



2022

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Т о м 28 №. 4

*Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
видається з 1938 року*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2022

THE INFLUENCE OF XANTHAN ON THE STRUCTURAL AND VISCOUS CHARACTERISTICS OF FRUIT AND VEGETABLE PUREE

O. Tochkova, I. Baklan, O. Bessarab

National University of Food Technologies

Key words:

Plums
Apples
Polysaccharide
Xanthan
baby food
Viscosity

Article history:

Received 08.07.2022
Received in revised form
20.07.2022
Accepted 12.08.2022

Corresponding author:

O. Tochkova
E-mail:
oksanatochkova063
@gmail.com

ABSTRACT

The features of Ukraine's geographical location and soil-climate zone make it one of the leading countries in terms of the development of the agrarian and industrial complex. The production capacity of the state can provide 65% of the population's need for canned fruit and vegetables.

The production of canned food for children is the main condition for the development of children and the formation of a healthy generation. The production of canned food provides year-round balanced nutrition for children of all age categories.

According to health care specialists, about 70% of children under one year need artificial and mixed nutrition. Therefore, along with other types of canned goods, products intended for children are being distributed. Consumption of canned goods enriched with pectins, vitamins, micro- and macroelements reduces the accumulation of radionuclides, normalizes digestion.

In the process of developing the technology for obtaining a new product, a number of studies were conducted, the best technological conditions were selected for the production of the highest quality product from apples and dried plums, with increased biological value and high organoleptic indicators.

Xanthan, a polysaccharide of natural origin, was added to the ready puree of apples and dried plums. The amount of added xanthan is 0.1%; 0.3%; 0.7% to the mass of puree at a temperature from 30 °C to 60 °C with step of 10 °C

Experimental studies of apple puree and dried plum indicators, in particular rheological indicators, were carried out on the Rheotest RV2.1, where the dependence of the wheel speed on the applied force was established. The structural and viscous changes which occurred in the apple-plum puree under the action of the applied force were determined. The content of dry substances and acidity were studied.

It was found that the best quality characteristics were obtained for the sample with the introduction of xanthan 0.1% to the puree mass at a temperature of 30—40 °C.

ВПЛИВ КСАНТАНУ НА СТРУКТУРНО-В'ЯЗКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОДОВО-ОВОЧЕВОГО ПЮРЕ

О. В. Точкова, І. О. Баклан, О. С. Бессараб

Національний університет харчових технологій

Завдяки особливостям географічного положення та ґрунтового-кліматичної зони Україна є однією з провідних держав за розвитком аграрно-промислового комплексу. Виробничі потужності нашої держави можуть забезпечувати потребу населення у плодовоовочевих консервах на 65%.

Виробництво консервів дитячого харчування — це основна умова розвитку дітей та формування здорового покоління. Виробництво консервів забезпечує цілорічне збалансоване харчування дітей усіх вікових категорій.

За даними спеціалістів охорони здоров'я, близько 70% дітей до одного року потребують штучного та змішаного харчування, тому поряд з іншими видами консервів розповсюдження набувають продукти для дитячого призначення. Вживання консервів, збагачених пектинами, вітамінами, мікро- та макроелементами, знижує накопичення радіонуклідів, нормалізує травлення.

У процесі розроблення технології отримання нового продукту було проведено ряд досліджень, вибрано найкращі технологічні умови для виробництва максимально якісного продукту з яблук і сушених слив, підвищеної біологічної цінності та високими органолептичними показниками.

У готове пюре з яблук та сушених слив вносили полісахарид природного походження ксантан. Кількість внесеного ксантану становила 0,1%, 0,3% та 0,7% до маси пюре при температурі від 30 °С до 60 °С з кроком 10 °С.

Експериментальні дослідження показників пюре з яблук і сушених слив, зокрема реологічних показників, проводили на реотесті RheotestRV2.1, де встановлювали залежність колової швидкості від прикладеного зусилля. Визначали структурно-в'язкісні зміни, що відбувались у яблучно-сливовому пюре під дією прикладеного зусилля. Досліджували вміст сухих речовин і кислотність. Встановили, що найкращі якісні характеристики отримали для зразка з внесенням ксантану 0,1% до маси пюре при температурі 30—40 °С.

Ключові слова: сливи, яблука, полісахарид, ксантан, дитяче харчування, в'язкість.

Постановка проблеми. Безпечне дитяче харчування стає все більш актуальною і нагальною потребою сьогодення. Продукти дитячого харчування — це продукція, до якої висуваються підвищені вимоги (Осокіна, 2005) порівняно з іншими видами харчової сировини. Вони повинні задовольняти потреби зростаючого організму в енергії, мікро- та макроелементах, вітамінах на всіх етапах його розвитку.

Консервовані харчові продукти дають змогу скоротити витрати праці та часу на приготування їжі в домашніх умовах (Хилевич, & Сеньков, 2002), урізноманітнити меню і забезпечити безперервне споживання продуктів протягом року

із сировини, що росте лише в теплий період року, тобто з овочів і плодів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Продукти дитячого харчування — це особлива категорія, що потребує особливих вимог до сировини (Скалецька, 2007; Qasem, Fenton, & Friel, 2015; Fewtrell, Bronsky, & Lapillonne, 2017) при створенні дитячого харчування. Передусім під час приготування дитячого харчування потрібно дотримуватися необхідної консистенції. Так, для дітей до семи місяців готують виключно напіврідкі пюре. З восьми місяців — консистенція їжі повинна бути гущішою, крім пюре можна давати трошки твердих продуктів. Важливе місце у прикормі малюка (Birch, Savage, & Ventura, 2007) займають фруктові та овочеві соки і пюре. Адже саме через них (Rapson, Hurst & Conlon, 2021) малюк вперше куштує фрукти, овочі та ягоди. Розроблено великий асортимент найменувань консервів для дитячого харчування на основі плодовоовочевої сировини.

