

ПРОЦЕСИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 637.1/5.053:532.14

Левіт І.Б., канд. техн. наук,
Сукманов В.О., д-р техн. наук, проф.,
Афенченко Д.С.

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Донецьк, Україна,
e-mail: engineer@kaf.donduet.edu.ua

РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ М'ЯСО-МОЛОЧНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Levit I.B., Cand. Sc. (Tech.),
Sukmanov V.A., Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
Afenchenko D.S.

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine,
e-mail: engineer@kaf.donduet.edu.ua

RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS AS REFLECTION OF TECHNOLOGICAL AND CONSUMER PROPERTIES OF MEET AND DIARY SEMI-FINISHED PRODUCTS

Мета статті – узагальнення результатів проведеного комплексу структурно-механічних досліджень для визначення впливу рослинної сировини на структуру м'ясо-молочних напівфабрикатів, які підтверджують, що реологічні характеристики зсуву найбільш повно відображають технологічні та споживчі властивості напівфабрикатів та об'єктивні для контролю консистенції виробів.

Методика. Об'єктами експериментальних досліджень були напівфабрикати печінкової паштетної маси з додаванням пребіотичної суміші, яка містить корінь цикорію та топінамбур; м'ясні фарші з додаванням напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза; молочно-рослинні фарші, з додаванням овочевих пюре до молочно-білкового концентрату зі сколотин

Методика досліджень полягала в отриманні експериментальних кривих залежності напруження зсуву та в'язкості сумішей від швидкості зсуву, їхнього аналізу та узагальнення. Дослідження проведені в проблемній науково-дослідній лабораторії кафедри загальноінженерних дисциплін ДонНУЕТ. Для визначення реологічних показників використовували ротаційний віскозиметр Rheotest RN4.1.

Результати. Експериментальні дані показують, що додавання рослинної сировини до м'ясо-молочних фаршів більше впливає на їхню структуру в порівнянні з аналогічними напівфабрикатами, виготовленими за стандартною рецептурою. Паштети, які містять пребіотичну суміш, мають більші кількісні значення величин в'язкості та напруження зсуву, що свідчить про покращення їхньої здатності утримувати форму. За додавання напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза, значення характеристик зсуву м'ясного фаршу зменшуються, що зумовлює підвищення ніжності та соковитості продукту. Додавання овочевих пюре до молочно-білкового концентрату із сколотин поліпшує структуру суміші. Вид пюре та заморожування мало впливають на реологічні характеристики.

Наукова новизна. Базуючись на експериментальних даних, отримано закони в'язко-пластичної течії дослідних зразків, які свідчать, що додавання рослинної сировини до м'ясо-



молочних напівфабрикатів не руйнує їхню структуру в порівнянні з контрольними зразками, виготовленими за стандартною технологією.

Практична значущість. Під час розробки принципово нових технологій створення продуктів, необхідно враховувати вплив компонентів, які додаються, на структуру продукту, для чого необхідні реологічні дослідження.

Ключові слова: м'ясо-молочні напівфабрикати, реологічні дослідження, структурно-механічні характеристики, закони течії, структура суміші, напруга зсуву, в'язкість.

Харчові продукти-складні за хімічним складом та мають комплексом різноманітних властивостей, які формують якість продукції, і мають бути ураховані за вибору технологічних процесів. Більшість харчових продуктів містить значну кількість вологи. Окрім вологи, до складу продуктів входять білки, жири, вуглеводи, цукор, сіль та вітаміни. Складна взаємодія цих компонентів з водою та один з одним формує властивості харчових продуктів [1].

Одним з найважливіших показників, які визначають якість харчових продуктів, є консистенція, яка характеризується структурно-механічними властивостями, що визначаються реологічними методами. За консистенцією оцінюють якість харчового продукту, порівнюючи створену систему із загальновідомими еталонними продуктами.

Знання реологічних характеристик сировини та готової продукції необхідні, оскільки від відповідності параметрів сировини визначеним вимогам та забезпечення контролю параметрів процесів на всіх стадіях виробництва залежить якість виробів. Для виготовлення продукції заданої та стабільної якості сучасній харчовій промисловості необхідні: інструментальний контроль консистенції готового виробу; інформація про хімічний склад сировини та інших компонентів рецептури, раціональних і оптимальних параметрах технологічного процесу, а також про їхній вплив на консистенцію. Для оптимізації параметрів технологічної обробки та зберігання продуктів також необхідно знати фізико-хімічні і реологічні характеристики сировини та готової продукції.

Головна роль у використанні реологічних методів у м'ясній промисловості належить А.В. Горбатову [2], А.Д. Косому [1]. Вони розробили методи удосконалення процесів і апаратів, а також технологічних прийомів обробки продукції тваринного походження на основі результатів, отриманих методами інженерної реології. Розвитку інженерної реології в молочній промисловості присвячені роботи А. М. Маслова та інших вчених [3].

Органолептична оцінка якості існуючих та нових видів харчових виробів є базовою для збирання початкової інформації, а також для встановлення кореляційних залежностей відчуттів, які виникають у дегустатора під час пережовування продукту, з кількісними показниками – реологічними властивостями – характеристиками цього продукту, які визначаються інструментально. Але органолептична оцінка не завжди об'єктивна, оскільки залежить від фізіологічних та психологічних факторів, які впливають на відтворюваність та чисельні значення показань.

Більш точні результати дозволяє отримати використання інструментальних методів контролю консистенції за структурно-механічними характеристиками. Переваги цих методів: показники не залежать від індивідуальних особливостей дегустатора, збільшується точність визначення, метод має високу відтворюваність, результати інструментального визначення є методологічно встановленим «фактом».

Застосування технологічних методів, які дозволяють цілеспрямовано діяти в процесі обробки на структурно-механічні характеристики сировини, дозволить ефективно управляти показниками якості, зокрема консистенцією готових виробів.

Проблема забезпечення населення вітамінами та мінеральними речовинами потребує якісно нових підходів до розробки продуктів харчування. Для ефективного її



розв'язання необхідно введення в раціон харчування спеціалізованих харчових продуктів, збагачених цінними біологічно активними речовинами. Зараз розвивається тенденція підвищеної уваги до розробки нових технологій отримання продуктів харчування з використанням рослинної сировини, яка є джерелом вітамінів, мінеральних солей, макро- і мікроелементів, які виявляють оздоровчу дію на організм людини. Перспективним напрямком технологічних розробок є створення продуктів з фітосировини з використанням маловідходних технологій [4].

Для контролю за консистенцією та режимами технологічних процесів найбільш перспективними є структурно-механічні властивості зсуву сировини, півфабрикатів та готових виробів. Ці характеристики більш чутливі до технологічних та механічних змін внутрішньої структури продукту і найбільш об'єктивно відображають технологічні та споживчі властивості напівфабрикатів.

