

УДК 637.146.34

## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СТРУКТУРИ ЙОГУРТА ІЗ ДОДАВАННЯМ ІЗОЛЯТУ БІЛКА НАСІННЯ КОНОПЛІ

**Геліх А. О.<sup>1</sup>**, к.т.н.,

доцент кафедри технологій та безпеки харчових продуктів,  
<https://orcid.org/0000-0003-3769-1231>

**Даниленко С. Г.<sup>2</sup>**, д.т.н., с.н.с., зав. відділу біотехнології  
<https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>

**Крижська Т. А.<sup>1</sup>**, к.т.н.,  
старший викладач кафедри технологій та безпеки харчових продуктів,  
<https://orcid.org/0000-0001-7151-9799>

**Семерня О. В.<sup>1</sup>**, ст. викладач кафедри охорони праці та фізики  
<https://orcid.org/0000-0002-0201-1294>

<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

<sup>2</sup>Інститут продовольчих ресурсів НААН, м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-05>

Молочні продукти є найважливішим компонентом у раціоні харчування людини. На їхню частку припадає 20% задоволення потреб людини у білку і 30% – у жирі. У галузі харчової технології виробництва молочних продуктів пріоритетними напрямками є роботи, пов'язані зі створенням технологічних процесів виготовлення продуктів із заданими складом та властивостями, з комплексним використанням сировини. **Мета роботи** - оптимізація реологічних показників структури йогурта із додаванням ізоляту білка насіння коноплі. **Методи досліджень**. Використання великої кількості нових інгредієнтів потребує залучення сучасних інформаційних комп'ютерних технологій для оперативного рецептурного розрахунку продуктів з новими складом та властивостями. При проектуванні складу молочних продуктів із заданою харчовою та біологічною цінністю слід враховувати один із найважливіших показників якості – структуру продукту. Для контролю консистенції потрібні реометричні дослідження, які дозволяють визначити раціональні умови вимірювання структурно-механічних характеристик молочних продуктів, що дозволить створити передумови для розробки нормативної документації з контролю реологічних параметрів. Структурно-механічні характеристики йогурту визначали за допомогою ротажного віскозиметра Atago Visco з термодатчиком. Об'єктом дослідження був йогурт із масовою часткою жиру 2,5%, збагачений ізолятом білка насіння коноплі – йогурт збагачений. **Результати досліджень**. Наведено кінематичні характеристики руйнування структури йогурту збагаченого. Розроблено регресійну двофакторну модель зміни ефективної в'язкості йогурту залежно від температури продукту та механічного впливу – градієнта швидкості зсуву. Домінуючим фактором зміни структури йогурту є швидкість зсуву. Експериментальні дані показали, що при переході через поріг градієнта швидкості зсуву  $10 \text{ хв}^{-1}$  структура йогурту змінюється від аномально в'язкої (псевдопластичної) до ньютонівської рідини. Консистенція продукту при швидкості зсуву більше  $10 \text{ хв}^{-1}$  не відповідає нормативним вимогам.

**Ключові слова:** йогурт, ізолят білка насіння коноплі, комп'ютерне моделювання, оптимізація рецептури, реологічні параметри

## OPTIMIZATION OF RHEOLOGICAL INDICATORS OF YOGHURT STRUCTURE WITH ADDITION OF HEMP SEED PROTEIN ISOLATE

**Anna Helikh**<sup>1</sup>, PhD, Associate professor of technology and food safety department  
<https://orcid.org/0000-0003-3769-1231>

**Svitlana Danylenko**<sup>2</sup>, D-r of Sciences, Technics, Senior Research  
 Head of Department of Biotechnology  
<https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>

**Tetiana Kryzhska**<sup>1</sup>, PhD, Technics,  
 Senior Lecturer of technology and food safety department,  
<https://orcid.org/0000-0001-7151-9799>

**Olena Semernya**<sup>1</sup>, Senior Lecturer of occupation safety and physics department  
<https://orcid.org/0000-0002-0201-1294>

<sup>1</sup>Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Food Resources of NAAS, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-05>

