

TECHNIKA I TECHNOLOGIA W PRODUKCJI FUNKCJONALNYCH WYROBÓW MLECZNYCH

Prof. dr hab. Andrzej Babuchowski

„Opracowanie innowacyjnego mleka UHT o przedłużonej trwałości i zwiększonej jakości”

nr projektu: POIR.01.01.01-00-2234/20

Konkurs 7/1.1.1/2020 Szybka ścieżka – Agrotech

„Innowacyjna technologia produkcji tłuszczów mlecznych – masła i bezwodnego tłuszczu mlekowego o ulepszonych cechach reologicznych,
sensorycznych i żywieniowych”

nr projektu POIR.01.01.01-00-0152/21

Konkurs 1/1.1.1/2021 Szybka ścieżka

EUROMLECZ Ciechocinek 4-6.01.2026

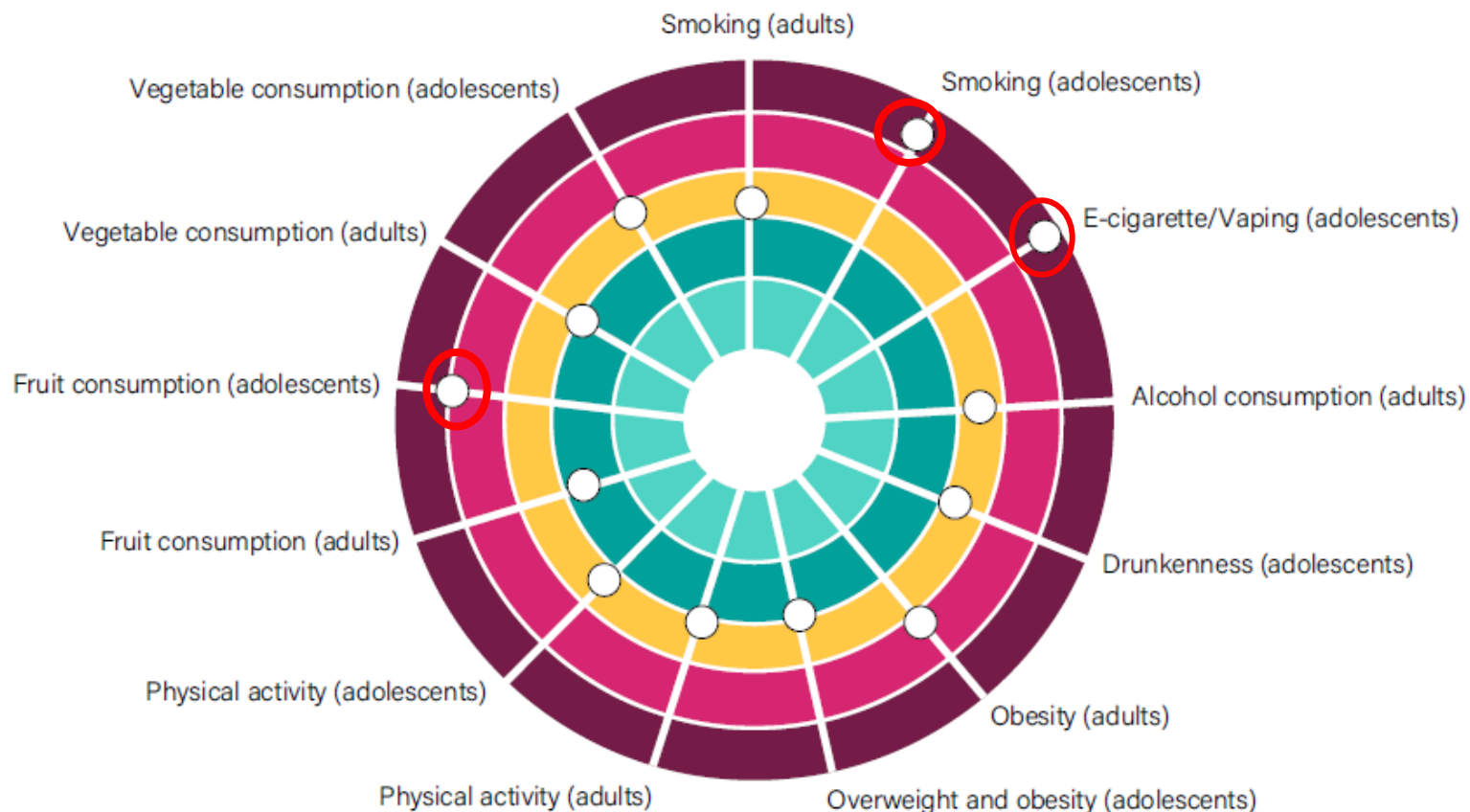
Produkty mleczne mogą wykazywać szereg efektów biologicznych dzięki naturalnemu występowaniu w ich składzie chemicznym składników biologicznie aktywnych, takich jak **białka bioaktywne, lipidy, oligosacharydy, immunoglobuliny, enzymy, hormony, peptydy przeciwdrobnoustrojowe, cytokiny, czynniki wzrostu i inne.**