До технологічних процесів, у вивчення яких реологія покликана внести суттєвий вклад є створення принципово нових технологій отримання продуктів, які мають оздоровчий вплив на організм людини, забезпечують профілактику різних захворювань, сприяють усуненню дефіциту вітамінів, макро- та мікроелементів, оскільки важливим питанням є виявлення впливу компонентів, що додаються до продуктів, виготовлених за класичною технологією, на зміну структури нового продукту.

На кафедрі технології в ресторанному господарстві ДонНУЕТ ведуться роботи щодо створення оригінальних технологій комбінованих м'ясо-рослинних продуктів з підвищеним вмістом білків, жирів, вітамінів, макро- та мікроелементів, речовин пребіотичної дії та інших харчових добавок [5; 6-8], молочно-рослинних фаршів [9].

Для встановлення законів зміни, прогнозування й розрахунку значень різноманітних фізичних, хімічних, біологічних та інших властивостей сировини і продуктів у значному діапазоні зміни визначальних технологічних факторів та режимів отримання готових виробів необхідні комплексні дослідження.

Особливості харчових продуктів можна оцінювати за великою кількістю структурно-механічних, електрофізичних, оптичних та інших характеристик. Але всі характеристики продукту безпосередньо залежать від відповідних фізичних характеристик дисперсності системи.

Для наукового обґрунтування завдань технологічної обробки продуктів харчування велике значення має їхнє структуроутворення. Структурно-механічні характеристики дозволяють об'єктивно оцінювати стан напівфабрикатів, не вивчаючи їхню мікроструктуру, оскільки в'язкість системи залежить від концентрації фази, розмірів и форм часток, температури, жирності продукту, навантажень та інших факторів. Важливою характеристикою напівфабрикатів є також напруга зсуву, яке визначає їхню здатність утримувати форму, оскільки для отримання готового продукту необхідна наступна технологічна обробка та формовка. Ця характеристика проявляє найбільшу чутливість до зміни технологічних та механічних факторів. Введення до складу харчових мас наповнювачів впливає на їхню консистенцію, тобто і на кількісні значення реологічних характеристик зсуву.

Комбінування рослинної сировини із сировиною тваринного походження дозволяє корегувати харчову і біологічну цінність продуктів, забезпечує раціональне використання рослинних ресурсів та сприяє поширенню асортименту продуктів із заданими властивостями. Розроблення технологій виготовлення м'ясних кулінарних виробів із використанням рослинної сировини дозволить отримати продукт, збагачений фізіологічно важливими для організму людини речовинами.

Метою нашої роботи було проведення комплексу структурно – механічних досліджень, отримання характеристик поведінки напівфабрикатів під дією навантажень та



швидкостей їх прикладення, визначення впливу наповнювачів на структурний стан продуктів та зміну кількісних значень реологічних характеристик.

Дослідження проводилися в проблемній науково-дослідній лабораторії кафедри загальноінженерних дисциплін ДонНУЕТ.

Для визначення реологічних показників було використано ротаційний віскозиметр Rheotest RN4.1, який забезпечив можливість одержання абсолютних значень показників, високий ступінь автоматизації під час виконання серії вимірів та чутливість.

Під час реологічних досліджень важливо отримати достовірні криві течії, які відображають властивості матеріалу за зсуву. Для одержання достовірних даних під час вимірів були враховані необхідні вимоги до випробуваних зразків:

- температура була сталою протягом експерименту та однорідною в усьому об'ємі зразка;
- зразки мали однорідну консистенцію, відсутні повітряні порожнини;
- зразки не містили часток, схильних до осадження або утворення згустків, а також часток, які руйнуються на дрібні частини або рідину під впливом напруги зсуву та орієнтуються уздовж потоку;
- зразки протягом вимірів не зазнавали хімічних перетворень.

Виміри проводилися з поточними установками параметрів, необхідних для проведення та передачі результатів експерименту. Нашою метою було отримання значень напруги зсуву $\theta(\dot{\gamma})$ та в'язкості суміші $\eta(\dot{\gamma})$ залежно від швидкості зсуву $\dot{\gamma}$.

Для встановлення характеру течії структури та подальшого визначення параметрів технологічних процесів обробки та формування продуктів замінювали реально отримані експериментальним шляхом реологічні залежності на емпіричні залежності, близькі до експериментальних кривих течії.

Напівфабрикати, які ми досліджували, належать до в'язко-пластичних систем, мають границю текучості, їхня в'язкість є функцією швидкості зсуву, крива текучості починається не з початку координат. Після аналізу відомих законів, які враховують ці умови, ми зробили висновок, що з достатньо високою точністю в'язко-пластична течія зразків описується рівняннями загального закону текучості Чойшера:

$$\theta = \theta_0 + \eta_u + \eta_{\dot{\gamma}} \left(\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_r} \right)^{-n} \dot{\gamma}, \quad (1)$$

Кассона:

$$\frac{1}{\theta^n} = \frac{1}{\theta_0^n} + (\eta \cdot \dot{\gamma})^{\frac{1}{n}}, \quad (2)$$

Бінгама:

$$\theta = \theta_0 + \eta \cdot \dot{\gamma}, \quad (3)$$

Гершеля-Балклі:

$$\theta = \theta_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n, \quad (4)$$

де θ (Па) – напруга зсуву;

η_u (Па с) – рівноважна в'язкість, яка є дійсною фізичною характеристикою продукту;



константи речовини, які є параметрами математичної моделі:

$\eta_{\text{н\ddot{o}\delta}$ (Па с) – структурна в'язкість,

n – показник ступеня кінетики руйнування структури,

$\dot{\gamma}_r$ (1/с) – параметр моделі функції текучості;

θ_0 (Па) – границя текучості,

η (Па с) – пластична в'язкість,

k – коефіцієнт консистенції.

Нами були проведені експериментальні дослідження структурно-механічних характеристик трьох зразків напівфабрикату яловичої печінкової паштетної маси, виготовленої за стандартною рецептурою, та з додаванням пребіотичної суміші (порошки кореня цикорію та топінамбуру у співвідношенні 30:70%) у кількості 10%, 15%, [6-8]. Температура 21°C була сталою протягом експерименту та однорідною в усьому об'ємі зразка. Паштетні печінкові маси, виготовлені з додаванням пребіотичної суміші, мають біологічну цінність, а також пребіотичну дію внаслідок підвищеного вмісту інуліну.

Паштет належить до систем з неклітиною кристалічною структурою і перебуває в пластично-в'язкому стані. За класифікацією, яка заснована на агрегатному стані фаз, паштет є трьохфазовою системою, становить рідке дисперсійне середовище та тверду дисперсну фазу, він також насичений пухирцями повітря. Дисперсна фаза представлена в ньому білковими частинами та агрегатами, частками жиру, найменшими частками м'язової і жирової тканин; дисперсне середовище – водяним розчином деяких м'язових білків, інших органічних з'єднань та електролітів. За своєю структурою паштети належать до зв'язнодисперсних структур, в яких одна з фаз структурно закріплена і не може вільно переміщуватися.