Фруктові пюре, на відміну від соків, це вже не рідина, а гущіша їжа, хоча ще й не вимагає пережовування. Як і стосовно фруктових соків, автори стверджують (Мусивов, 2007), що найбільш доцільно використовувати в харчуванні дітей першого року життя консервовані фруктові пюре промислового випуску. Близько року дитина вже повинна вміти пережовувати досить великі шматочки їжі (Skinner, Carruth, Wendy, & Ziegler, 2002), але все ж таки пюре має складати основу її меню. До півторарічного віку страви все ще подрібнюють, але вже не настільки, як раніше. Не слід надто довго тримати дитину на м'якій їжі — вона і її організм можуть звикнути і внаслідок цього відмовиться перетравлювати тверду їжу.

Економічна ситуація показує (Найченко, & Осадчий, 2007), що натепер створення нової вітчизняної торговельної марки є дуже складним завданням — існує великий ряд обмежень і при цьому ринок непривабливий для інвесторів. Однак, з іншого боку, ринок насичений недостатньо і має перспективи зростання. Крім того, на продукцію існує досить сталий попит, який теж може зрости при належній політиці просування.

Усе дитяче харчування, що продається в наших магазинах і в аптеках, проходить суворий контроль і можна бути абсолютно впевненим у його високій якості.

У праці (Токар, Харченко, & Войцехівський, 2020) досліджено фізико-хімічні властивості овочево-фруктових пюре з плодів гарбуза, моркви, аличі та волоських горіхів.

Також створено консерви для дитячого та дієтичного харчування (патент 68283 «Консерви для дитячого та дієтичного харчування»), до складу якого додатково входить грибний компонент при такому співвідношенні інгредієнтів, мас. %: овочевий компонент 60,0—65,0 зерновий компонент 35,0—40,0 біомаса гриба *Lentinusedodes* та/або *Ganoderma lucidum* 1,0—3,0. Як овочевий компонент можуть бути використані пюре моркви, броколі, гарбуза, суміш пюре моркви та кабачків, суміш пюре моркви, броколі або цвітної капусти, картоплі та кабачків. Як зерновий компонент використовується борошно рису або пшениці, кукурудзяний крохмаль.

Запропоновано спосіб отримання живильної суміші для дитячого харчування, що включає змішування жиро-, білково- і вуглеводмістких харчових продуктів,

що використовуються для дитячого і дієтичного харчування, з водою і гомогенізацію отриманої суміші, яка відрізняється тим, що перед змішуванням харчові продукти висушують і дроблять, як білкововмісні харчові продукти використовують шпинат, салат і амарант, а змішування з водою здійснюють безпосередньо перед вживанням (патент 2136171C1 «Спосіб отримання харчового білково-вітамінного продукту із зелених рослин»).

Пропонований спосіб дає змогу отримувати широкий спектр сухих живильних сумішей для дитячого харчування, збалансованих за складом білків, жирів і вуглеводів, які містять необхідні вітаміни і мікроелементи, за спрощеною технологією, що не вимагає введення вітамінних препаратів і консервантів з терміном зберігання більше року, що не чинять корозійної дії на устаткування в процесі приготування, який може служити заміником молока в раціоні дітей, не сприйнятливих до білків і жирів тваринного походження.

Також запропоновано спосіб виробництва плодово-ягідного пюре для дитячого та дієтичного харчування (патент 2258437C2 «Спосіб отримання плодово-ягідного пюре для дитячого і дієтичного харчування»). Дослідження полягають у додаванні в пюре топінамбура в кількості 50—75% від загальної маси як підсолоджувача для пюреподібних консервів дитячого і дієтичного харчування. Метою дослідження є здешевлення процесу виробництва пюреподібних дитячих і дієтичних консервів на основі кислотної фруктової сировини, підвищення їх якості і розширення сфери застосування.

У працях (Фесун, 2021; Івахно, & Козярін, 2019) проаналізовано використання харчових добавок у продуктах дитячого харчування, зокрема широко висвітлюються регулятори консистенції, що застосовуються для зміни фізико-хімічних властивостей напівфабрикатів і створення необхідних реологічних властивостей готових продуктів. Застосування гідроколоїдів у харчовій промисловості покращує властивості готових продуктів харчування з точки зору користі для здоров'я. Сучасне життя і нові технології оброблення харчових продуктів призвели до попиту на продукції з високим вмістом харчових волокон і низьким вмістом жиру. Це й викликало підвищений попит на гідроколоїди.

У праці (Phillips, & Williams, 2006) досліджено, що концентрація полісахаридів в продуктах не перевищує 1%, але вони впливають на текстурні й органолептичні властивості сировини

Камедь ксантану — зовнішньоклітинний гетерополісахарид, отриманий у результаті специфічного процесу бродіння бактерій роду *Xanthomonascampestris* (Фесун, 2021). Кожна молекула камеді ксантану складається з повторюваних фрагментів, які включають п'ять залишків: два залишки глюкози, два — манози та один — галактуронової кислоти. Розчини камеді ксантану є високопластичними. При зростанні дотичної напруги їх в'язкість зменшується, а після зняття зусилля початкова в'язкість відновлюється практично миттєво. Така поведінка може бути результатом формування молекулярних агрегатів через водневі зв'язки та утворення складного просторового каркаса. Прикладання напруги призводить до руйнування цієї структури та вирівнювання молекул за напрямком дії сили. Проте при знятті зусиль структура швидко відновлює форму, що є характерним для тиксотропної поведінки колоїдних розчинів.

Ксантанова камедь залишається одним із найефективних та універсальних

модифікаторів і стабілізаторів, що є на ринку. Застосування камеді ксантану в харчовій промисловості зумовлене її унікальними фізико-хімічними властивостями. Особлива псевдопластична реологія, теплова і кислотна стабільність, високий ступінь в'язкості та висока розчинність у водному середовищі забезпечують широке використання камеді ксантану як багатоцільового стабілізатора, загущувача та допоміжного матеріалу в процесі виробництва. Поряд з високою агрегативною стійкістю як колоїдного розчину, для цього продукту характерна незвичайна стійкість до інтенсивної механічної і теплової дії та дії ферментів. Камедь ксантану характеризується довготривалою стабільністю навіть в умовах високої кислотності середовища та при великій концентрації солей.