Niemniej jednak składniki te występują w ograniczonych ilościach, dlatego ich włączenie do funkcjonalizacji produktów mlecznych jest niezwykle przydatne.

Rodzaj próbki	1996 ryboflawina (mg na 100g) (patrz uwaga)	2022 do 2023 ryboflawina (mg na 100g)	1996 witamina B12 (µg na 100g) (patrz uwaga)	2022 to 2023 witamina B12 (µg na 100g)	1996 jod (µg na 100g) (patrz uwaga)	2022 to 2023 jod (µg na 100g)
Mleko pełne pasteryzowane, średnia roczna	0.23	0.19	0.9	0.4	31	23
Mleko pełne pasteryzowane, lato	0.24	0.16	0.9	0.3	20	22
Mleko pełne pasteryzowane, zima	0.22	0.21	0.8	0.5	41	23
Mleko pełne, UHT, średnia roczna	0.18	0.19	0.2	0.2	31	27
Mleko pełne, UHT, lato	Nie analizowano	0.18	Nie analizowano	0.2	Nie analizowano	24
Mleko pełne, UHT, zima	Nie analizowano	0.20	Nie analizowano	0.2	Nie analizowano	30
Mleko półtłuste pasteryzowane, średnia roczna average	0.24	0.18	0.9	0.4	31	26
Mleko półtłuste pasteryzowane, lato	0.24	0.17	0.8	0.4	20	28
Mleko półtłuste pasteryzowane, zima	0.24	0.20	0.9	0.5	41	23
Mleko półtłuste, UHT, średnia roczna	0.18	0.20	0.2	0.3	31	26
Mleko półtłuste, UHT, lato	Nie analizowano	0.17	Nie analizowano	0.2	Nie analizowano	26
Mleko półtłuste, UHT, zima	Nie analizowano	0.22	Nie analizowano	0.3	Nie analizowano	25
Mleko chude, pasteryzowane, średnia roczna	0.22	0.15	0.8	0.3	30	31
Mleko chude, pasteryzowane, lato	0.21	0.14	0.8	0.4	21	27
Mleko chude, pasteryzowane, zima	0.22	0.15	0.7	0.3	31	34
Mleko chude, UHT, średnia roczna	0.17	0.20	0.6	0.3	25	34
Mleko chude, UHT, lato	Nie analizowano	0.18	Nie analizowano	0.2	Nie analizowano	28
Mleko chude, UHT, zima	Nie analizowano	0.22	Nie analizowano	0.3	Nie analizowano	39

EUROMILECZ CIECZOCIEK 4-0.01.2020

Figure 7. Many health risk factors are more prevalent in Poland than in most other EU countries



Notes: The closer the dot is to the centre, the better the country performs compared to other EU countries. No country is in the white "target area" as there is room for progress in all countries in all areas.