На рисунку 1 зображені криві зміни ефективної в'язкості та напруги зсуву за часом виміру залежно від швидкості зсуву зразків напівфабрикату яловичої печінкової паштетної маси, які отримані за даними експерименту, та закони течії для кожного зразку.

З достатньо високою точністю течія паштетів описується рівнянням Кассона. Найбільше відхилення розрахункових значень від експериментальних становить 5%.

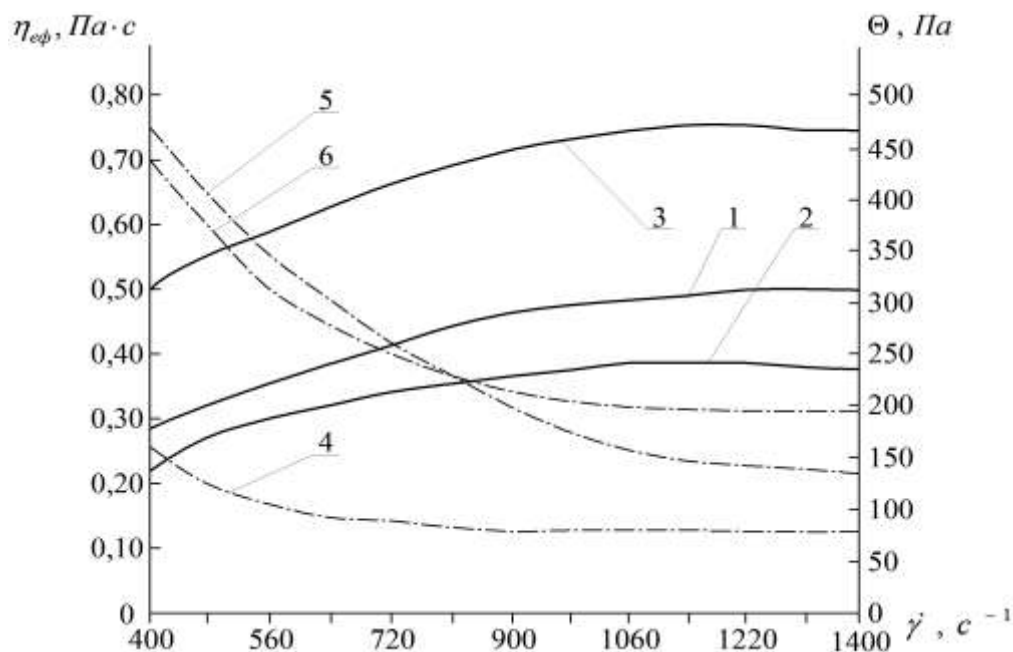
Криві в'язкості та напруги зсуву мають для паштету, отриманого за стандартною рецептурою, та для паштетів з додаванням пребіотичної суміші подібний вигляд, тобто з підвищенням градієнта швидкості в'язкість зменшується та стабілізується перед переходом в область руйнованої структури, значення напруги зсуву зростають. Отримані залежності дозволяють проаналізувати вплив рецептури паштетів на їхні реологічні характеристики. Паштет, виготовлений за стандартною рецептурою, має значно менші кількісні значення в'язкості та напруги зсуву.

У діапазоні швидкостей зсуву, який розглядався, на кривих течії можна виділити три ділянки. Перша ділянка (приблизно до 700 1/с) характеризується різким зменшенням кількісних значень в'язкості зі збільшенням градієнта швидкості зсуву, тобто відбувається часткове руйнування структури.

На цьому етапі кулеві пухирчики повітря змінюють свою форму, що полегшує рух шарів маси та призводить до зниження в'язкості.

Друга ділянка (від 700 до 1400 1/с) відрізняється значно меншими змінами в'язкості. Ділянкам плавного переходу відповідає поступово зростаюча кількість зруйнованих пухирчиків повітря.

На третій ділянці за швидкостей зсуву, які перевищують 1400 1/с, ефективна в'язкість стає постійною, що означає повне руйнування структури. Тобто паштетні маси, які досліджувалися мають стійку структуру, руйнування якої починається тільки після досягнення певної напруги зсуву.



Зразок	Закони течії	R^2
Стандартна технологія	$\theta^{\frac{1}{0,29}} = 142^{\frac{1}{0,29}} + (0,15 \cdot \dot{\gamma})^{\frac{1}{0,29}}$	0,96
10% суміші	$\theta^{\frac{1}{3,43}} = 127^{\frac{1}{3,43}} + (0,08 \cdot \dot{\gamma})^{\frac{1}{3,43}}$	0,99
15% суміші	$\theta^{\frac{1}{4,50}} = 102^{\frac{1}{4,50}} + (0,01 \cdot \dot{\gamma})^{\frac{1}{4,50}}$	0,98

- 1 – напруга зсуву зразка з додаванням пребіотичної суміші у кількості 10%;
 2 – напруга зсуву контрольного зразка;
 3 – напруга зсуву зразка з додаванням пребіотичної суміші у кількості 15%;
 4 – ефективна в'язкість контрольного зразка;
 5 – ефективна в'язкість зразка з додаванням пребіотичної суміші у кількості 10%;
 6 – ефективна в'язкість зразка з додаванням пребіотичної суміші у кількості 15%

Рисунок 1 – Криві зміни в'язкості та напруги зсуву та закони течії

Експериментальні дані показують, що реологічні характеристики залежать від рецептури паштетів, оскільки кількісні значення величин характеристик паштету, виготовленого за стандартною рецептурою, та паштетів з додаванням пребіотичної суміші суттєво відрізняються. Паштети, які містять пребіотичну суміш, мають за одного і того ж значення градієнта швидкості зсуву більші кількісні значення величин в'язкості та напруги зсуву. Коливання величини напруги зсуву достатньо значні, зі зростанням процентного вмісту пребіотичної суміші зростають кількісні значення цієї величини. Це свідчить про поліпшення здатності утримувати форму та міцність продукту.

