013.
- [19] Cui L., Decker E.A.: Phospholipids in foods: prooxidants or antioxidants? *J. Sci. Food Agric.* 2016, 96(1), 18-31.
- [20] Dajani A.I., Popovic B.: Essential phospholipids for nonalcoholic fatty liver disease associated with metabolic syndrome: A systematic review and network meta-analysis. *World J. Clin. Cases* 2020, 8(21), 5235-5249.
- [21] Dantzer R.: Cytokine, sickness behavior, and depression. *Immunol. Allergy Clin. North Am.*, 2009, 29, 247-264.
- [22] Deleu M., Vaca-Medina G., Fabre J.F., Roiz J., Valentin R., Mouloungu Z.: Interfacial properties of oleosins and phospholipids from rapeseed for the stability of oil bodies in aqueous medium. *Colloids Surf. B.*, 2010, 80, 125-132.
- [23] Dinan T.G., Stilling R.M., Stanton C., Cryan J.F.: Collective unconscious: How gut microbes shape human behavior. *J. Psychiatric Res.*, 2015, 63, 1-9.
- [24] Garcia-Mantrana I., Selmaroyo M., Alcantarac., Collado M.C.: Shifts on gut microbiota associated to mediterranean diet adherence and specific dietary intakes on general adult population. *Front. Microbiol.* 2018, 9, 1-11.
- [25] Gęgotek A., Łuczaj W., Skrzydlewska E.: Effects of Natural Antioxidants on Phospholipid and Ceramide Profiles of 3D-Cultured Skin Fibroblasts Exposed to UVA or UVB Radiation. *Antioxidants*, 2021, 10, 4, #578.
- [26] Gibson G.R., Roberfroid M.B.: Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* 1995, 125, 1401-1412.
- [27] Ginsberg H.N.: A dose-response study of the effects of dietary cholesterol on fasting and postprandial lipid and lipoprotein metabolism in healthy young men. *Arterioscler. Thrombosis*, 1994, 14, 576-586.
- [28] Glibowski P., Pietrak A., Rząd Z., Glibowska J.: Żywieniowe i nieżywieniowe czynniki wpływające na metabolizm cholesterolu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2021, 28, 4(129), 5-23