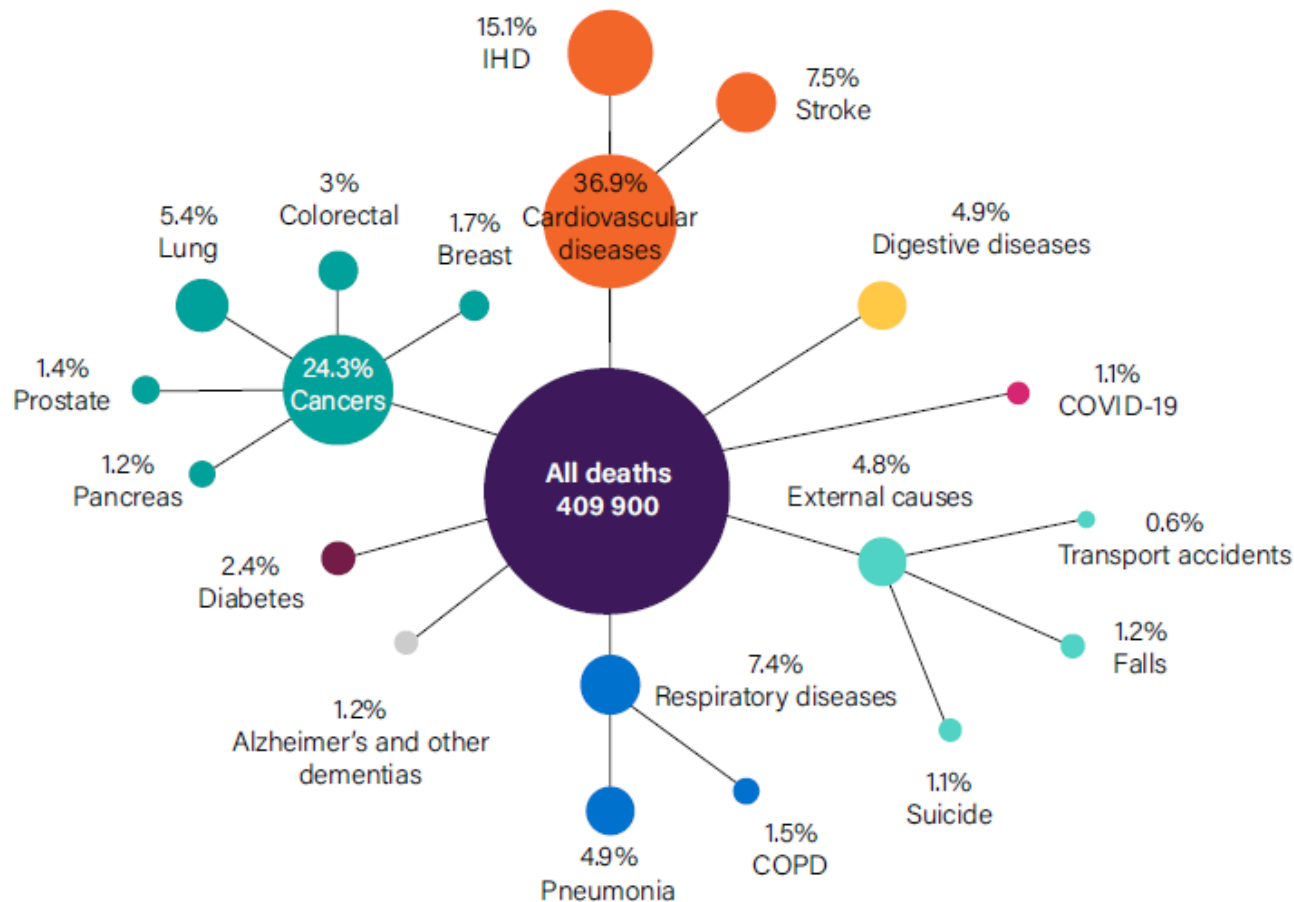
Sources: OECD calculations based on HBSC survey 2022 for adolescents indicators; Eurostat based on EU-SILC 2022 and OECD Data Explorer for adult indicators (2022 or nearest available year).