Dairy products are the most important component of a person's diet. They account for 20% of human needs for protein and 30% for fat. In the field of food technology for the production of dairy products, the priority areas are work related to the creation of technological processes for the manufacture of products with specified composition and properties, with the integrated use of raw materials. **The aim of the work** is to optimize the rheological parameters of the structure of yogurt with the addition of hemp seed protein isolate. **Research methods.** The use of a large number of new ingredients requires the involvement of modern computer information technology for the rapid calculation of products with new composition and properties. When designing the composition of dairy products with a given nutritional and biological value should take into account one of the most important indicators of quality – the structure of the product. To control the consistency requires rheometric studies, which allow to determine the rational conditions for measuring the structural and mechanical characteristics of dairy products, which will create the preconditions for the development of regulatory documentation for the control of rheological parameters. Structural and mechanical characteristics of yogurt were determined using a rotary viscometer Atago Visco with a temperature sensor. The object of the study was yogurt with a fat content of 2.5%, enriched with hemp seed protein isolate – yogurt enriched. **Research results.** The kinematic characteristics of the destruction of the structure of enriched yogurt are given. A regression two-factor model of changing the effective viscosity of yogurt depending on the product temperature and mechanical impact – shear rate gradient has been developed. The dominant factor in changing the structure of yogurt is the shear rate. Experimental data have shown that the structure of yogurt changes from abnormally viscous (pseudoplastic) to Newtonian fluid when crossing the 10 min<sup>-1</sup> shear rate gradient threshold. The consistency of the product at a shear rate of more than 10 min<sup>-1</sup> does not meet regulatory requirements.

**Keywords:** yogurt, hemp seed protein isolate, computer modeling, recipe optimization, rheological parameters

**Постановка проблеми.** Сучасна молочна індустрія потребує не лише метрологічного контролю консистенції готового продукту, але й необхідної інформації про сировину, набір компонентів рецептури, параметри технологічних методів, що дозволяють цілеспрямовано впливати в процесі обробки сировини на реологічні характеристики. Встановлення взаємозв'язку інструментальних та органолептичних показань дозволить керувати якісними характеристиками, зокрема консистенцією молочних продуктів [1-4].

Для підвищення харчової цінності йогурту проводять збагачення молочної основи рослинними білками [5], які сприяють покращанню текстури готового продукту.

В роботі [6] наведено результати досліджень, які показали, що можна виробляти йогурт з додаванням рослинних білків. Додавання натурального конопляного протеїну і гарбузового насіння сприяло покращанню фізико-хімічних та реологічних показників. Доведено, що рослинні білки не впливали на процес ферментації, а лише збільшували концентрацію білка в готовому продукті.

Для прогнозування новостворених молочних продуктів із заданими лікувально-профілактичними властивостями, хімічним, мінеральним і вітамінним складом необхідна методика (і комп'ютерна програма), а отримання продукту заданої консистенції – банк даних реологічних показників.

Сучасні ринкові відносини вимагають підвищення ефективності виробництва, економії сировинних ресурсів, удосконалення технологічних та економічних розрахунків та оперативного управління виробництвом. Велику роль у вдосконаленні технології молочних продуктів та методів економічного аналізу відіграє використання інформаційних комп'ютерних технологій у вирішенні рецептурного завдання і оцінки реологічних параметрів кисломолочних продуктів харчування [7-8].

Існує велика попередня література, яка досліджує взаємозв'язок між реологічними та сенсорними властивостями молочних йогуртів [9-11].

В даний час використання великої кількості нових видів інгредієнтів вимагає залучення сучасних інформаційних комп'ютерних технологій для оперативної розробки функціональних продуктів харчування з новим складом та властивостями [12-15].

Моделюючим апаратом рецептурних розрахунків є фундаментальний закон збереження маси речовини, реалізація якого зводиться до вирішення системи лінійних балансових рівнянь [16-17].

Вирішення системи лінійних балансових рівнянь може призвести до трьох випадків: система не має рішення; система має одне рішення; система має безліч рішень. З технологічної точки зору при розв'язку системи лінійних рівнянь виробничий інтерес представляє випадок, коли система має одне рішення, або невизначена система (безліч невід'ємних рішень). З технологічної точки зору – це існування однієї рецептури або безлічі варіантів рецептур продукту. Завдання інженера-технолога полягає в тому, щоб з цієї множини вибрати рецептуру із заданими параметрами (мінімальною собівартістю продукту, максимальною енергетичною цінністю і ін.) [18-19].

**Метою статті є:** вивчення можливості використання білкового ізоляту насіння коноплі у рецептурі йогурту. Оптимізація залежності реологічних показників (в'язкості, швидкості деформації структури) йогурту від додавання ізоляту білка насіння коноплі та створення універсальної моделі для інших рецептур йогуртів, в яких використовується подібний загущувач. Спроектувати рецептурний склад йогурту, збагаченого ізолятом білка насіння коноплі, визначити та проаналізувати реологічні параметри продукту, оцінити структуру йогурту збагаченого.