- [29] Gliszczyńska A., Niezgodna N., Gładkowski W., Świtalska M., Wietrzyk J.: Isoprenoid-phospholipid conjugates as potential therapeutic agents: Synthesis, characterization and antiproliferative studies. *PLoS ONE*, 2016, 11, #172350.
- [30] Granato D., Branco G.F., Cruz A.G., Faria J.A. F., Shah N.P.: Probiotic Dairy Products as Functional Foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2010, 9(5), 455-470.
- [31] Gundermann K.J., Gundermann S., Drozdziak M., Prasad V.G.M.: Essential phospholipids in fatty liver: a scientific update. *Clin. Exp. Gastroenterol.* 2016, 5, 9, 105-117.
- [32] Guidance for Industry, Safety of nanomaterials in cosmetic products. Food & Drug Administration (FDA), Silver Spring (USA) 2014.
- [33] He X., Wang J., Wang Y.: Quantitative lipidomic analysis of egg yolk, yolk granule, and yolk plasma. *J. Food Comp. Anal.* 2023, 115, #104880.
- [34] Hester P.Y.: Egg Innovation and Strategies for Improvement. Academic Press, 2017.
- [35] Hoogevest P., Fahr A.: Phospholipids in Cosmetic Carriers. In: Cornier J., Keck C., Voord M. (Eds.), *Nanocosmetics*, Springer International Publishing, Switzerland, 2019, pp. 95-140.
- [36] İnce Palamutoglu M., Köse G., Bas, M.: Probiotics and Prebiotics Affecting Mental and Gut Health. *In Healthcare*, 2024, 12(5), #510.
- [37] Innova Market Insights, INNOVA TOP 10 TRENDS 2025. <https://www.innovamarketinsights.com/press-releases/top-ten-trends-2025/>
- [38] Kaelberer M.M., Buchanan K.L., Klein M.E., Barth B.B., Montoya M.M.: A gut-brain neural circuit for nutrient sensory transduction. *Science*, 2018, 361, #5236.
- [39] Kaelberer M.M., Rupprecht L.E., Liu W.W., Weng P., Bohórquez D.V.: Neuropod Cells: Emerging Biology of the Gut-Brain Sensory Transduction. *Annu. Rev. Neurosci.*, 2020, 43, 337-353.
- [40] Khattab A.R., Guirguis H.A. Tawfik S.M. Farag M.A.: Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *Trends Food Sci. Technol.*, 2019, 88, 343-360.
- [41] Kłobucki M., Grudniewska A., Smuga D.A., Smuga M., Jarosz J., Wietrzyk J., Maciejewska G., Wawrzęńczyk C.: Syntheses and Antiproliferative Activities of Novel Phosphatidylcholines Containing Dehydroepiandrosterone Moieties. *Steroids*, 2017, 118, 109-118.
- [42] Knysz P., Gondek M., Pyz-Łukasik R., Ziomek M., Drozd Ł., Paszkiewicz W., Szkucik K.: Skład chemiczny i wartość odżywcza regionalnych serów podpuszczkowych produkowanych metodą tradycyjną. *Med. Weter.*, 2018, 74 (10), 671-675.
- [43] Lawrence K., Hyde J.: Microbiome restoration diet improves digestion, cognition and physical and emotional wellbeing. *PLoS ONE*, 2017, 12, 1-14.
- [44] Leo E.E.M., Campos M.R.S.: Ultra-processed diet - gut microbiota and its role in neurodegenerative diseases. *Nutrition*, 2019, 71, #110609.
- [45] Luo J., Yang H., Song B.L.: Mechanisms and regulation of cholesterol homeostasis. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 2020, 21, 225-245.
- [46] Lyte M.: Microbial endocrinology and the microbiota-gut-brain axis. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 2014, 817, 3-24
- [47] Mayo Clinic, USA, 2024. <https://www.mayoclinic.org/>
- [48] Manuelian C.L., Pozza M., Franzoi M., Righi F., Schmutz U., De Marchi M.: Comparison of chemical composition of organic and conventional Italian cheeses from parallel production. *J. Dairy Sci.*, 2023, 106, 10, 6646-6654.
- [49] Marco M.L., Heeney D., Binda S., Cifelli C.J., Cotter P.D., Foligné B., Hutkins R.: Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Curr. Opin. Biotech.*, 2017, 44, 94-102.