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/12/country-health-profile-2025-country-notes_7e72146d/poland_388161c0/5b674a77-en.pdf

Częstotliwość występowania różnych chorób w Polsce

Choroby serca i rak odpowiedzialne są za 60% śmierci w Polsce

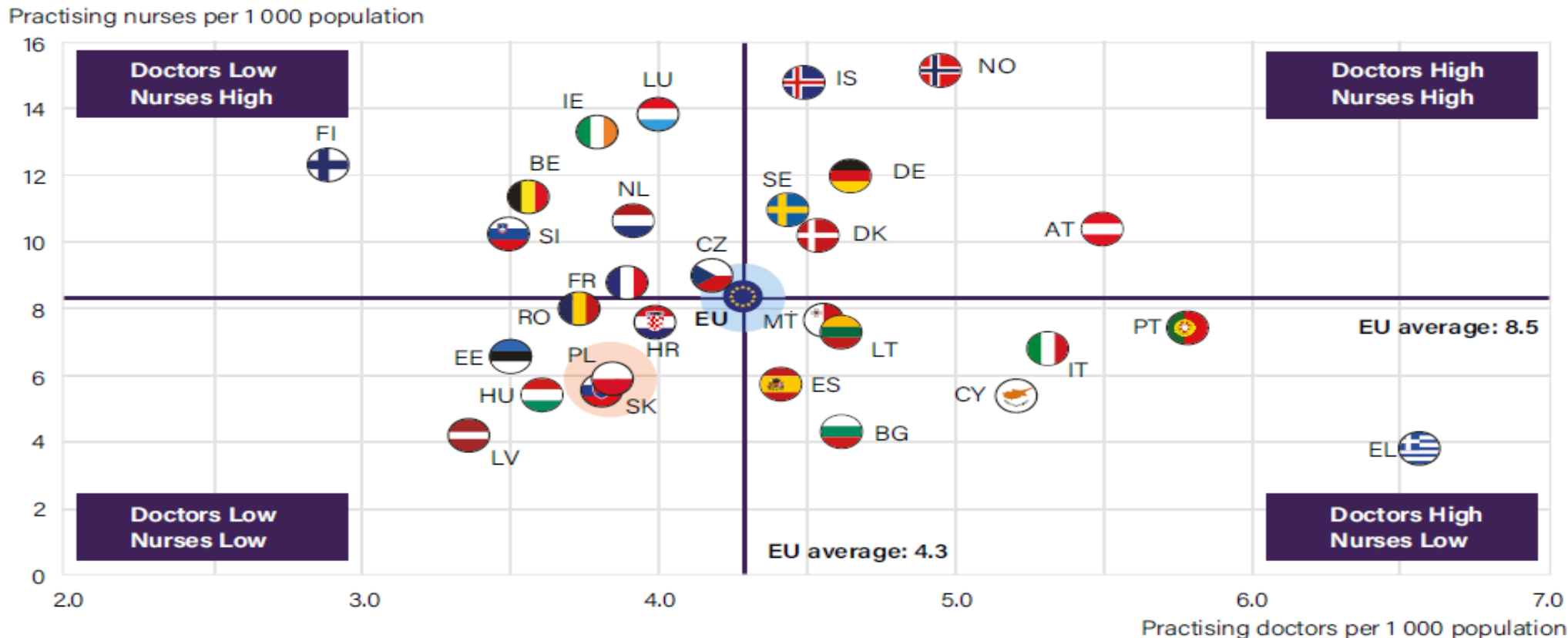
Figure 2. Cardiovascular diseases and cancer account for over 60 % of all deaths in Poland



Notes: IHD = ischaemic heart disease; COPD = chronic obstructive pulmonary disease.
 Source: Eurostat (hlth_cd_aro); Data refer to 2023.

EUROMLECZ Ciechocinek 4-6.01.2026

Figure 11. Poland has comparatively low numbers of doctors and nurses



Notes: The EU average is unweighted. The data on nurses include all categories of nurses (not only those meeting the EU Directive on the Recognition of Professional Qualifications). In Portugal and Greece, data refer to all doctors licensed to practise, resulting in a large overestimation of the number of practising doctors. In Greece, the number of nurses is underestimated as it only includes those working in hospitals.
 Source: OECD Data Explorer (DF_PHYS, DF_NURSE); data refer to 2023 or nearest available year.