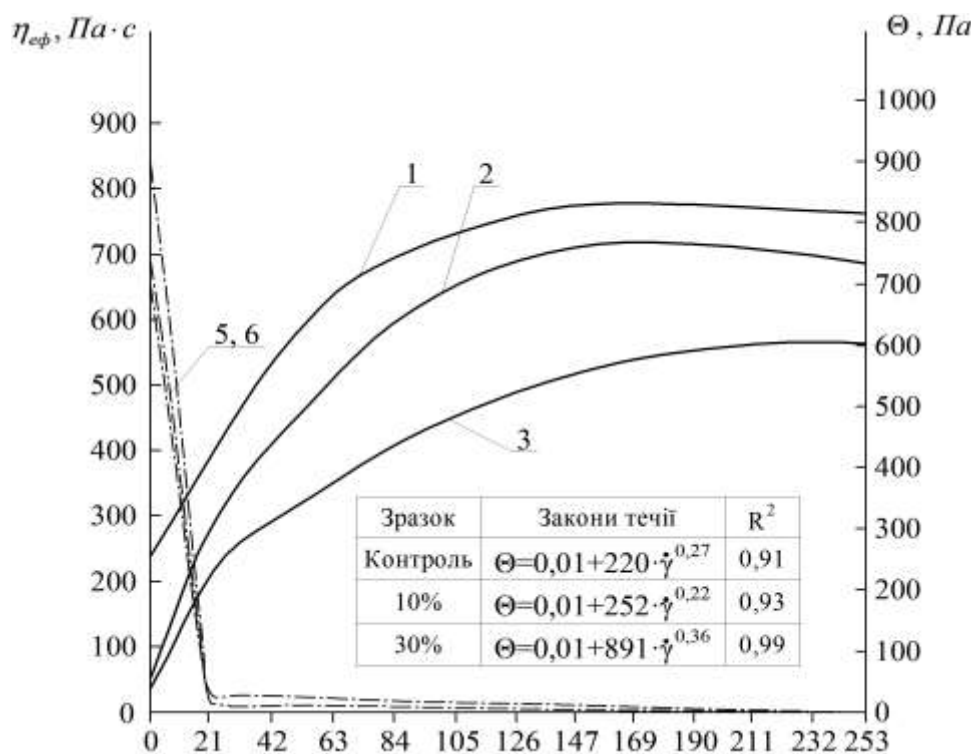
Проведені дослідження структурно-механічних характеристик м'ясних фаршів з додаванням напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза викликані необхідністю вивчення впливу додавань до рецептури м'ясних фаршів та їхньої концентрації на зміну структурно-механічних характеристик, а також наукове обґрунтування раціонального вмісту напівфабрикату у фарші [5].

М'ясний фарш є складною полідисперсною системою, в якій дисперсійним середовищем є водний розчин білків, низькомолекулярних органічних та неорганічних речовин, а дисперсійною фазою виступають часточки м'язової, сполучної та жирової тканини. Часточки у фарші сполучені між собою молекулярними силами зчеплення та утворюють суцільний просторовий каркас. Властивості м'ясного фаршу залежать від його складу, ступеня подрібнення, природи та концентрації розчинених у воді речовин, водозв'язувальної здатності компонентів та міцності зв'язку між дисперсними часточками.

Досліджувалися три зразки м'ясного фаршу з додаванням напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза: зразок № 1 (контрольний) – яловичина подрібнена на м'ясорубці; зразок № 2 – яловичий фарш з додаванням напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза у кількості 10%; зразок № 3 – яловичий фарш з додаванням напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза у кількості 30%.

Температура зразків становила 20°C та зберігалась постійною протягом експерименту. Вплив концентрації напівфабрикату на характеристики зсуву фаршу досліджено в інтервалі значень швидкостей зсуву до 260 с⁻¹.

На рисунку 2 зображені криві течії зразків, які досліджувалися, побудовані за даними експерименту, які мають аналогічний вигляд, характерний для в'язко-пластичних систем.



- 1 – напруга зсуву контрольного зразка;
- 2 – напруга зсуву зразку з додаванням напівфабрикату у кількості 10%;
- 3 – напруга зсуву зразку з додаванням напівфабрикату у кількості 30%;
- 4 – ефективна в'язкість контрольного зразка;
- 5, 6 – ефективна в'язкість зразків з додаванням напівфабрикату

Рисунок 2 – Криві течії зразків м'ясного фаршу з додаванням напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза



Фарші мають стійку структуру, оскільки її руйнування починається тільки після досягнення певної напруги. Для всіх зразків, які досліджувалися, криві залежності напруги зсуву від швидкості зсуву з високим коефіцієнтом кореляції апроксимуються функцією закону Гершеля-Балклі. Було встановлено, що за підвищення процентного вмісту напівфабрикату досягається найбільша текучість, оскільки ми одержали найменші значення в'язкості та напруги зсуву.

За умови підвищення швидкості зсуву в'язкість маси значна зменшується. Більш різке зниження відбувається за зміни швидкостей до 20 с^{-1} . У цьому діапазоні швидкостей в'язкість зменшується майже на 98% та спостерігається лінійна залежність в'язкості від швидкості зсуву. У результаті збільшення значень швидкості зсуву до 200 с^{-1} в'язкість спадає уповільнено та при перевищенні цієї швидкості залишається практично постійною, що свідчить про повне руйнування структури всіх зразків фаршу.

Додавання напівфабрикату чинить суттєвий вплив на напругу зсуву, зумовлює до зниження його значень. Наприклад, за швидкості зсуву 200 с^{-1} гранична напруга зсуву контрольного зразка $-\theta_0 = 828 \text{ Па}$, для зразка з додаванням 10% напівфабрикату $-\theta_0 = 776 \text{ Па}$, для зразка з додаванням 30% напівфабрикату $-\theta_0 = 624 \text{ Па}$, тобто за підвищення процентного вмісту напівфабрикату θ_0 зменшилося у 1,3 разу.

За додавання напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза відбувається підвищення відносної вологості сирого фаршу та змінюється форма зв'язку вологи.

Властивості фаршу залежать від співвідношення міцно- та слабкозв'язаної вологи. За збільшення кількості напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза в дослідних зразках частка слабко зв'язаної вологи зменшується, а сильно зв'язаної відповідно підвищується.

Підвищення вологості фаршу спричиняє потовщення рідинних прошарків дисперсного середовища між частками, зменшує концентрацію білків у розчині прошарків, знижуючи їхню в'язкість. Тому міцність структури та значення характеристик зсуву фаршу знижуються. Процес потовщення водних прошарків викликає зменшення міцності структури, значно гальмується зворотнім процесом – набуханням м'язових волокон, збільшенням їхньої поверхні та зв'язуванням вологи, який сприяє зростанню міцності. Сумарна дія цих процесів дає в результаті порівняно невелике зниження міцності структури фаршу.

Результати експериментальних досліджень свідчать, що додавання напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза в м'ясні фарші призводить до суттєвих змін їхнього структурного стану, змінюючи кількісні значення реологічних характеристик. Зниження механічної міцності та пружності призводить до підвищення ніжності та соковитості готового продукту.