- [50] Niezgodna N., Mituła P., Kempieńska K., Wietrzyk J., Wawrzenczyk C.: Synthesis of Phosphatidylcholine with Conjugated Linoleic Acid and Studies on Its Cytotoxic Activity. *Aust. J. Chem.* 2013, 66, 354-361.
- [51] Noble E.E., Hsut M., Kanoski S.E.: Gut to brain dysbiosis: mechanisms linking western diet consumption, the microbiome, and cognitive impairment. *Front. Behav. Neurosci.*, 2017, 11, #9.
- [52] Olgunlaşmasında P., Olaylar B.: Biochemical Processes During Cheese Ripening. *Vet. Sci. Pract.*, 2024, 19(3), 174-182.
- [53] Opis Patentowy 217022 B1, Urząd Patentowy RP, Warszawa, 2014.
- [54] Opis Patentowy 227503 B1, Urząd Patentowy RP, Warszawa, 2014.
- [55] Opis Patentowy 217021 B1, Urząd Patentowy RP, Warszawa, 2014.
- [56] Opis Patentowy 227388 B1, Urząd Patentowy RP, Warszawa, 2014.
- [57] Opis Patentowy 235603 B1, Urząd Patentowy RP, Warszawa, 2014.
- [58] Opis Patentowy 224134 B1, Urząd Patentowy RP, Warszawa, 2014.
- [59] Parchem K., Bartoszek A.: Phospholipids and products of their hydrolysis as dietary preventive factors for civilization diseases. *Postepy. Hig. Med. Dosw.*, 2016, 31, 70(0), 1343-1361.
- [60] Pepeu G., Vannucchi M.G., Di Patre P.L.: Pharmacological actions of phospholipids. In: Hanin I., Pepeu G. (Eds.), *Phospholipids*, Springer, Boston, 1990, pp. 43-50.
- [61] Perez-Pardo P., Kliet T., Dodiya H. B., Broersen I. M., Garssen J., Keshavarzian A., Kraneveld A.D.: The gut-brain axis in Parkinson's disease: Possibilities for food-based therapies. *Eur. J. Pharmacol.*, 2017, 817, 86-95.
- [62] Pietyra C., Wernicki K.: *Ser. Dojrzewający przewodnik dla koneserów*. Wydawnictwo: Znak, Kraków, 2022.
- [63] Rogers G.B., Keating D.J., Young R., Wong M., Licinio J., Wesselingh S.: From gut dysbiosis to altered brain function and mental illness: mechanisms and pathways. *Mol. Psychiatry*, 2016, 21, 738-748.
- [64] Sakuragi T., Nagata S.: Regulation of phospholipid distribution in the lipid bilayer by lipases and scramblases. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 2023, 24, 576-596.
- [65] Salamon A.: Program edukacyjno-promocyjny w przemyśle mleczarskim w latach 2023 - 2026. Materiały Spółki PTM, 2025.
- [66] Sarkar A., Lehto S.M., Harty S., Dinan T.G., Cryan J.F., Burnet P.: Psychobiotics and the manipulation of bacteria – gut – brain signals. *Trends Neurosci.*, 2016, 39, 763-781
- [67] Schverer M., O'Mahony S.M., O'Riordan K.J., Donoso F., Roy B.L., Stanton C., Dinan T.G., Schellekens H., Cryan J.F.: Dietary phospholipids: Role in cognitive processes across the lifespan. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2020, 111, 183-193.
- [68] Sim J.S.: Designer Egg Concept: Perfecting Egg Through Diet Enrichment with  $\omega$ -3 PUFA and Cholesterol Stability. In: Sim J.S., Nakai S., Guenter W. (Eds.), *Egg Nutrition and Biotechnology*, CABI Publishing, UK, 2000, pp. 135-150.
- [69] Simonopoulos A.P., De Mester F.: A balanced omega -6/ omega -3 fatty acids ratio, cholesterol and coronary heart disease. *World Review of Nutrition and Dietetics*, Karger AG, Basel, 2009.
- [70] Sivieri K., Sáyago-Ayerdi S.G., Binetti A.G.: Insights of Gut Microbiota: Probiotics and Bioactive Compounds. *Front. Microbiol.*, 2021, 12, #780596.
- [71] Skórkowska-Telichowska K., Kosińska J., Chwojnicka M., Tuchendler D., Tabin M., Tuchendler R., Bobak Ł., Trziszka T., Szuba A. Positive effects of egg-derived phospholipids in patients with metabolic syndrome. *Adv. Med. Sci.* 2016, 61, 1, 169-174.
- [72] Smuga D.A., Smuga M., Świzdor A., Panek A., Wawrzenczyk C.: Microbial transformation of some steroid compounds by *Aspergillus ochraceus*. *Steroids* 2010, 75, 1146-1152.