Поставлена мета вирішувалася методами комп'ютерного моделювання та експериментально-аналітичного аналізу результатів досліджень.

**Матеріали і методи дослідження.** Об'єктом дослідження є йогурт із додаванням ізоляту білка насіння коноплі в якості загущувача, виробленого у виробничих умовах навчально-дослідної лабораторії кафедри технологій та безпечності харчових продуктів Сумського НАУ, та культури заквашувальної ППРОВІТ-СІ-1, виробленої у виробничих умовах Інституту продовольчихресурсів НААН.

На першому етапі вирішення поставленої мети здійснювалася оптимізація рецептурного складу йогурту, збагаченого на основі матричного методу з використанням комп'ютерної системи Excel. На другому етапі проведено реологічні дослідження продукту за допомогою ротаційного віскозиметра «Atago Visco» з термодатчиком.

Оптимізація рецептурного завдання матричним методом зводиться до послідовного виконання шести етапів:

1. Формування інформаційної матриці даних, яка включає: вигляд, хімічний склад, оптові ціни інгредієнтів та склад продукту.
2. Формування системи лінійних балансових рівнянь за хімічним складом продукту: жиру, білка, цукру-піску, сухих речовин, маси продукту.
3. Встановлюються технологічні обмеження на використання окремих видів інгредієнтів, як за видом, так і за співвідношенням в рецептурній суміші.
4. Задається функція цілі по оптимізації рецептури продукту.
5. Система балансових рівнянь вирішується за допомогою комп'ютерної математичної системи Excel.
6. Проводиться аналіз варіантів рецептур і вибирається рецептура, відповідна поставленим цілям.

Реологічні дослідження йогурту збагаченого здійснювалися за допомогою ротаційного віскозиметра "Atago Visco" з термодатчиком. Серед великої кількості структурно-механічних характеристик, що описують стан кисломолочних продуктів, важливе місце відводиться граничній напрузі зсуву (ГНЗ) та ефективній в'язкості. Граничну напругу зсуву в досліджуваному продукті розраховують за формулою [4]:

$$\tau = z \cdot \alpha, \quad (1)$$

де  $\tau$  – напруга зсуву ( $10^{-1}$  Па);

$z$  – постійна циліндра ( $10^{-1}$  Па);

$\alpha$  – свідчення індикаторного приладу.

Константа циліндра  $z$  залежить від геометричних розмірів циліндричної системи та від постійної пружності пружини динамометра. Значення  $z$  для різних вимірювальних систем наведено в паспортних таблицях приладу.

За розрахованою напругою зсуву  $\tau$  та швидкістю зсуву  $D$  обчислюють ефективну в'язкість продукту:

$$\eta = \frac{\tau}{D} \times 100, \quad (2)$$

де  $\eta$  – ефективна в'язкість, мПа·с;

$\tau$  – напруга зсуву,  $10^{-1}$  Па;

$D$  – швидкість зсуву,  $3^{-1}$ .

Для йогурту важливим чинником є як консистенція, так і її стійкість (збереження структури) у процесі зберігання. Структура йогурту характеризується реологічними показниками коагульованого молочного білка та залежить від температури та швидкості зсуву.

### Результати та обговорення.

Рецептурний склад йогурту, збагаченого ізолятом білка насіння коноплі, відповідає вимогам [20]. Йогурт збагачений містить у 100 г продукту не менше: 2,5 г жиру; 3,2 г білка; 9,5 г цукру-піску; 21 г сухих речовин (СР).

У табл. 1 представлені інгредієнти, що використовуються як компоненти йогурту. Інформаційна матриця даних рецептури йогурту збагаченого складається з п'яти елементів: - виду інгредієнтів; їх хімічного складу; оптових цін; стандарту продукту; індексованих змінних (позначені через  $X_i$ ). У табл. 2 на підставі даних інформаційної матриці (табл. 1) сформовано систему лінійних балансових рівнянь. Розв'язок системи лінійних рівнянь дозволить визначити рецептурний склад йогурту збагаченого.