Встановлено, що камедь ксантану виявляє синергетичну взаємодію з галактомананами. Це проявляється у підвищенні в'язкості розчинів. Типовими представниками галактомананів є камеді гуару та рожкового дерева.

Незважаючи на широке використання полісахаридів у харчовій промисловості, (Sworn, 2009; Tochkova, Gagan, & Melnyk, 2021), особливості їхньої дії як стабілізаторів та згущувачів ще недостатньо вивчені. Знання механізму структуруючої дії цих речовин, характеру взаємодії з іншими компонентами складних речовинних сумішей дасть змогу цілеспрямовано впливати на якість готових продуктів і створювати сучасні екологічно безпечні та високоєфективні харчові технології.

Запропонований полісахарид ксантану — цеклітинний гетерополісахарид, отриманий у результаті процесу бродіння бактерій. Встановлено, що камедь ксантану (глей) виявляє синергетичну взаємодію з галактогананами. Це проявляється у підвищенні в'язкості розчинів, що є важливим у виробництві пюре.

Ксантанова камедь залишається одним із найбільш ефективних і універсальних згущувачів, гелеутворювачів і стабілізаторів, що є на ринку. Застосування камеді ксантану (Sworn, 2009) у харчовій промисловості зумовлене її унікальними фізико-хімічними властивостями. Вона добре розчинна у холодній і гарячій воді, молоці, солі та цукрі. Молекули ксантану адсорбують воду з утворенням тривимірної сітки з подвійних спіралей ксантану, що за структурою близький з гелем, але відрізняється меншою в'язкістю. Камедь ксантану виявляє довготривалу стабільність навіть в умовах високої кислотності середовища та при великій концентрації солей.

Незважаючи на широке використання ксантану, зокрема в дитячому харчуванні, особливості його дії як стабілізатора та загущувача, ще не досить вивчені. Ксантан має нульовий рівень безпеки. Тому його рекомендується використовувати для дитячого та дієтичного харчування.

Яблуна — одна з найпоширеніших плодових культур земної кулі. Обробляється вона на загальній площі понад 5 млн га, у тому числі в нашій країні на площі близько 3 млн га. Світове виробництво плодів цієї важливої промислової культури становить (Найченко, & Осадчий, 2007), залежно від врожайності року — 21—25 млн тонн. В Україні щорічні збори яблук складають 6 млн тонн. Настільки широке поширення яблуні пояснюється її цінними біолого-виробничими ознаками: транспортабельністю і лежкістю плодів, високою врожайністю, десертними якостями плодів і задовільною зимостійкістю.

Слива є однією з найбільш поширених кісточкових культур. Більшість сортів

домашньої сливи, (Личко, 2008; Ялпачик, & Доштин, 2003) особливо ренклоди й угорки, відзначаються виключно високими смаковими якістьми. Сливи чинять ніжну послаблюючу дію на кишківник, тому рекомендується для очищення при запальних проявах кишківника У плодах містяться цінні для людини цукри, органічні кислоти, азотисті речовини, вітаміни тощо. Рід сливи нараховує близько 35 видів, але в культурі поширені тільки слива домашня (алича), сливка китайська, терен, слива американська, слива усурійська, слива канадська, слива вузьколиста, американська садова слива, слива гусина, сливка Сімона. Як і інші плоди, що містять пектини, сливи сприяють виведенню з організму радіоактивних речовин.

Метою статті є дослідження поре дитячого харчування з яблук і сушених слив з підвищеним вмістом біологічно активних речовин та вплив на нього полісахариду ксантану з метою покращення структурно-в'язкісних характеристик, фізико-хімічних, органолептичних показників для удосконалення рецептури поре.

Матеріали і методи. Для досліджень був обраний полісахарид ксантан, що впливає на фізико-хімічні властивості поре та формування пружно- і в'язко-пластичних властивостей. Співвідношення з іншими рецептурними інгредієнтами створює нові структурні властивості поре.

Вміст сухих речовин у сировині — яблуках і сливах, визначали за допомогою рефрактометричного методу (Дубініна та ін., 2010). Титровану кислотність визначали за допомогою метричної бюретки; активну кислотність — за допомогою рН-метра (Дубініна та ін., 2010).

Визначення реологічних властивостей поре проводили на реотесті Rheotest RV2.1 згідно з інструкцією (Інструкція з експлуатації Rheotest RV2.1, 1990).

Очищені та подрібнені яблука бланшували 15—25 хв у киплячій воді для розм'якшення і полегшення подальших операцій. Сливи сушені мили та бланшували для розм'якшення 20—30 хв, після чого всю сировину протирали до поре-подібного стану.

Викладення основних результатів дослідження. Аналізуючи отримані показники, можна стверджувати, що свіжі яблука та сливи сушені повністю відповідають вимогам стандарту (ДСТУ 2849-94 Яблука свіжі; ДСТУ 2435:2007 Сливи сушені) для отримання високоякісного продукту.

Таблиця 1. Органолептичні показники яблук і слив сушеної

Показник	Характеристика	
	Яблука	Слива сушена
Зовнішній вигляд	Фрукти свіжі, цілі, здорові, чисті, без пошкоджень сільськогосподарськими шкідниками, без надлишкової зовнішньої вологи, не тріснуті	Зморщені плоди
Колір	Темно-червоний	Темно-синій
Смак і запах	Не має стороннього запаху та смаку	Не має стороннього запаху та смаку

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники яблук і сливи сушеної

Показники	Яблука	Слива
Вміст сухих речовин за рефрактометром, %	9	12
pH	4,2	4,6
Загальна кислотність, %	0,3—0,6	0,2—0,5

У процесі розробки нового продукту було проведено ряд досліджень, які дали змогу вибрати найкращі рецептурні умови для виробництва максимально якісного продукту.