Одним зі шляхів створення нових функціональних продуктів є комбінування вторинної молочної сировини, зокрема сколотин, із сировиною рослинного походження, що дозволяє одержувати продукти з високим вмістом тваринного білка, збагачені природними біологічно активними сполуками. Ґрунтуючись на даних, отриманих під час проведення експериментів, з урахуванням відомостей, що містяться в науково-технічній літературі, було розроблено технологію виробництва молочно-рослинних фаршів. В розроблених технологіях передбачено використання молочно-білкового концентрату зі сколотин (МБК) як основного компонента, а також введення до складу фаршів овочевих пюре, меланжу, борошна пшеничного, цукру. Для запобігання швидкого псування, а також з метою уповільнення росту мікроорганізмів молочно-рослинні фарші на основі МБК зі сколотин необхідно зберігати замороженими. Для забезпечення мікробіологічної безпеки молочно-рослинних фаршів з одночасним збереженням органолептичних властивостей встановлено, що оптимальним режимом є: температура зберігання -18°C , відносна вологість повітря – 80...85% [10].

Особливості технології, специфічність рецептурних складових та перспективи подальшого використання розроблених молочно-рослинних фаршів в технологіях харчової продукції визначили необхідність дослідження їхніх реологічних властивостей.

Необхідно було провести дослідження впливу овочевих пюре за додавання до МБК зі сколотин на реологічні властивості молочно – рослинних фаршів та отримання чисельних значень напруги зсуву та ефективної в'язкості процесу заморожування [9].

Об'єктами дослідження були 8 зразків напівфабрикату молочно-рослинних фаршів:

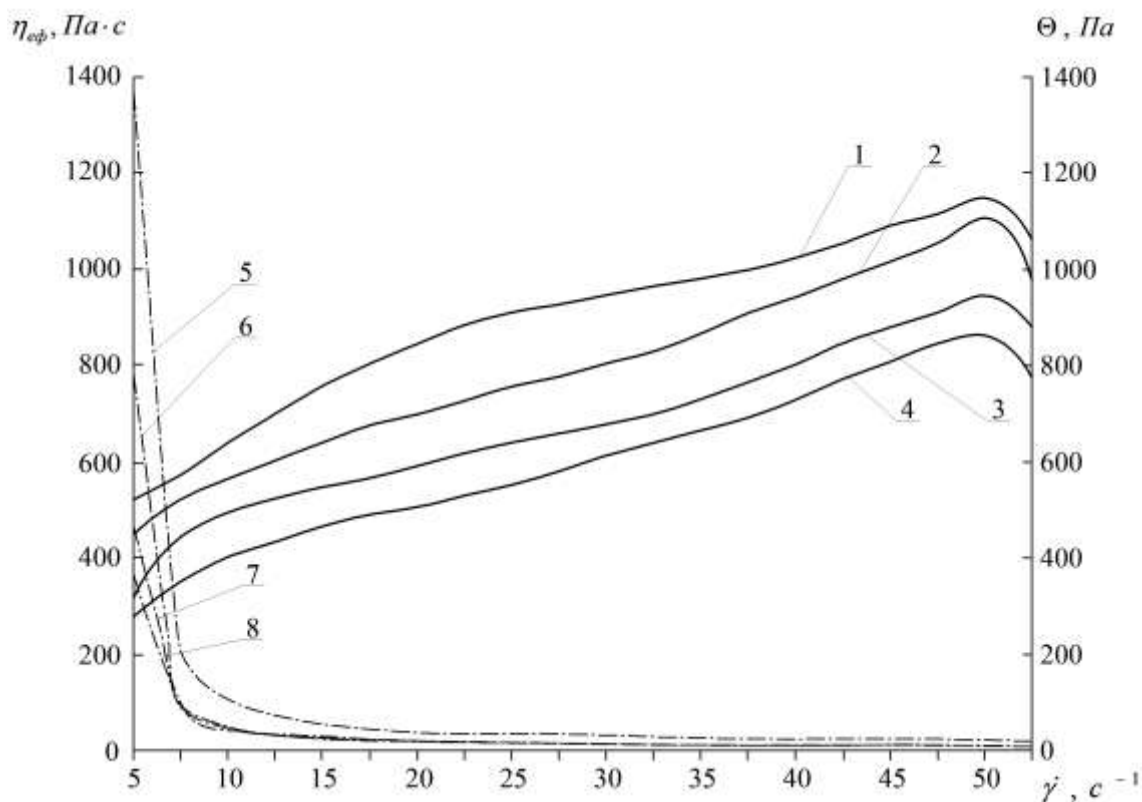
– зразки № 1, № 2 (контрольні): фарші з кислого сиру, які отримують за змішування протертого кислого сиру з яєчною масою і борошном у свіжому вигляді та після заморожування відповідно;

– зразки № 3, № 4 – молочно-гарбузовий фарш, отриманий шляхом додавання пюре з гарбуза у кількості 17% у свіжому вигляді та після заморожування відповідно;

– зразки № 5, № 6 – молочно-кабачковий фарш, отриманий шляхом додавання пюре з кабачка у кількості 17% у свіжому вигляді та після заморожування відповідно;

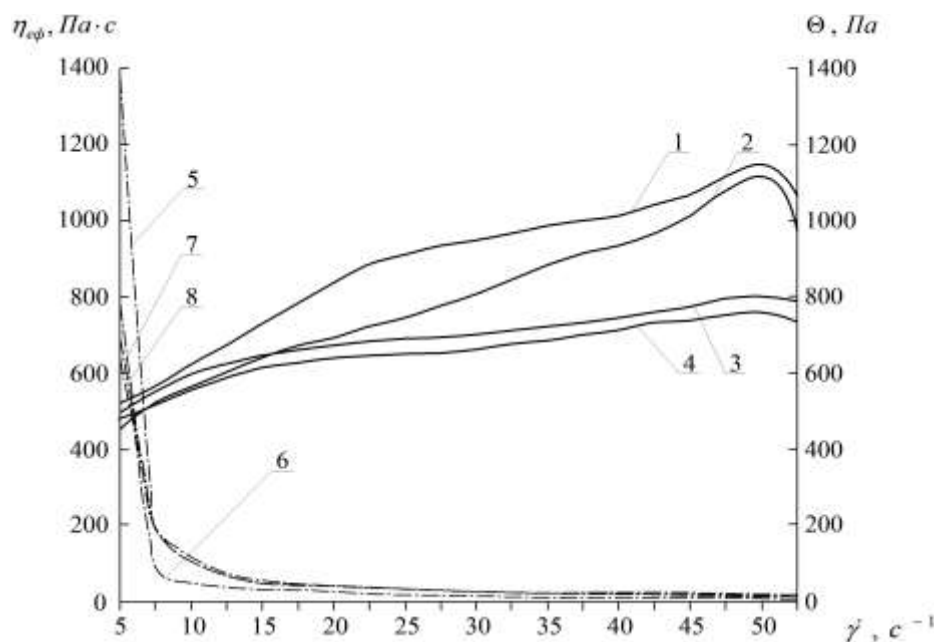
– зразки № 7, № 8 – молочно-морквяний фарш, отриманий шляхом додавання пюре з моркви у кількості 17% у свіжому вигляді та після заморожування відповідно.