Таблиця 1

**Інформаційна матриця даних для рецептурного розрахунку йогурту,  
збагаченого шротом коноплі та ізолятом білка насіння коноплі**

| Інгредієнт                             | X i | Масова частка, % |       |       |                  | Ціна,<br>грн/кг |
|----------------------------------------|-----|------------------|-------|-------|------------------|-----------------|
|                                        |     | жиру             | білка | цукру | сухих<br>речовин |                 |
| Молоко цільне                          | x1  | 3,4              | 3,0   | 0,0   | 11,4             | 25,00           |
| Молоко знежирене                       | x2  | 0,05             | 3,2   | 0,0   | 8,3              | 19,00           |
| Стабілізатор                           | x3  | 0                | 0     | 0     | 0                | 40,0            |
| СОМ                                    | x4  | 1,0              | 34,0  | 0,00  | 96,0             | 51,00           |
| Цукор-пісок                            | x5  | 0,0              | 0     | 99,9  | 99,9             | 32,00           |
| Культура заквашувальна<br>ІПРОВІТ–СІ-1 | x6  | 0                | 0     | 0     | 0                | 240,00          |
| Ізолят білка насіння<br>коноплі        | x7  | 0                | 5,2   | 55    | 82               | 165,00          |
| Склад йогурту                          |     | 2,5              | 3,6   | 8,1   | 22,5             |                 |

Таблиця 2

**Система лінійних балансових рівнянь і обмежень**

| Баланс                                                                 | Рівняння, обмеження                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Жиру                                                                   | $0,034 \cdot x_1 + 0,0005 \cdot x_2 + 0,01 \cdot x_4 = 2,5$                                    |
| Білка                                                                  | $0,03 \cdot x_1 + 0,032 \cdot x_2 + 0,34 \cdot x_4 + 0,052 \cdot x_7 = 3,6$                    |
| Цукру-піску                                                            | $0,999 \cdot x_5 + 0,55 \cdot x_7 = 8,1$                                                       |
| Сухих речовин                                                          | $0,114 \cdot x_1 + 0,083 \cdot x_2 + 0,96 \cdot x_4 + 0,999 \cdot x_5 + 0,82 \cdot x_7 = 22,5$ |
| Обмеження (культура<br>заквашувальна, ізолят<br>білка насіння коноплі) | $x_5 = 0,1; 4 \leq x_6 \leq 5; x_7 = 2,0$                                                      |
| Маси йогурту                                                           | $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 100,00$                                             |

Функція мети – мінімальна собівартість йогурту збагаченого – визначається як сума добутку рецептурного складу та вартості інгредієнтів (табл. 1) та записується у вигляді наступного виразу:

$$F(X_i) = \min (25 \cdot x_1 + 19 \cdot x_2 + 40 \cdot x_3 + 51 \cdot x_4 + 32 \cdot x_5 + 240 \cdot x_6 + 165 \cdot x_7).$$

Система лінійних балансових рівнянь розв'язується в комп'ютерній системі Excel.

Рецептурний склад йогурту збагаченого при виробництві 100 кг продукту наведено в табл. 3.

В даний час у літературі наводяться розрізнені дані щодо фізичних та реологічних характеристик молока та вершків, отриманих авторами на різних приладах, без зазначення умов їх вимірювання, що відрізняються між собою за абсолютними величинами в 2-3 рази і більше. Тому для отримання достовірних даних і створення реологічних характеристик молочних продуктів (з різної структурою – від рідкого до пластичного стану) потрібен єдиний комплексний методологічний підхід. Для вирішення поставленого завдання, насамперед, потрібні реометричні дослідження, які дозволять визначити раціональні умови вимірювання структурно-механічних характеристик молочних продуктів, контролю їх консистенції методами інженерної реології. Крім того, знання фізичних та реологічних характеристик (таких, як в'язкість, гранична напружка зсуву (ГНЗ) та щільність основних компонентів молочних продуктів залежно від їх хімічного складу, температури



та градієнта швидкості в робочих органах машин та апаратів) необхідно при конструюванні сучасного обладнання та створенні автоматизованих ліній із замкненою трубопровідною системою [21].