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/12/country-health-profile-2025-country-notes_7e72146d/poland_388161c0/5b674a77-en.pdf

EUROMLECZ Ciechocinek 4-6.01.2026

Produkty funkcjonalne to z jednej strony:

- żywność wzbogacona o składniki bioaktywne (np. błonnik, probiotyki, kwasy omega-3, witaminy), które oprócz podstawowego odżywiania, oferują udowodnione naukowo korzyści zdrowotne, poprawiając samopoczucie, odporność lub zmniejszając ryzyko chorób cywilizacyjnych, a z drugiej strony,
- mają odpowiednio zmodyfikowaną strukturę, która umożliwia im lepsze dostosowanie do potrzeb konsumentów.

Większość składników żywności obecnie włączonych do receptur funkcjonalnych produktów mlecznych **występuje naturalnie w tych matrycach mlecznych, takich jak bioaktywne peptydy, bakterie probiotyczne, przeciwutleniacze, witaminy, białka specyficzne, oligosacharydy, kwasy organiczne, wapń o wysokiej przyswajalności, sprzężony kwas linolowy i inne biologicznie aktywne składniki.**

Pomimo ich naturalnego występowania, w produktach mlecznych, zawartość związków bioaktywnych jest ograniczona, co może wpływać na skuteczność tych produktów. Dlatego włączenie tych aktywnych składników do funkcjonalizacji mleka i produktów mlecznych ma ogromne znaczenie.

Wytwarzanie funkcjonalnych wyrobów mlecznych polega na

- **wzbogacaniu tradycyjnych produktów mlecznych o składniki bioaktywne:**
 - **witaminy,**
 - **probiotyki, prebiotyki i synbiotyki,**
 - **minerały,**
 - **kwasy omega-3,**
- **białka**

oraz na modyfikacji ich struktury.

Rodzaje składników żywności	Szczegółowe składniki żywności	Produkty mleczne
Prebiotyki	Białka mleka, laktoza, sacharoza, laktuloza, fruktooligosacharydy, glikooligosacharydy i galaktooligosacharydy, arabinoza, galaktoza, inulina, rafinoza, mannoza, laktuloza, staquioza, ksylooligosacharydy, izomaltuloza (palatynoza), izomaltooligosacharydy i oligosacharydy sojowe	Ser i jogurt
Probiotyki	Gatunki: Bifidobacterium, Lactobacillus, Streptococcus i Saccharomyces	Ser i jogurt
Witaminy i składniki mineralne	Wapń, żelazo, witaminy C, D, B2, B9, i B12	Mleko, ser i jogurt
Środki aromatyzujące	Polifenole, flawonoidy, karotenoidy	Mleko, ser i jogurt
Rośliny, owoce I ich ekstrakty	Rumianek, koper włoski, miód, grzyby, kasztany, melisa, rozmaryn, bazylia	Ser i jogurt
Inne	Kwasy Omega-3 jak linolowy (LA), , (EPA), and docosahexaenoic acid (DHA); β -karoten	Mleko i jogurt

MLEKO UHT

Wpływ parametrów procesu homogenizacji na jakość mleka UHT

Obróbka wstępna

- wirowanie,
- normalizacji do zawartość tłuszczu 3,8, 2,0, i 0,5 %
- baktofugacja
- pasteryzacja

Dwie konfiguracje instalacji homogenizatora:

- homogenizacja nieaseptyczna mleka przed obróbką termiczną tzw. hartowaniem i UHT;
- homogenizacja aseptyczna na mleku po termicznej obróbce UHT, a przed aseptycznym tankiem.

Parametry procesu:

- temperatura (70-80°C)
- ciśnienie homogenizacji na I stopniu (30-40 MPa) i II (5-7 MPa)

EUROMLECZ Ciechocinek 4-6.01.2026

Stwierdzono, że:

- Zastosowane zróżnicowane parametry termicznej obróbki (hartowania) przed procesem homogenizacji, nie **wpłynęło znacząco na skuteczności homogenizacji**.
- Czas termicznej koagulacji mleka poddanego obróbce w kolejnych etapach procesu technologicznego (pasteryzacji, hartowania i homogenizacji) **ulegał redukcji**. Najwyższą ok. 60% redukcję czasu koagulacji stwierdzono w procesie z homogenizacją aseptyczną dla mleka 3.8% tłuszczu.
- Parametry obróbki termicznej (hartowania) wpłynęły na **obniżenie aktywności plazminy i plazminogenu**, do poziomu resztkowego, określonego dokładnością stosowanej metody analitycznej tj. $\leq 0,01$ U.