На рисунках 3-5 зображено криві зміни в'язкості та напруги зсуву за часом виміру залежно від швидкості зсуву для всіх зразків, які досліджувалися, побудовані за даними експерименту.



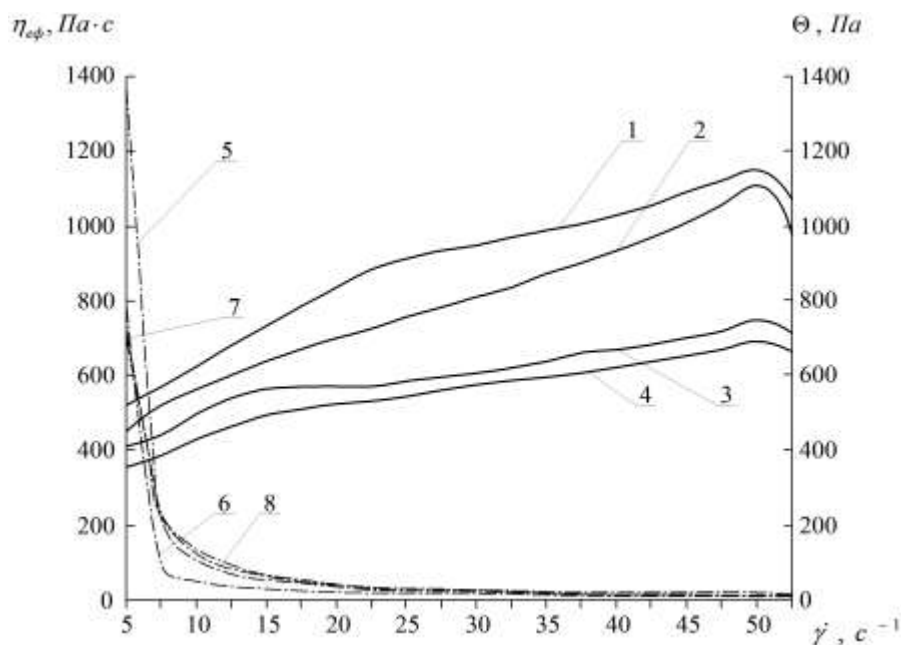
напруга зсуву: 1 – контрольного свіжого зразка; 2 – контрольного зразка після заморожування; 3 – молочно-гарбузового свіжого фаршу; 4 – молочно-гарбузового фаршу після заморожування; ефективна в'язкість: 5 – контрольного зразка після заморожування; 6 – контрольного свіжого зразка; 7 – молочно-гарбузового свіжого фаршу; 8 – в'язкість молочно-гарбузового фаршу після заморожування

Рисунок 3 – Криві зміни в'язкості та напруги зсуву для зразків № 1-4



напруга зсуву: 1 – контрольного свіжого зразка; 2 – контрольного зразка після заморожування; 3 – молочно-кабачкового свіжого фаршу; 4 – молочно-кабачкового фаршу після заморожування; ефективна в'язкість: 5 – контрольного зразка після заморожування; 6 – контрольного зразка; 7 – молочно-кабачкового свіжого фаршу; 8 – молочно-кабачкового фаршу після заморожування

Рисунок 4 – Криві зміни в'язкості та напруги зсуву для зразків № 1, 2, 5, 6



напруга зсуву: 1 – контрольного свіжого зразка; 2 – контрольного зразка після заморожування; 3 – молочно-морквяного свіжого фаршу; 4 – молочно-морквяного фаршу після заморожування; ефективна в'язкість: 5 – контрольного зразка після заморожування; 6 – свіжого контрольного зразка; 7 – молочно-морквяного свіжого фаршу; 8 – молочно-морквяного фаршу після заморожування

Рисунок 5 – Криві зміни в'язкості та напруги зсуву для зразків № 1, 2, 7, 8



Отримані графіки мають вигляд, характерний для в'язко-пластичних систем. Зміна рецептури фаршу як у свіжому фарші, так і після заморожування, не впливає на вид кривих, а впливає на кількісні значення отриманих величин.

З підвищенням градієнта швидкості в'язкість спадає та стабілізується перед переходом в область зруйнованої структури.

Значне спадання в'язкості відбувається за градієнту швидкості зсуву до 10 с^{-1} .

За збільшенні значень швидкості зсуву в'язкість спадає уповільнено. Руйнування структури відбувається при швидкості зсуву 50 с^{-1} .

Результати вимірів показали, що всі зразки мають стійку структуру, руйнування якої починається тільки після досягнення визначеної напруги.

Додавання овочевого пюре дещо знижує значення в'язкості за малих швидкостей зсуву. Вид овочевого пюре майже не впливає на значення в'язкості. В'язкість контрольного зразка після заморожування за швидкості зсуву 5 с^{-1} на 50% вища, ніж для свіжого фаршу для сирників.

Для зразків з додаванням овочевого пюре всіх типів, які розглядаються, заморожування практично не впливає на значення в'язкості.

Додавання овочевих пюре знижує кількісні значення напруги зсуву для всіх зразків у порівнянні з контрольним зразком, але вид овочевого пюре незначно впливає на коливання величини напруги зсуву. Заморожування також незначно знижує кількісні значення напруги зсуву незалежно від виду пюре.

Криві течії починаються не з початку координат, мають границю текучості, в'язкість є функцією швидкості зсуву, тобто вони мають вигляд, притаманний в'язко-пластичним продуктам.

Аналіз різноманітних законів, що враховують умови під час обробки результатів вимірювань, довів, що зміна напруги зсуву всіх зразків, які досліджувалися, описується законом Бінгама.

Обробка результатів експерименту дозволила отримати залежності ефективної в'язкості від швидкості зсуву:

$$\eta_{\Lambda\dot{\sigma}} = a + b\dot{\gamma} + c\dot{\gamma}^2, \quad (5)$$

де $\eta_{\Lambda\dot{\sigma}}$ – ефективна в'язкість;

$\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву;

a, b, c, d – емпіричні коефіцієнти.

Залежності зміни напруги зсуву та ефективної в'язкості від швидкості зсуву для всіх зразків наведено в таблиці 1.

Результати реологічних досліджень свідчать, що додавання овочевих пюре до молочно-білкового концентрату зі скотин призводить до змін структурного стану фаршів, змінюючи кількісні значення ефективної в'язкості та напруги зсуву та поліпшуючи структуру суміші.

Висновки. Таким чином, реологічні характеристики об'єктивно відображають технологічні та споживчі властивості напівфабрикатів та готових виробів, оскільки вони найбільш чутливі до технологічних та механічних змін внутрішньої структури продукту.

Під час створення принципово нових технологій отримання продуктів, які мають оздоровчий вплив на організм людини, важливим питанням є виявлення впливу компонентів, що додаються до продуктів, виготовлених за класичною технологією, на зміну структури нового продукту.