Рецептура приготування пюре згідно з технологічними інструкціями (Технологічні інструкції, 1990) наведена в табл. 3. У табл. 4 наведена рецептура пюре з додаванням полісахариду ксантану.

Таблиця 3. Рецептура виготовлення пюре для дитячого харчування на 100 г

Сировина і матеріали	Рецептура, г/100 гр
Яблука	488
Сливи	400
Цукор	75
Лимонна кислота	15

Для покращення органолептичних, якісних показників пюре з яблук і сушених слив додавали природний полісахарид ксантан. Кількість ксантану становила 0,1 %, 0,3 % та 0,7 % до маси пюре при $t = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 40, 50 та 60 $^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 4. Рецептура виготовлення пюре для дитячого харчування з додаванням ксантану на 100 г

Показники	T = 30 $^{\circ}\text{C}$		T = 40 $^{\circ}\text{C}$		T = 50 $^{\circ}\text{C}$		T = 60 $^{\circ}\text{C}$		Консистенція
	CP, %	pH	CP, %	pH	CP, %	pH	CP, %	pH	
Пюре з яблук і слив сушених (контрольний зразок)	18	4,67	18	4,78	18	4,8	18	4,85	М'яка структура
Пюре + 0,1 % ксантану до маси пюре	20	4,88	21,7	4,89	24,4	4,87	25	4,9	В'язка
Пюре + 0,2 % ксантану до маси пюре	22	4,92	24	5,01	24	4,92	24	4,89	В'язка
Пюре + 0,3 % ксантану до маси пюре	23,7	4,88	23	4,92	25	4,90	25	4,92	В'язка

Аналізуючи табл. 4, бачимо, що із додаванням полісахариду ксантану вміст CP збільшується, структура пюре стає більш в'язкою. При внесенні 0,1% ксантану до маси пюре вміст CP збільшився на 11%, при додаванні 0,3% — на 33%, при внесенні 0,7% — підвищився на 39%, якщо порівняти з контрольним зразком. Тобто чим більшу кількість полісахариду вносимо в пюре, тим вищі значення CP.

Значення рН залишаються стабільними, змінюються лише в межах похибки.

Для дослідження якісних показників пюре із яблук та сушених слив, зокрема реологічних властивостей, проводили дослідження на реотесті Rheotest RV2.1, де встановлювали залежність колової швидкості від прикладеного зусилля.

Графіки залежності колової швидкості від прикладеного зсувного зусилля при $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ наведені на рис. 2—6.

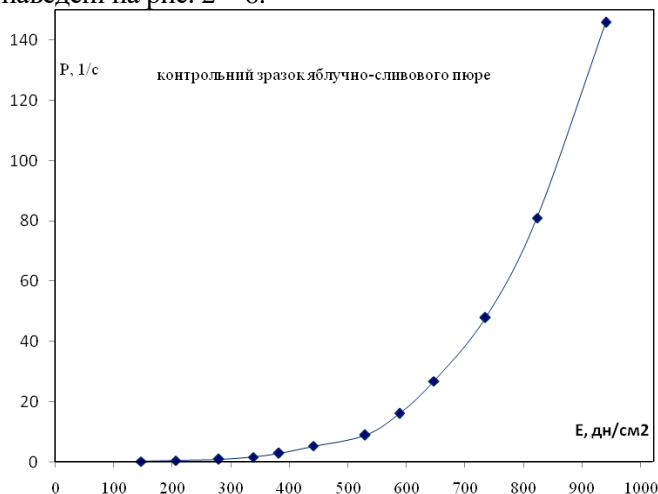


Рис. 1. Залежність колової швидкості Р (1/с) від прикладеного зсувного зусилля Е (дН/см²), контрольний зразок яблучно-сливового пюре

Представлена на рис. 1 залежність колової швидкості від прикладеного зусилля яблучно-сливового пюре показує руйнування незруйнованої структури й утворення нової, що відбувається згідно з рівнянням ньютонівської рідини, тобто лінійної залежності зсувного зусилля і колової швидкості.

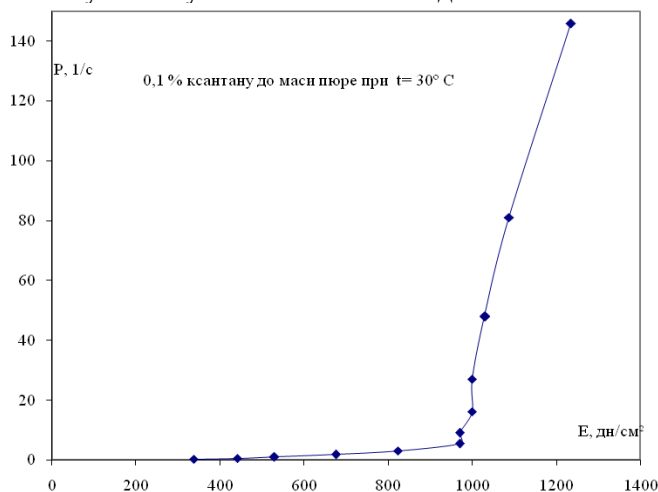


Рис. 2. Залежність колової швидкості Р (1/с) від прикладеного зсувного зусилля Е (дН/см²), 0,1% ксантану до маси пюре, внесеного при $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