EUROMLECZ Ciechocinek 4-6.01.2026

W efekcie otrzymano produkt o 10-12 miesięcznej trwałości, o niezminionej wartości odżywczej spełniający wymagania konsumentów

MASŁO

Technika enkapsulacji to złożony proces obejmujący **tworzenie mniej lub bardziej złożonej bariery, która działa, osłaniając składniki bioaktywne**, hamując występowanie interakcji chemicznych, chroniąc przed czynnikami środowiskowymi (tj. temperaturą, pH, enzymami i tlenem), a nawet umożliwiając stopniowe uwalnianie składników aktywnych w określonych warunkach.

- Istnieją trzy główne grupy technik enkapsulacji, tj. mikrokapsułkowanie,
- nanokapsułkowanie,
- emulsje.

EUROMLECZ Ciechocinek 4-6.01.2026

Microencapsulation

Suszenie rozpyłowe	Najczęściej stosowana metoda, przeznaczona do przygotowywania suchych i stabilnych dodatków do żywności i aromatów.
Liofilizacja	Technika ta nadaje się do kapsułkowania rozpuszczalnych w wodzie esencji, naturalnych aromatów.
Koacerwacja	Technika ta opiera się na rozdzieleniu faz hydrokolidów obecnych w roztworze wyjściowym i dalszym osadzaniu nowo utworzonych koacerwatów wokół zawieszanej lub zemulgowanej cząsteczki bioaktywnej. Jest uważana za kosztowną metodę,
Uwięzienie liposomów.	Technika ta polega na utworzeniu lipidowego układu błonowego, który otacza hydrofilową przestrzeń, w której zamykamy rozpuszczalne w wodzie, rozpuszczalne w lipidach i amfifilowe składniki funkcjonalne.
Kokryształizacja.	Technika ta polega na modyfikacji struktury sacharozy, co prowadzi do powstania nieregularnego, aglomerowanego kryształu. W ten sposób składnik bioaktywny zostaje włączony do porowatej matrycy nowo utworzonych mikrokryształów.
Kapsułkowanie drożdżowe	Technika ta opiera się na wykorzystaniu komórek drożdży (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) jako materiału kapsułkującego, który jest zazwyczaj stosowany również do olejków eterycznych, aromatów i polifenoli. Docelowe składniki mogą przenikać przez ścianę komórkową i pozostawać wewnątrz komórek, co zapewnia również kontrolę dyfuzji wbudowanych składników funkcjonalnych.
Żelowanie na zimno.	To nowa metoda, stanowiąca alternatywny sposób wytwarzania mikrocząsteczek białka w przemyśle spożywczym. Nie wymaga rozpuszczalników organicznych, ponieważ kapsułkowanie odbywa się w łagodnych warunkach, minimalizując destrukcję wrażliwych związków nutraceutycznych.

EUROMLECZ Ciechocinek 4-6.01.2026

Technologie enkapsulacji

Nanoenkapsulacja

Technika polega ona na inkorporacji, absorpcji lub dyspersji związków bioaktywnych, a następnie tworzeniu funkcjonalnych **składników zamkniętych w małych pęcherzykach (<100 nm)**. Dzięki swoim subkomórkowym rozmiarom i lepszemu, kontrolowanemu uwalnianiu. Mogą one również łatwo przenikać do tkanek przez cienkie naczynia włosowate.