Таблиця 1 – Залежності зміни напруги зсуву та ефективної в'язкості від швидкості зсуву

Тип зразку		Закони течії	R^2	Закони змінення ефективної в'язкості від швидкості зсуву	R^2
Контрольний зразок	Свіжий	$\theta = 592,52 + 11,77\dot{\gamma}$	0,93	$\eta_{\dot{\gamma}} = 40,09 - 0,76\dot{\gamma} + 1533 \cdot 0,37^{\dot{\gamma}}$	0,99
	Після заморожування	$\theta = 497,67 + 11,70\dot{\gamma}$	0,97	$\eta_{\dot{\gamma}} = 18,28 + 13,72\dot{\gamma} + 347 \cdot 0,09^{\dot{\gamma}}$	0,96
Молочно-гарбузовий фарш	Свіжий	$\theta = 402,56 + 10,76\dot{\gamma}$	0,96	$\eta_{\dot{\gamma}} = 30,62 - 0,52\dot{\gamma} + 909 \cdot 0,42^{\dot{\gamma}}$	0,99
	Після заморожування	$\theta = 323,51 + 10,85\dot{\gamma}$	0,97	$\eta_{\dot{\gamma}} = 30,65 - 0,54\dot{\gamma} + 576 \cdot 0,49^{\dot{\gamma}}$	0,99
	Після заморожування	$\theta = 497,67 + 11,70\dot{\gamma}$	0,97	$\eta_{\dot{\gamma}} = 18,28 + 13,72\dot{\gamma} + 347 \cdot 0,09^{\dot{\gamma}}$	0,96
Молочно-кабачковий фарш	Свіжий	$\theta = 564,10 + 5,01\dot{\gamma}$	0,92	$\eta_{\dot{\gamma}} = 65,11 - 1,19\dot{\gamma} + 1087 \cdot 0,53^{\dot{\gamma}}$	0,99
	Після заморожування	$\theta = 533,36 + 4,77\dot{\gamma}$	0,92	$\eta_{\dot{\gamma}} = 63,72 - 1,17\dot{\gamma} + 971 \cdot 0,54^{\dot{\gamma}}$	0,99
	Після заморожування	$\theta = 497,67 + 11,70\dot{\gamma}$	0,97	$\eta_{\dot{\gamma}} = 18,28 + 13,72\dot{\gamma} + 347 \cdot 0,09^{\dot{\gamma}}$	0,96
Молочно-морквяний фарш	Свіжий	$\theta = 456,86 + 5,75\dot{\gamma}$	0,93	$\eta_{\dot{\gamma}} = 69,59 - 1,35\dot{\gamma} + 992 \cdot 0,57^{\dot{\gamma}}$	0,99
	Після заморожування	$\theta = 405,81 + 6,01\dot{\gamma}$	0,95	$\eta_{\dot{\gamma}} = 69,80 - 1,41\dot{\gamma} + 915 \cdot 0,61^{\dot{\gamma}}$	0,99

Базуючись на повних та точних експериментальних даних, отриманих з використанням високоякісного обладнання та наведених систематичним чином, нами отримані криві зміни ефективної в'язкості та напруги зсуву за часом виміру залежно від швидкості зсуву зразків, які досліджувалися, та закони їхньої течії.

Достатній збіг дослідних значень з теоретичними підтверджує можливість використання отриманих аналітичних залежностей для опису реологічних властивостей.

Наведені реологічні характеристики можуть бути об'єктивною характеристикою одного з показників якості (консистенції) продукту на всіх стадіях його виробництва.

М'ясо-молочні напівфабрикати, які виготовлені за новітніми технологіями з використанням пребіотичної суміші, напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза, овочевих пюре до МБК, маючи підвищену біологічну цінність, зберігали структуру в порівнянні з контрольними зразками, виготовленими за стандартною технологією. Додавання до рецептур напівфабрикатів, які ми досліджували, призводять до змін структурного стану, змінюючи кількісні значення реологічних характеристик та поліпшуючи структуру суміші.

Список літератури / References:

1. Косой В.Д. Инженерная реология в производстве колбас / В.Д. Косой, А.Д. Малышев, С.Б. Юдина. – М.: Колос, 2005. – 262 с.



- Kosoy, V.D., Malishev, A.D. and Yudina, S.B. (2005), Engineering rheology in the production of sausages, Moscow, Kolos, 262 p.
2. Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов / А.В. Горбатов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 383 с.
Gorbatov, A.V. (1979), Rheology of meat and dairy products, Moscow, Food Industry, 383 p.
3. Маслов А.М. Структурно-механические свойства молочных продуктов / А.М. Маслов, В.А. Березко. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1979. – 61 с.
Maslov, A.M. (1979), Structural-mechanical properties of dairy products, Leningrad, LTI named Lensoviet, 61 p.
4. Гницевич В.А. Определение свойств самбуков на основе белково-растительного полуфабриката из молочной сыворотки / В.А. Гницевич, И.Б. Левит, Н.А. Федотова, Д.С. Афенченко // Хранительна наука, техника и технологии 2010: Научні трудове. Том LVII, Світк 1, 2010. – С. 97-102.
Gnitsevich, V.A., Levit, I.B., Fedotova, N. and Afenchenko, D.S. (2010), Defining of sambuca properties based on vegetable protein from semifinished whey [Science, engineering and technology in 2010 year: the scientific labor], Vol. LVII, Svitek 1, pp.97-102.
5. Гницевич В.А. Визначення структурно-механічних характеристик м'ясних фаршів при додаванні напівфабрикату на основі печериць та насіння гарбуза / В.А. Гницевич, І.Б. Левіт, Н.С. Чехова // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. – 2012. – Вип. 1(15). – С. 247-253.
Gnitsevich, V.A., Levit, I.B., Chekhov, N.S. and Gnitsevich, V.A. (2012), Determination of structural and mechanical characteristics of ground beef by adding intermediate product from mushroom and pumpkin seeds [Modern trends of technology and mechanization of processing and food industries], Vol. 1 (15), pp. 247-253.
6. Стиборовский С.Э. Влияние пребиотической смеси на органолептические и реологические показатели качества печеночных паштетов / С.Э. Стиборовский, И.Б. Левит, С.К. Ильдинова, Ю.В. Османова // Хранительна наука, техника и технологии 2010: Научні трудове. Том LVII, Світк 1, 2010. – С. 109-114.
Stiborovsky, S.E., Levit, I.B., Ildirova, S.K. and Osmanova, Y.V. (2010), Effect of prebiotic mixture on the organoleptic and rheological quality of liver pâté [Science, engineering and technology in 2010 year: the scientific labor], Vol. LVII, Svitek 1, pp. 109-114.
7. Стиборовський С.Е. Дослідження властивостей печінкових мас при додаванні пребіотичної суміші / С.Е. Стиборовський, І.Б. Левіт, Ю.В. Османова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2010. – Вип. 1(11). – С.91-97.
Stiborovsky, S.E., Levit, I.B. and Osmanova, Y.V. (2010), Studying the properties of hepatic masses by adding prebiotic mixture [Progressive technique and technology of food production and restaurant industry trade], Vol. 1 (11), pp. 91-97.
8. Стиборовський С.Е. Визначення реологічних показників печінкової маси пребіотичної дії / С.Е. Стиборовський, І.Б. Левіт, С.К. Ільдирова, Ю.В. Османова, Д.С. Афенченко // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2010. – С. 229-236.
Stiborovsky, S.E., Levit, I.B., Ildirova, S.K., Osmanova, Y.V. and Afenchenko, D.S. (2010), Determination of rheological parameters of prebiotic action hepatic masses [Equipment and technology of food production], pp. 229-236.
9. Юдіна Т.І. Дослідження структурно-механічних властивостей молочно-рослинних фаршів / Т.І. Юдіна, І.Б. Левіт, Д.С. Афенченко, І.А. Назаренко // Наукові праці Одеської нац. акад. харч. технол. – 2012. – Вип. 42. – Том 2. – С. 64-69.