Таблиця 3

**Рецептурний складу йогурту, збагаченого ізолятом білка насіння коноплі**

| Інгредієнт                             | Індекс, X <sub>i</sub> | Рецептура йогурту збагаченого, витрати сировини на 100 кг (без обліку втрат), кг |
|----------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Молоко цільне                          | x1                     | 98,00                                                                            |
| Молоко знежирене                       | x2                     | 10,59                                                                            |
| Стабілізатор                           | x3                     | 1,2                                                                              |
| СOM                                    | x4                     | 0,50                                                                             |
| Цукор пісок                            | x5                     | 7,31                                                                             |
| Культура заквашувальна ІПРОВІТ - CI -1 | x6                     | 0,2                                                                              |
| Ізолят білка насіння коноплі           | x7                     | 2,00                                                                             |
| Собівартість, грн/100 кг               |                        | 11900,8                                                                          |
| Енергетична цінність на 100 г, ккал    |                        | 86,8                                                                             |

Для йогурту важливим чинником є як консистенція, так і її стійкість (збереження структури) у процесі зберігання. Консистенція йогурту характеризується реологічними показниками коагульованого молочного білка.

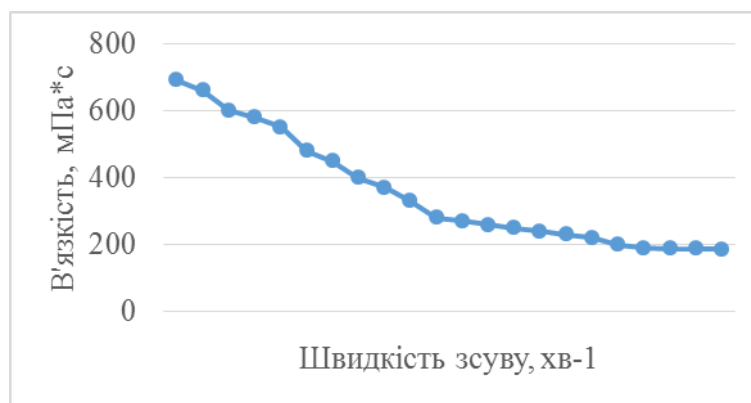
У роботі проведено аналіз реологічних характеристик йогурту з додаванням ізоляту білка насіння коноплі. Досліджено зміну ефективної в'язкості йогурту. Встановлено, що ефективна в'язкість йогурту змінюється при зміні градієнта швидкості зсуву та температури досліджуваного продукту [22]. У табл. 4 наведено експериментальні дані зміни ефективної в'язкості йогурту з м.ч.ж. 2,5% при різних значеннях швидкості зсуву і температури продукту.

Таблиця 4

**Зміна ефективної в'язкості (мПа·с) йогурту з додаванням ізоляту білка насіння коноплі від температури продукту і швидкості зсуву**

| Швидкість зсуву, $\chi_{\text{в}}^{-1}$ | Температура йогурту, °C |       |       |       |
|-----------------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
|                                         | 4                       | 6     | 12    | 20    |
| 1                                       | 543,4                   | 677,3 | 589,8 | 567,5 |
| 2                                       | 433,2                   | 407   | 367,2 | 331,7 |
| 5                                       | 299,2                   | 398,7 | 298,8 | 231,8 |
| 10                                      | 165,2                   | 199   | 179,8 | 170,1 |
| 15                                      | 122                     | 150,8 | 96,3  | 122   |
| 20                                      | 56                      | 59    | 51,2  | 41,2  |
| 30                                      | 20,5                    | 20,5  | 30,5  | 17,5  |
| 60                                      | 10,3                    | 10,3  | 10,3  | 10,2  |
| 100                                     | 6,2                     | 6,2   | 6,2   | 6,2   |

Динаміка зміни ефективної в'язкості йогурту досить добре описується гіперболічною залежністю, коефіцієнт детермінації математичної моделі дорівнює 0,8779, що характеризує високий рівень адекватності моделі. Регресійна залежність зміни ефективної в'язкості йогурту, збагаченого ізолятом білка насіння коноплі, має вигляд (рис. 1):



**Рис. 1. Динаміка зміни ефективної в'язкості йогурту з додаванням ізоляту білка насіння коноплі в залежності від градієнта швидкості зсуву (температура продукту 4°C)**

Швидкість руйнування структури йогурту збагаченого визначається як перша похідна від зміни ефективної в'язкості йогурту (формула 3) і має вид:

$$y_i = 543,1 \times x^{-2,023} \quad (3)$$

В табл. 6 представлені експериментальні і розрахункові кінематичні характеристики структури йогурту з додаванням ізоляту білка насіння коноплі.