Emulgowanie

W szerokim ujęciu emulsja to mieszanina co najmniej dwóch niemieszających się cieczy. Z których jedna rozproszona w drugiej w postaci **małych, kulistych kropelek. Ich rozmiary kropeł wahają się od 0,2 mm do 10 mm**. Emulsje można również podzielić na dwie odrębne grupy: mikroemulsje i nanoemulsje. Mikroemulsje to układy składające się z mieszaniny wody, węglowodorów i związków amfifilowych, tworzące związki kinetycznie i termodynamicznie stabilne, przezroczyste, jednorodne i izotropowe roztwory o rozmiarach cząstek od 5 nm do 100 nm. Nanoemulsje składają się z drobno zdyspergowanych emulsji i emulsji submikronowych, które w przeciwieństwie do mikroemulsji nie są stabilne termodynamicznie. Powstają one w wyniku mikrofluidyzacji lub formowania micel. Charakteryzują się słabą rozpuszczalnością i niską biodostępnością.

EUROMLECZ Ciechocinek 4-6.01.2026

➤ Technologie kapsułkowania mają na celu przede wszystkim zapewnienie **odpowiedniej stabilizacji związków bioaktywnych**, co gwarantuje, że dotrą one do konsumentów w **odpowiednich ilościach, utrzymując ich biodostępność**, unikając tworzenia się szkodliwych i nieprzyjemnych związków, a nawet maskując niektóre niepożądane cechy sensoryczne charakterystyczne dla niektórych substancji bioaktywnych.

Proces emulgacji

Rozdział maślanek na membranach w systemie ciągłym z zawracaniem retentatu.

Temperatura procesu 6°C, 15°C oraz 50°C

Do otrzymanego retentatu maślanek wprowadzono witaminy K2 i D3.

Proces homogenizacji

Ocena skuteczności procesu w oparciu o:

- badanie skuteczności homogenizacji metodą NIZO,
- badanie rozkładu wielkości cząstek metodą dyfrakcji laserowej,
- badanie zawartości witaminy D3 oraz K2.

Opracowanie sposobu wprowadzenia koncentratu maślanek do masła.

Analiza retentatów maślanki uzyskiwanych na membranach o różnej wielkości porów i przy różnych temperaturach procesu permeacji

Parametr/warunki procesu permeacji	Średnica porów 0,15 μm/50°C		Średnica porów 0,15 μm/13-15°C	Średnica porów 0,5 μm/50°C	
	z cytrynianem	bez cytrynianu	bez cytrynianu	z cytrynianem	bez cytrynianu
Udział głównych białek MFGM (%)	16,35	16,98	16,90	12,30	14,87
Przyrost zawartości fosfolipidów	–	74–172%	24–32%	–	30–31%
Stopień koncentracji białka	3,30	4,81	4,27	3,20	3,60
Stopień koncentracji suchej masy	1,71	2,65	2,33	2,15	2,12
Stopień koncentracji tłuszczu	3,41	4,47	4,50	4,99	3,71

Zawartość białek, MFGM (membrany kuleczek tłuszczowych) i witamin D3 i K2 w badanych próbkach masła

Parametr	Masło standardowe	Masło z koncentratem maślanki z witaminami
Zawartość białka w serum masła (%)	2,48	3,91
Udział głównych białek MFGM (%) w puli wszystkich białek	6,6	8,1
Zawartość białek MFGM (mg/100 g masła) (zał. 18% plazmy w maśle)	29,46	57,00
Ilość białek MFGM wprowadzona do masła wraz z koncentratem (mg/100g)	—	27,54
Zawartość witaminy D3 (µg/100 g)	—	5,0
Zawartość witaminy K2 (µg/100 g)	—	75

EUROMLECZ Ciechocinek 4-6.01.2026

W efekcie otrzymano produkt o podwyższonej wartości odżywczej.

Fermentacja precyzyjna (ang. precision fermentation)

Jest to proces biotechnologiczny, który wykorzystuje zmodyfikowane genetycznie mikroorganizmy (jak drożdże, bakterie) jako „mini-fabryki” do precyzyjnego wytwarzania specyficznych białek, tłuszczów i innych substancji (np. witamin, enzymów), które są identyczne z naturalnymi, ale bez udziału zwierząt gospodarskich, co rewolucjonizuje produkcję alternatywnych składników żywności i medykamentów, takich jak białka mleka, albuminy jaj czy insulina

Dziękuję Państwu za Uwagę