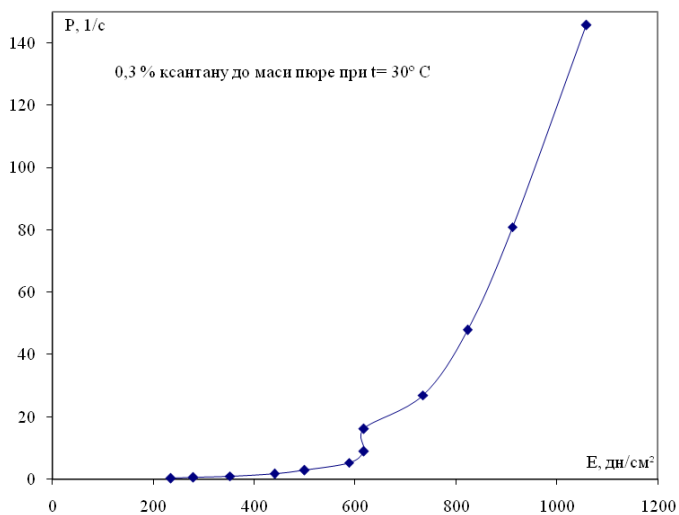


Рис. 3. Залежність кулової швидкості P (1/с) від прикладеного зсувного зусилля E (дн/см²), 0,3% ксантану до маси пюре, внесеного при $t = 30^{\circ} \text{C}$

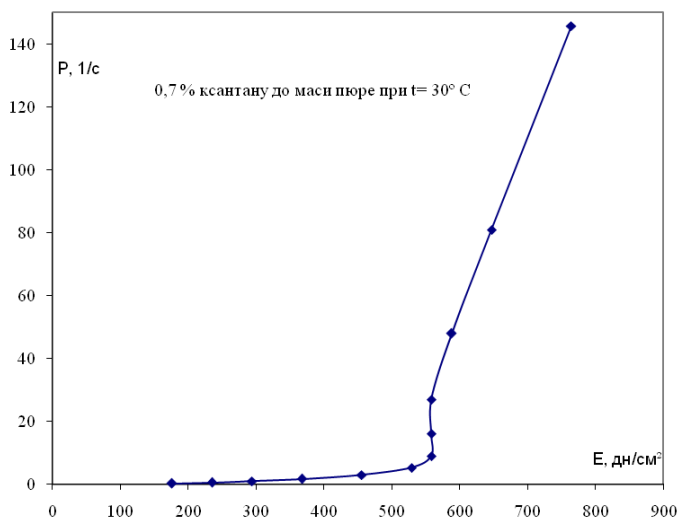


Рис. 4. Залежність кулової швидкості P (1/с) від прикладеного зсувного зусилля E (дн/см²), 0,7% ксантану до маси пюре, внесеного при $t = 30^{\circ} \text{C}$

Результати руйнування незруйнованої структури представлені в табл. 5.

Таблиця 5. Результати руйнування незруйнованої структури (аналіз рис. 1—4)

№	Зразок	Температура	P1	P2	ctg1	ctg2
1	Контрольний		500	1420	83,33	2,92
2	0,1	30	340	930	137,14	2,14
3	0,3	30	240	700	53,52	2,38
4	0,7	30	175	500	67,5	1,904

P1 — напруженість зсуву незруйнованої структури дисперсії пюре, P2 — напруженість зсуву деформованої структури дисперсії пюре

$$Ctg1 = dE/dP1 \text{ — ефективна в'язкість;} \quad (1)$$

$$Ctg2 = dE/dP2 \text{ — в'язкість зруйнованої структури,} \quad (2)$$

де dE — диференціал прикладеного зусилля; dP1 — диференціал колової швидкості незруйнованої структури; dP2 — диференціал колової швидкості зруйнованої структури.

У результаті проведених досліджень (див. графіки на рис. 1—4, а також табл. 5) встановлено, що значення прикладеного зусилля досліджуваного зразка, його фізико-хімічний стан, тобто структура зразка не змінюється, про що свідчить плавність зміни кривої на графіках. Напруженість зсуву незруйнованої структури відзначена на кривих значенням точки P1, що відображено в табл. 5.

Поступово структура під дією сили напруженості зсуву починає деформуватися до значення P2, що відображено в табл. 5.

Проаналізувавши графіки пюре з яблук і сушених слив з додаванням ксантану 0,1%, 0,3% та 0,7% до маси пюре при температурі 30 °С, можемо зробити висновок, що найкращі результати отримали при внесенні 0,1% полісахариду ксантану при температурі 30 °С. Розраховане значення $ctg1 = 137$ показує, що незруйнована структура при прикладеному зусиллі на 65 % більш стійка порівняно з контрольним зразком. Це пояснюється наявністю коагуляційної структури, що утворюється в результаті зчеплення часток ван-дер-ваальсовими силами, хоча сама структура за рахунок тонких прошарків у ділянках зчеплення елементів коагуляційної сітки не надає можливості зближення часточок. І саме внесення 0,1% полісахариду ксантану при $t = 30$ °С надає міцності досліджуваній структурі пюре. Результати руйнування незруйнованої структури представлені в табл. 5 значеннями $ctg1$.

Також проведено дослідження внесення полісахариду ксантану при температурі 40 °С. Графіки залежності колової швидкості від прикладеного зсувного зусилля при $t = 40$ °С наведено на рис. 5 та 6. Контрольний зразок при усіх температурах матиме однакові характеристики.

Проаналізувавши графіки, зображені на рис. 5 та 6, встановили, що зразок із внесеним полісахаридом ксантаном у кількості 0,1% до маси пюре має найкращі властивості. Розраховане значення $ctg1 = 136$ показує, що незруйнована структура при прикладеному зусиллі на 62% більш стійка порівняно з контрольним зразком. При внесенні 0,3% ксантану до маси пюре при температурі 40 °С розраховане значення $ctg1 = 75$ %, що на 10% менше порівняно з контрольним зразком. Тобто структурно-в'язкісна характеристика зразка з вмістом 0,3% ксантану, внесеного при температурі 40° С, буде мати погіршені властивості порівняно з контрольним зразком. Результати представлені в табл. 6.