*Таблиця 6*

**Кінематичні характеристики рівня руйнування структури йогурту з додаванням ізоляту білка насіння коноплі (температура продукту 4 °C)**

| Швидкість зсуву, хв <sup>-1</sup> | Ефективна в'язкість, мПа·с | Швидкість руйнування структури, мПа·с/хв <sup>-1</sup> |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1                                 | 678,1                      | 693,0                                                  |
| 2                                 | 278,9                      | 199,6                                                  |
| 4                                 | 150,4                      | 77                                                     |
| 5                                 | 108,4                      | 18,5                                                   |
| 10                                | 53,5                       | 4,6                                                    |
| 30                                | 10,3                       | 0,2                                                    |
| 60                                | 6,1                        | 0,1                                                    |

Експериментальні дані показали, що під час переходу через поріг градієнта швидкості зсуву 10 хв<sup>-1</sup> структура йогурту збагаченого змінюється від аномально в'язкої (псевдопластичної) до ньютонівської рідини. Консистенція йогурту при швидкості зсуву більше 10 хв<sup>-1</sup> не відповідає нормативним вимогам [6].

#### **Висновки.**

Сформовано інформаційний банк інгредієнтів, що використовуються у технології виробництва йогурту з додаванням ізоляту білка насіння коноплі.

Матричним методом комп'ютерного моделювання розроблено рецептуру йогурту з додаванням ізоляту білка насіння коноплі.

Визначено реологічну характеристику йогурту збагаченого – ефективну в'язкість продукту в залежності від температури та швидкості зсуву. Домінуючим фактором при зміні ефективної в'язкості йогурту є швидкість зсуву.

Встановлено дві зони руйнування структури йогурту залежно від градієнта швидкості зсуву. При переході через поріг градієнта швидкості зсуву 10 хв<sup>-1</sup> структура

йогурт змінюється від аномально в'язкої (псевдопластичної) до ньютонівської рідини. Консистенція йогурту при швидкості зсуву понад 10 об./хв не відповідає нормативним вимогам.

### Бібліографія

1. Asiimwe A., Kigozi J., Muyonga J. Physicochemical Properties, Sensory Acceptance and Storage Stability of Yogurt Flavored with Refractance Window Dried Passion Fruit Powder. *Asian Food Science Journal*. 20(5), 38-49 <https://doi.org/10.9734/AFSJ/2021/v20i530297>.
2. Hussein Z. E. H., Silva J. M., Alves E. S., Castro M. C., Ferreira C. S. R., Chaves M. L. C., Bruni A. R. da S., Santos O. O. Technological advances in probiotic stability in yogurt: a review. *Research, Society and Development*. 10(12), p. e449101220646, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20646>.
3. Das K., Choudhary R., Witrick K. Effects of new technology on the current manufacturing process of yogurt-to increase the overall marketability of yogurt. *LWT*. 108, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.058>.
4. Yupardhi W., Oka I., Pratiwi A., Sutarpa I., Miwada I. Evaluation on Performances of Yoghurt Used Modern Technology Versus Natural One. *Animal Production*. 17, 56. <https://doi.org/10.20884/1.anprod.2015.17.1.486>.
5. Iqbal A., Iqtidar A. Khalil I. A., Ateeq N., Muhammad Sayyar Khan M. Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*. 2006.97, 331-335
6. Dabija A., Codina G. G., Gatlan A. M., Sanduleac E. T., Rusu L. (2018). Effects of some vegetable proteins addition on yogurt quality. *Scien. Study Res. Chem. Chem. Eng. Biotech. Food Ind.* 19(2), 181-192.
7. Wongeiam W., Sriwattana S., Chokumnoyporn N., Doungtip P., Bai Ngew S. (2021) Supplementation of sesame protein concentrates from sesame meal in rice cookies: physical and sensory quality. *International Journal of Agriculture Innovation Technology and Globalisation*. 2 (2), 173. <https://doi.org/10.1504/ijaitg.2021.119708>.
8. Loveday S.M., Sarkar A., Singh H. (2013) Innovative yoghurts: Novel processing technologies for improving acid milk gel texture. *Trends in Food Science and Technology*. 33(1), 5-20. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013>.
9. Harte F., Clark S., Barbosa-Cánovas G. V. Yield Stress for Initial Firmness Determination on Yogurt. *J. Food Eng.* 2007. 80, 990-995.
10. Janhøj T., Petersen C. B., Frøst M. B., Ipsen R. Sensory and Rheological Characterization of Low-Fat Stirred Yogurt. *J. Texture Stud.* 2006. 37, 276-299.
11. Nguyen P. T. M., Kravchuk O., Bhandari B., Prakash S. (2017). Effect of Different Hydrocolloids on Texture, Rheology, Tribology and Sensory Perception of Texture and Mouthfeel of Low-Fat Pot-Set Yoghurt. *Food Hydrocoll.* 72, 90-104. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.035>.
12. Karagül-Yüceer Y., Drake M. A. Sensory analysis of yogurt. In: White, C.H., Kilara, A., (Eds.). *Manufacturing yogurt and fermented milks* (3rd ed). John Wiley & Sons., 2013. 353-367.
13. Najgebauer-Lejko D., Witek M., Żmudziński D., Ptaszek A. Changes in the viscosity, textural properties, and water status in yogurt gel upon supplementation with green and Pu-erh teas. *J Dairy Sci.* 2020. 103(12), 11039-11049. doi: 10.3168/jds.2020-19032.
14. Rajvir Singh, Malreddy Nikitha, Shwetnisha, Nongmaithem Mangalleima. The Product and the Manufacturing of Yoghurt. *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*. 2021.7, 48-51. <https://doi.org/10.46501/IJMTST0710007>.
15. Sfakianakis P., Tzia C. Conventional and Innovative Processing of Milk for Yogurt Manufacture; Development of Texture and Flavor: A Review. *Foods*. 2014. 3(1), 176-193. <https://doi.org/10.3390/foods3010176>.
16. Ciron C. I. E., Gee V. L., Kelly A. L., Auty, M. A. E. Modifying the microstructure of low-fat yoghurt by microfluidisation of milk at different pressures to enhance rheological and