- [73] Sugino H., Nitoda T., Juneja L.R.: General chemical composition of hen egg. In: Yamamoto T., Juneja L.R., Hatta H., Kim M.: *Hen Eggs Their Basic and Applied Science*. CRC Press, Boca Raton, 1997, pp. 13-24
- [74] Sun N., Chen J., Wang D., Lin S.: Advance in food-derived phospholipids: Sources, molecular species and structure as well as their biological activities. *Trends Food Sci. Technol.* 2018, 80, 199-211.
- [75] Suni M.F., Shen Y.Q.: Dysbiosis of gut microbiota and microbial metabolites in Parkinson's disease. *Ageing Res. Rev.*, 2018, 45, 53-56.
- [76] Szuba A.: Niepublikowane materiały projektu: Prospective Urban and Rural Epidemiologica (PURE), 2025. <https://www.phri.ca/research/pure/>
- [77] Tang W., Wang Z., Levison B.S., Koeth R.A., Britt E.B., Fu X., Wu Y., Hazen S.L.: Intestinal microbial metabolism of phosphatidylcholine and cardiovascular risk. *N. Engl. J. Med.* 2013, 368(17), 1575-1584.
- [78] Tang W.H., Hazen S.L.: The contributory role of gut microbiota in cardiovascular disease. *J. Clin. Invest.*, 2014, 124(10), 4204-4211.
- [79] Trziszka T. (Red.): *Jajczarstwo: nauka, technologia, praktyka*. Wydawnictwo AR we Wrocławiu, Wrocław, 2000.
- [80] Trziszka T., Różański H., Polanowski A.: Eggs as a very promising source of biomedical and nutraceutical preparations: A review. *J. Life Sci.*, 2013, 7, (8), 862-877.
- [81] Trziszka T.: Raport Projektu POIG (2007-2013) 01.03.01-00-133/08: "Innowacyjne technologie produkcji biopreparatów na bazie nowej generacji jaj (OVOCURA)", Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 2013.
- [82] Trziszka T., Szumny A., Zawadzki M., Trziszka Ł., Dobrzański Z.: Ovo-fosfolipidy. Innowacyjne fosfatydy dla przemysłu spożywczego, farmaceutycznego i kosmetycznego. *Przem. Chem.*, 2024, 103/10, 1137-1142.
- [83] Trziszka T.: Niepublikowane materiały własne, 2025.
- [84] Turnbaugh P.J., Ridaura V.K., Faith J.J., Rey F.E., Knight R., Gordon J.: The effect of diet on the human gut microbiome: a metagenomic analysis in humanized gnotobiotic mice. *Sci. Translat. Med.*, 2009, 11, 1(6), 6-14.
- [85] Unger M.M., Spiegel J., Dillmann K.U., Grundmann D., Philippeit H., Bürmann J., Fassbender K., Schweirtz A., Schäfer K.H.: Short chain fatty acids and gut microbiota differ between patients with Parkinson's disease and age-matched controls. *Parkinsonism Relat. Disord.*, 2016, 32, 66-72.
- [86] Wu G.D., Compher C., Chen E.Z., Smith S.A., Shah R.D., Bittinger K., Chehoud Ch., Albenberg L.G., Nesse L., Golroy E., Starjweljie A.M., Flint H.J., Metz D.C., Bennet M.J., Li H., Bushman F.D., Lewis J.D.: Comparative metabolomics in vegans and omnivores reveal constraints on diet dependent gut microbiota metabolite production. *Gut*, 2016, 65, 63-72.
- [87] Xiao X., Zhao Y., Yao Y., Wu N., Xu M., Du H., Tu Y.: Biological activities of egg yolk lipids: a review. *J. Agric. Food Chem.* 2020, 68, 7, 1948-1957.
- [88] Żakowicz J., Bramorska A., Zarzycka W., Kovbasiuk A., Kuć K., Brzezicka A.: Wpływ mikrobioty jelitowej na mózg, funkcje poznawcze i emocje. *KOSMOS - Problemy Nauk Biologicznych*, 2020, 69, 1(326), 45-58.
- [89] Żulewska J., Bielecka M.M., Siemaszko A., Baranowska M.: Prozdrowotny wizerunek produktów mleczarskich – podejście marketingowe. *Mleczarskie Technologie*, 2025, 2, 18-24.

**EXISTING VIEWS ON THE CONSUMPTION OF EGGS AND SELECTED DAIRY PRODUCTS THAT AFFECT CONSUMERS' HEALTH AND QUALITY OF LIFE****S u m m a r y**

**Background.** Extensive research conducted in recent years on food and human nutrition in terms of quality of life and health indicates that the gut microbiota is a key factor in this regard. Therefore, attention is being paid to minimally processed, organic and generally health-promoting foods. This prompts the development and implementation of functional foods with specific health-promoting properties.

**Results and conclusions.** This article highlights raw materials important from a health perspective, namely eggs and selected dairy products, highlighting their biological and nutritional value. The role of ovo-phospholipids, in particular, cannot be overestimated, and their addition to dairy products allows us to develop new lines of functional food products. Ovo-phospholipids combined with fermented dairy products have a significant impact on the development of gut microflora and its biological regeneration, which contributes to good health and quality of life.

**Key words:** eggs, dairy products, gut microbiota, quality of life, consumer health 