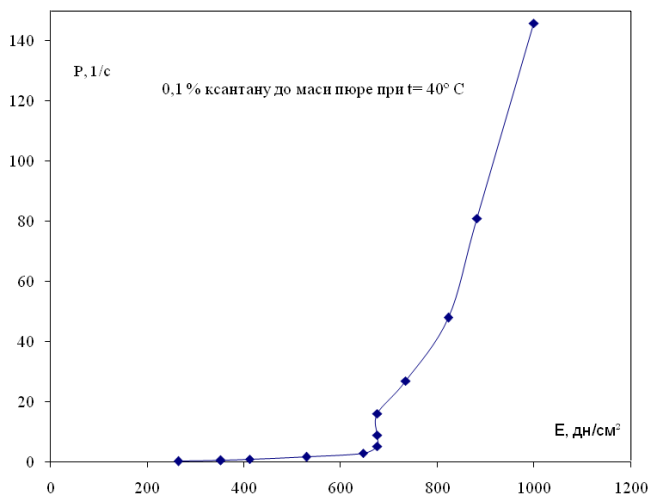


Рис. 5. Залежність кулової швидкості P (1/с) від прикладеного зсувного зусилля E (дн/см²), 0,1% ксантану до маси поре, внесеного при $t = 40^\circ\text{C}$

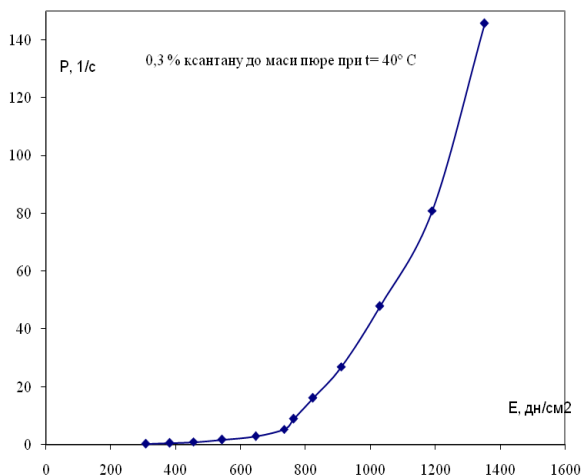


Рис. 6. Залежність кулової швидкості P (1/с) від прикладеного зсувного зусилля E (дн/см²), 0,3% ксантану до маси поре, внесеного при $t = 40^\circ\text{C}$

Таблиця 6. Результати руйнування незруйнованої структури (аналіз рис. 5, 6)

№	Зразок	Температура	P1	P2	ctg1	ctg2
1	Контрольний		500	1420	83,33	2,92
2	0,1	40	260	740	136	1,7
3	0,3	40	300	800	75	3,73

Проведено дослідження із внесенням полісахариду ксантану в кількості 0,1%, 0,3% та 0,7% до маси до поре при температурі внесення 50°C . Графіки залежності кулової швидкості від прикладеного зсувного зусилля наведено на рис. 9—11.

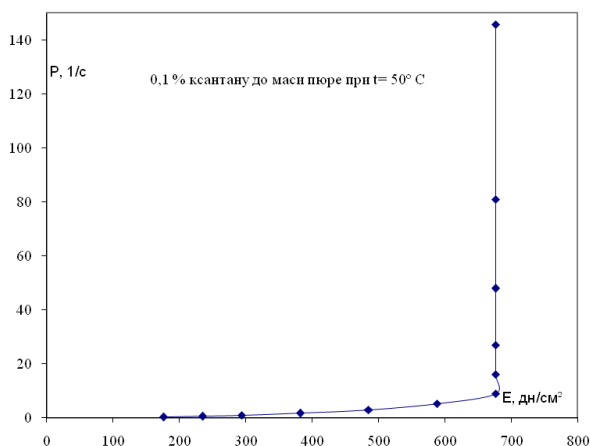
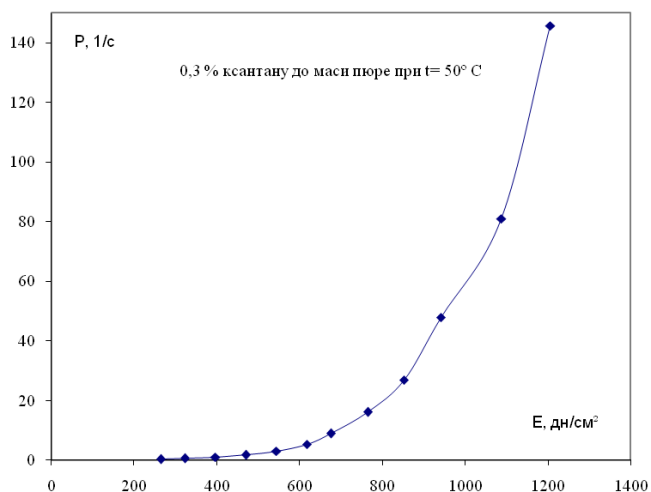


Рис. 7. Залежність колової швидкості P ($1/\text{с}$) від прикладеного зсувного зусилля E (дн/см^2), 0,1% ксантану до маси поре, внесеного при $t = 50^{\circ}\text{C}$

Проаналізувавши графіки, зображені на рис. 7—9, із внесенням ксантану 0,1%, 0,3% та 0,7% до маси поре при температурі 50°C , отримали менші значення показника $\text{stg}1$ порівняно з контрольним зразком. Ці показники представлені в табл. 7. Так, значення показника $\text{stg}1$ при внесенні 0,1% ксантану зменшилось на 6%, якщо порівняти з контрольним. При внесенні 0,3% ксантану — на 27%. При додаванні 0,7% — значення показника $\text{stg}1$ зменшилось майже на 50% порівняно із значенням контрольного зразка. Аналізуючи графіки 7—9, можна зробити висновок, що незруйнована структура при прикладеному зусиллі менш стійка порівняно з контрольним зразком, відповідно, погіршились структурно-в'язкісні характеристики зразків з внесенням 0,1%, 0,3% та 0,7% до маси поре при $t = 50^{\circ}\text{C}$.