sensory properties. Food Chemistry. 2012. 130 (3), 510-519. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.056>.

17. Morell P., Hernando I., Llorca E., Fiszman S. Yogurts with an increased protein content and physically modified starch: Rheological, structural, oral digestion and sensory properties related to enhanced satiating capacity. Food Res. Int. 2015. 70, 64-73 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.024>.

18. Grasso N., Alonso-Miravalles L., O'Mahony J. A. Composition, Physicochemical and Sensorial Properties of Commercial Plant-Based Yogurts. Foods. 2020. 9, 252. <https://doi.org/10.3390/foods9030252>.

19. Zlatev Z., Dimitrova A., Baycheva S., Vasilev M. Analysis of information processes in the production of yogurt. Journal of Innovation and entrepreneurship. 2016. IV(2), 43-59

20. ДСТУ 4343:2004 Йогурти. Загальні технічні умови. К: ДП «УкрНТИ», 2015, 9 с.

21. Gupta M.K., Torrico D.D., Ong L., Gras S.L., Dunshea F.R., Cottrell J.J. Plant and Dairy-Based Yogurts: A Comparison of Consumer Sensory Acceptability Linked to Textural Analysis. Foods. 2022. 4. 11(3), 463. <https://doi.org/10.3390/foods11030463>.

22. Van Marle M., Van den Ende D., De Kruif C., Mellema J. Steady-shear viscosity of stirred yogurts with varying ropiness. J. Rheol. 1999. 43, 1643 <https://doi.org/10.1122/1.551065>.

## References

1. Asiimwe A., Kigozi J., Muyonga J. (2021). Physicochemical Properties, Sensory Acceptance and Storage Stability of Yogurt Flavored with Refractance Window Dried Passion Fruit Powder. Asian Food Science Journal. 20(5), 38-49 <https://doi.org/10.9734/AFSJ/2021/v20i530297>.

2. Hussein Z. E. H., Silva J. M., Alves E. S., Castro M. C., Ferreira C. S. R., Chaves M. L. C., Bruni A. R. da S., Santos O. O. (2021). Technological advances in probiotic stability in yogurt: a review. Research, Society and Development. 10(12), p. e449101220646, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20646>.

3. Das K., Choudhary R., Witrick K. (2019). Effects of new technology on the current manufacturing process of yogurt-to increase the overall marketability of yogurt. LWT. 108, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.058>.

4. Yupardhi W., Oka I., Pratiwi A., Sutarpa I., Miwada I. (2015). Evaluation on Performances of Yoghurt Used Modern Technology Versus Natural One. Animal Production. 17, 56. <https://doi.org/10.20884/1.anprod.2015.17.1.486>.