- Yudina, T.I., Levit, I.B., Afenchenko, D.S. and Nazarenko, I.A. (2012), Investigation of structural-mechanical properties of milk-plant ground meat [Proceedings of the Odessa National. Acad. Food. Technol.], Odessa, Vol. 42, Vol. 2, pp. 64-69.
10. Юдіна Т.І. Молочно-рослинні фарші функціонального призначення / Т.І. Юдіна, І.А. Назаренко // Вісник ДонНУЕТ. Сер.: Техн. науки. – 2012. – № 1 (53) – С. 166-172.
- Yudina, T.I. and Nazarenko, I.A. (2012), Functionality dairy plant forcemeat [DonNUET Gerald. August.: Techno. science], No. 1 (53), pp. 166-172.

Цель статьи – обобщение результатов проведенного комплекса структурно-механических исследований для определения влияния растительного сырья на структуру мясо-молочных полуфабрикатов, подтверждающих, что реологические характеристики сдвига наиболее полно отображают технологические и потребительские свойства полуфабрикатов и объективны для контроля консистенции изделий.

Методика. Объектами экспериментальных исследований были полуфабрикаты печеночной пащетной массы с добавлением пребиотической смеси, содержащей корень цикория и топинамбур; мясные фарши с добавлением полуфабриката на основе шампиньонов и семян тыквы; молочно – растительные фарши с добавлением овощных пюре в молочно-белковый концентрат из пахты.

Методика исследований заключалась в получении экспериментальных кривых зависимости напряжения сдвига и вязкости смесей от скорости сдвига, их анализе и обобщении. Исследования проведены в проблемной научно-исследовательской лаборатории кафедры общинженерных дисциплин ДонНУЭТ. Для определения реологических показателей использовали ротационный вискозиметр Rheotest RN4.1.

Результаты. Экспериментальные данные показывают, что добавление растительного сырья в мясо-молочные фарши влияет на их структуру в сравнении с аналогичными полуфабрикатами, изготовленными по стандартной рецептуре. Пащеты, содержащие пребиотическую смесь, имеют большие количественные значения величин вязкости и напряжения сдвига, что свидетельствует об улучшении формоудерживающей способности. При добавлении полуфабриката на основе шампиньонов и семян тыквы, значения характеристик сдвига мясного фарша уменьшаются, что приводит к увеличению нежности и сочности продукта. Добавление овощных пюре в молочно-белковый концентрат из пахты улучшает структуру смеси. Вид пюре и замораживание незначительно влияет на реологические характеристики.

Научная новизна. Основываясь на экспериментальных данных, получены законы вязкопластического течения исследуемых образцов, свидетельствующие, что добавление растительного сырья в мясо-молочные полуфабрикаты, не разрушает их структуру в сравнении с контрольными образцами, изготовленными по стандартной технологии.

Практическая значимость. При разработке принципиально новых технологий создания продуктов необходимо учитывать влияние добавляемых компонентов на структуру получаемого продукта, для чего необходимы реологические исследования.

Ключевые слова. Мясо-молочные полуфабрикаты, реологические исследования, структурно-механические характеристики, законы течения, структура смеси, напряжение сдвига, вязкость.

Objective of the article – generalization of results of conduct complex structural and mechanical studies to determine the effects of plant material on the structure of food-producing semi-finished products, confirming that the rheological characteristics of the shift more fully reflect the technological and consumer properties of semi-finished products and objective to monitor the consistency of products.

Methods. Object of experimental studies was paste hepatic mass with added prebiotic mixture containing chicory root and Jerusalem artichokes, minced meat with the addition of semi-finished products based on mushrooms and pumpkin seeds, milk-vegetable stuffing, with the addition of vegetable purees in the milk-protein concentrate from buttermilk.



Research method was in obtaining experimental curves of shear stress and viscosity of the shear rate, its analysis and synthesis. Studies conducted in problem research laboratory of the DonNUET department of general engineering disciplines. To determine the rheological parameters there was used rotational viscometer Rheotest RN4.1.

Results. Experimental data shows that the addition of plant material in the meat and milk of forcemeat affects their structure in comparison with the same semi-finished products manufactured by standard formula. Pastes containing prebiotic mixture have large quantitative values of viscosity and shear stress, which indicates an improvement of indicated form ability. When adding a semi-finished product based on mushrooms and pumpkin seeds, property values shift ground beef decreases, which increase the tenderness and juiciness of the product. Adding vegetable puree into milk-protein concentrate improves the texture of buttermilk mixture. Puree view and freeze little effects on the rheological properties.

Scientific novelty. On the basis of experimental data there were obtained the laws of viscoplastic flow of the samples, indicating that the addition of plant material in the meat and dairy semi-finished products, does not destroy the structure in the comparison of the samples prepared by the standard technology.

Practical value. In the development of innovative product creation technologies it is necessary to consider the effects of added components on the resulting product structure, which requires the rheological studies.

Key words. Semi-finished meat and dairy, rheological studies, structural and mechanical properties, flow law, structure of mixture, shear stress, viscosity.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. Погожих М.І. Дата надходження рукопису 23.09.2013 р.



... Конечно, знание без умения не имеет значения, так же как всякая теория получает свое значение в конце концов лишь благодаря ее применению. Но теория никогда не должна заменяться простым умением, которое будет беспомощным перед лицом необычных фактов

Планк

Сближение теории с практикой дает самые благоприятные результаты, и не одна только практика от этого выигрывает, сами науки развиваются под влиянием ее: она открывает им новые предметы для исследования или новые стороны в предметах давно известных

П.А. Чебышев