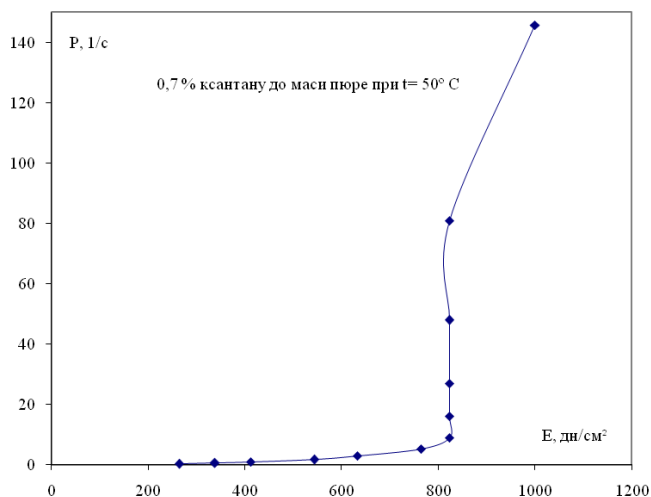


Рис. 9. Залежність колової швидкості P (1/с) від прикладеного зсувного зусилля E (дн/см²), 0,7% ксантану до маси поре внесеного при $t = 50^\circ \text{C}$

Таблиця 7. Результати руйнування незруйнованої структури (аналіз рис. 7—9)

№	Зразок	Температура	P1	P2	ctg1	ctg2
1	Контрольний		500	1420	83,33	2,92
2	0,1	50	200	680	78,57	0
3	0,3	50	260	820	61,17	2,65
4	0,7	50	260	630	43,8	2,57

Проведені дослідження залежності колової швидкості від прикладеного зсувного зусилля при додаванні ксантану у кількості 0,1%, 0,3%, та 0,7% до поре з яблук та сушених слив при температурі внесення $t = 60^\circ \text{C}$ наведені на рис. 10—12.

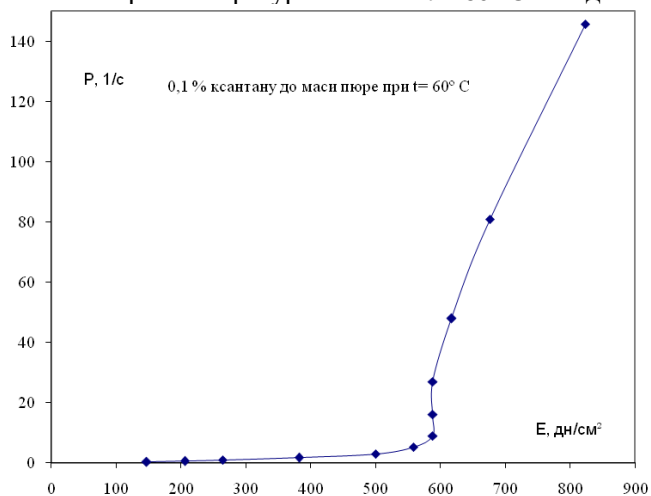


Рис. 10. Залежність колової швидкості P (1/с) від прикладеного зсувного зусилля E (дн/см²), 0,1% ксантану до маси поре, внесеного при $t = 60^\circ \text{C}$

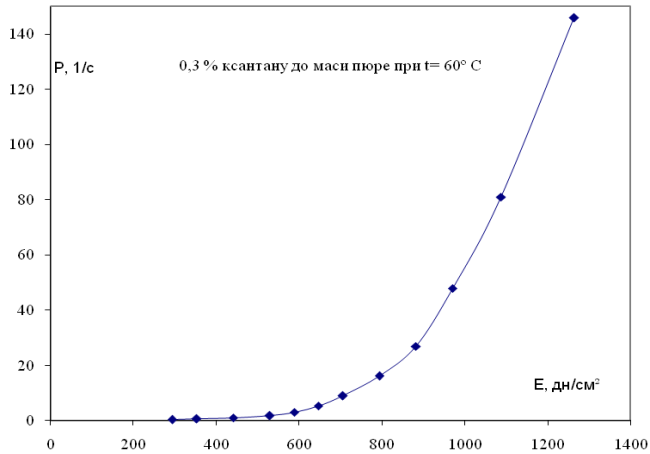


Рис. 11. Залежність кулової швидкості P (1/с) від прикладеного зсувного зусилля E (дн/см²), 0,3% ксантану до маси пюре, внесеного при $t = 60^{\circ}\text{C}$

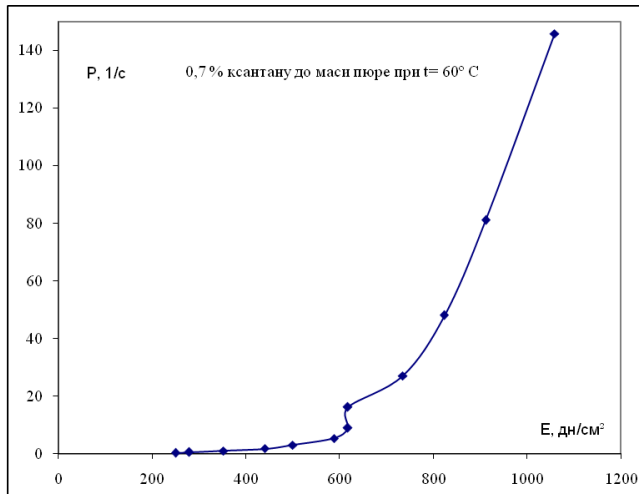


Рис. 12. Залежність кулової швидкості P (1/с) від прикладеного зсувного зусилля E (дн/см²), 0,7% ксантану до маси пюре, внесеного при $t = 60^{\circ}\text{C}$