5. Iqbal A., Iqtidar A. Khalil I.A., Ateeq N., Muhammad Sayyar Khan M. (2006). Nutritional quality of important food legumes. Food Chemistry. 97, 331-335

6. Dabija A., Codina G. G., Gatlan A. M., Sanduleac E. T., Rusu L. (2018). Effects of some vegetable proteins addition on yogurt quality. Scien. Study Res. - Chem. Chem. Eng. Biotech. Food Ind. 19(2), 181-192.

7. Wongeiam W., Sriwattana S., Chokumnoyporn N., Dountip P., Bai Ngew S. (2021) Supplementation of sesame protein concentrates from sesame meal in rice cookies: physical and sensory quality. International Journal of Agriculture Innovation Technology and Globalisation. 2 (2), 173. <https://doi.org/10.1504/ijaitg.2021.119708>.

8. Loveday S.M., Sarkar A., Singh H. (2013) Innovative yoghurts: Novel processing technologies for improving acid milk gel texture. Trends in Food Science and Technology. 33(1), 5-20. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013>.

9. Harte F., Clark S., Barbosa-Cánovas G.V. (2007). Yield Stress for Initial Firmness Determination on Yogurt. J. Food Eng. 80, 990-995.

10. Janhøj T., Petersen C.B., Frøst M.B., Ipsen R. (2006). Sensory and Rheological Characterization of Low-Fat Stirred Yogurt. J. Texture Stud. 37, 276-299.

11. Nguyen P.T.M., Kravchuk O., Bhandari B., Prakash S. (2017). Effect of Different Hydrocolloids on Texture, Rheology, Tribology and Sensory Perception of Texture and

Mouthfeel of Low-Fat Pot-Set Yoghurt. Food Hydrocoll. 72, 90-104. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.035>.

12. Karagül-Yüceer Y., Drake M.A. (2013). Sensory analysis of yogurt. In: White, C.H., Kilara, A., (Eds.). Manufacturing yogurt and fermented milks (3rd ed). John Wiley & Sons., 353-367.

13. Najgebauer-Lejko D., Witek M., Żmudziński D., Ptasek A. (2020) Changes in the viscosity, textural properties, and water status in yogurt gel upon supplementation with green and Pu-erh teas. J Dairy Sci. 103(12), 11039-11049. doi: 10.3168/jds.2020-19032.

14. Rajvir Singh, Malreddy Nikitha, Shwetnisha, Nongmaithem Mangalleima. (2021). The Product and the Manufacturing of Yoghurt. International Journal for Modern Trends in Science and Technology. 7, 48-51. <https://doi.org/10.46501/IJMTST0710007>.

15. Sfakianakis P., Tzia C. (2014). Conventional and Innovative Processing of Milk for Yogurt Manufacture; Development of Texture and Flavor: A Review. Foods. 3(1), 176-193. <https://doi.org/10.3390/foods3010176>.

16. Ciron C. I. E., Gee V. L., Kelly A. L., Auty, M. A. E. (2012). Modifying the microstructure of low-fat yoghurt by microfluidisation of milk at different pressures to enhance rheological and sensory properties. Food Chemistry. 130(3), 510-519. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.056>.

17. Morell P., Hernando I., Llorca E., Fiszman S. (2015). Yogurts with an increased protein content and physically modified starch: Rheological, structural, oral digestion and sensory properties related to enhanced satiating capacity. Food Res. Int. 70, 64-73 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.024>.

18. Grasso N., Alonso-Miravalles L., O'Mahony J. A. (2020). Composition, Physicochemical and Sensorial Properties of Commercial Plant-Based Yogurts. Foods. 9, 252. <https://doi.org/10.3390/foods9030252>.

19. Zlatev Z., Dimitrova A., Baycheva S., Vasilev M. (2016). Analysis of information processes in the production of yogurt. Journal of Innovation and entrepreneurship. IV(2), 43-59

20. DSTU 4343: 2004. Yogurti. Mention the technical know-how [official copy 01.01.2010]. K.: DP "UkrNDNTS", 2015, 9 pp.

21. Gupta M.K., Torrico D.D., Ong L., Gras S.L., Dunshea F.R., Cottrell J.J. (2022). Plant and Dairy-Based Yogurts: A Comparison of Consumer Sensory Acceptability Linked to Textural Analysis. Foods. 4. 11(3), 463. <https://doi.org/10.3390/foods11030463>.

22. Van Marle M., Van den Ende D., De Kruif C., Mellema J. (1999). Steady-shear viscosity of stirred yogurts with varying ropiness. J. Rheol. 43, 1643 <https://doi.org/10.1122/1.551065>.