З графіків, наведених на рис. 10—12, видно, що пюре із яблук і сушених слив з додаванням полісахариду ксантану 0,1%, 0,3% та 0,7% до маси пюре при $t = 60^{\circ}\text{C}$ отримали менші значення показника $stg1$ порівняно із значенням показника контрольного зразка. Ці показники представлені в табл. 8. Так, значення показника $stg1$ при внесенні 0,1% ксантану зменшилось на 47% порівняно з контрольним. При внесенні 0,3% ксантану — на 26%. При додаванні 0,7% — значення показника $stg1$ зменшилось на 40% порівняно із значенням контрольного зразка. Аналізуючи графіки на рис. 10—12, можна зробити висновок, що незруйнована структура при прикладеному зусиллі менш стійка порівняно з контрольним зразком, відповідно, погіршились структурно-в'язкісні характеристики зразків з внесенням 0,1%, 0,3% та 0,7% до маси пюре при $t = 60^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 8. Результати руйнування незруйнованої структури (аналіз рис. 10—12)

№	Зразок	Температура	P1	P2	ctg1	ctg2
1	Контрольний		500	1420	83,33	2,92
2	0,1	60	150	550	44,11	1,8
3	0,3	60	300	790	61,76	3,073
4	0,7	60	250	720	50	2,2

Висновки

У процесі дослідження впливу ксантану на структурно-в'язкісні характеристики плодово-овочевого пюре було вибрано найкращі рецептурні умови для виробництва максимально якісного продукту з яблук і сушених слив підвищеної біологічної цінності та покращених органолептичних властивостей.

Встановлено, що для покращення органолептичних, фізико-хімічних показників пюре з яблук і сушених слив оптимальне значення внесеного полісахариду ксантану становить 0,1% при температурі 30—40 °С.

На основі проведених досліджень встановлено, що додавання полісахариду ксантану покращує реологічні властивості на 65% порівняно з контрольним зразком, подовжує термін зберігання за рахунок збільшення вмісту СР та зміни структурно-в'язкісних характеристик продукту, покращує органолептичні показники. В майбутньому планується поглиблене вивчення застосування ксантану в харчовій промисловості.

Література

Дубініна, А. А., Овчиннікова, І. Ф., Дубініна, С. О. та ін. (2010). *Методи визначення фальсифікації товарів*. К.: Видавничий дім «Професіонал».

Івахно, О. П. (2019). Проблеми використання харчових добавок у продуктах дитячого харчування, *Довкілля та здоров'я*, 1, 29—32. [https:// doi.org/10.32402/dovkil/2019.01.029](https://doi.org/10.32402/dovkil/2019.01.029).

Личко, Н. (2008). *Технологія переробки рослинницької продукції*. К.: Колос.

Мусивов, К. М. (2007). *Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва*. Астана: КазГАУ.

Найченко, В. М., Осадчий, О. С. (2007). *Технологія зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства*. К.: Школяр.

Осокіна, Н. М., Гайдай, Г. С (2005). *Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва*. Умань.

Подпрятков, Г. І., Скалецька, Л. Ф., Сеньков, А. М., Хилевич, В. С. (2002). *Зберігання і переробка продукції рослинництва*. К.: Мета.

Скалецька, Л. Ф., Подпрятков Г. І. (2007). *Біохімічні зміни продукції рослинництва при її зберіганні та переробці: навч. посібник*. К.: Видавничий центр НАУ.

Токар, А. Ю., Харченко, З. М., Матенчук, Л. Ю., Войцехівський, В. І. (2020). Овочево-фруктові пюре функціонального призначення за застосування інноваційного обладнання. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського*. Серія: технічні науки. Том 31(70), ч. 2(3), 72—77. <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/13>.

Фесун, Т. (2021) *Використання гідроколоїдів в харчовій промисловості*. Київ: НУХТ.

Хилевич, В. С., Сеньков, А. М. (2002). *Зберігання і переробка продукції рослинництва*. К.: Мета.

Ялпачик, Ф., Доштин, О. (2003). *Механізація переробки і зберігання плодовоовочевої продукції*. К.: Мета.

Birch, L., Savage, J. S., Ventura A. (2007). Influences on the Development of Children's Eating Behaviours: From Infancy to Adolescence. *Can J Diet Pract Res*, 68(1), s. 1—56. PMID: 19430591; PMCID: PMC2678872.

Fewtrell, M., Bronsky, J., Campoy, C., Domellöf, M., Embleton, N., Fidler Mis, N., Hojsak, I., Hulst, J. M., Indrio, F., Lapillonne, A., Molgaard, C. (2017). Complementary Feeding: A Position Paper by the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition (ESPGHAN) Committee on Nutrition, *J Pediatr Gastroenterol Nutr.*, 64(1), 119—132. doi: 10.1097/MPG.0000000000001454. PMID: 28027215.

Qasem, W., Fenton, T., Frie, J. (2015). Age of introduction of first complementary feeding for infants: a systematic review, *BMC Pediatr.*, Sep. 2, 15, 107. doi: 10.1186/s12887-015-0409-5. PMID: 26328549; PMCID: PMC4557230.

Phillips, G., Williams, P. *Handbook of hydrocolloids*. (2006). Cambridge England, 273 p.

Rapson, J. P, von Hurst, P. R., Hetherington, M. M., Conlon, C. A. (2021). Impact of a «vegetables first» approach to complementary feeding on later intake and liking of vegetables in infants: a study protocol for a randomised controlled trial, *Trials.*, 22(1), 488. doi: 10.1186/s13063-021-05374-7. PMID: 34311749; PMCID: PMC8314593.

Skinner, J. D., Carruth, B. R., Bounds, W., Ziegler, P., Reidy, K. (2002). Do food-related experiences in the first 2 years of life predict dietary variety in school-aged children? *J NutrEducBehav.*, Nov-Dec, 34(6), 310—5. doi: 10.1016/s1499-4046(06)60113-9. PMID: 12556269.

Sworn, G. (2009). *Gellan gum*. In *Handbook of Hydrocolloids*. Elsevier, 204–227. doi: <https://doi.org/10.1533/9781845695873.204>

Tochkova, O., Gagan, I., Melnyk, O. (2021). Research of the rheological properties of water vari-
nances of polysaccharides, *Technology Audit and Production Reserves*, 2/3(58), 40—43. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.230077>.