

Мовенко Сергій Юрьевич, магістрант кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетических системах, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна. Адрес: пл. Свободы, 4, г. Харків, Україна, 61000. Тел.: (057)7075270.

Movenko Sergiy, student, Department of Information Technology in Physical and Energy Systems, Kharkiv National University named by V.N. Karasin. Address: Svobody square, 4, Kharkiv, Ukraine, 61000. Tel.: (057)7075270.

Борисова Аліна Олексіївна, канд. філол. наук, доц., кафедра іноземних мов, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-69.

Борисова Алина Алексеевна, канд. филол. наук, доц., кафедра иностранных языков, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-69.

Borysova Alina, PhD, Associate Professor, Department of Foreign Languages, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-69.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.

Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.

DOI: 10.5281/zenodo.1108631

УДК 006.83:641.539

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКЦІЇ, ВИРОБЛЕНОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ІЧ-НАГРІВАННЯ В УМОВАХ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА

**В.М. Михайлов, І.В. Бабкіна,
А.О. Шевченко, С.В. Прасол, С.І. Ялинич**

Розроблено технологічні процеси виробництва м'ясних січених виробів в ІЧ-апаратах в умовах газового середовища (із підвищенням вмістом двоокису вуглецю), унаслідок реалізації яких зменшується тривалість теплової обробки та витрати маси. Установлено суттєве збільшення вмісту поліненасичених жирних кислот у дослідних виробках та покращення органолептичних показників готової продукції.

***Ключові слова:** ІЧ-нагрівання, газове середовище, якість, кулінарні вироби, смаження, термообробка, хімічний склад, пенетрація.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКЦИИ, ПРОИЗВЕДЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИК-НАГРЕВА В ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

**В.М. Михайлов, И.В. Бабкина,
А.А. Шевченко, С.В. Прасол, С.И. Ялынич**

Разработаны технологические процессы производства мясных рубленых изделий в ИК-аппаратах в условиях газовой среды (с повышенным содержанием двуокиси углерода), вследствие реализации которых уменьшается продолжительность тепловой обработки и расход массы. Установлено существенное увеличение содержания полиненасыщенных жирных кислот в опытных изделиях и улучшение органолептических показателей готовой продукции.

Ключевые слова: ИК-нагрев, газовая среда, качество, кулинарные изделия, жарка, термообработка, химический состав, пенетрация.

EVALUATION OF QUALITY INDICATORS OF PRODUCTS PRODUCED UNDER THE CONDITIONS OF IR-HEATING IN GAS ENVIRONMENT

V. Mikhaylov, I. Babkina, A. Shevchenko, S. Prasol, S. Yalinich

General tendency of energy consumption, which has recently developed almost worldwide, indicates a significant increase in energy costs and a continuous increase in the cost of its generation. Considering this, the problems of creating and implementing modern low-energy processes, which ensure reduction of energy consumption in combination with the preservation of raw materials and other resources, become acute.

In this regard, the staff of the Department of Processes, Apparatus and Automation of Food Production in KhSUFTT are conducting research on the development of technology of production under conditions of infra-red (IR) heating in the conditions of the gas environment, designed for use at food enterprises, meat processing plants and home nutrition. Technological processes of meat products manufacture in infrared devices in gas environment (with high content of carbon dioxide), which reduce the duration of heat treatment and mass loss, are developed. The products' distinctive feature is the presence of sunflower oil and chopped potatoes, panning with a dampened mixture of breadcrumbs and wheat flour. In assessing quality indicators, it was noted that minced meat for experimental products is close to the traditional ones by their structurally mechanical properties. Some decrease in the values of marginal shear stress and effective viscosity positively affects its plasticity, which facilitates the formation of products. The products meet the requirements of sanitary safety and the content of main nutrients approach the traditional products from minced meat, and additionally contain fiber. Significant increase in the content of polyunsaturated fatty acids in experimental

products is determined. Improvement of organoleptic parameters of finished products is also noted.

Keywords: *IR heating, gas environment, quality, culinary products, frying, heat treatment, chemical composition, penetration.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Загальна тенденція енергоспоживання, що склалася останнім часом майже в усьому світі, свідчить про істотне підвищення витрат енергії та безперервне зростання вартості її генерування. Ураховуючи це, актуальності набувають проблеми створення і впровадження сучасних малоенергоємних процесів, які забезпечують зменшення витрат енергії разом зі збереженням сировини та інших ресурсів.

З огляду на зазначене на кафедрі процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв ХДУХТ проводяться дослідження з розробки технології виробництва продукції з використанням інфрачервоного (ІЧ) нагрівання в умовах різноманітних газових середовищ, зокрема з підвищеним вмістом двоокису вуглецю, що розраховані на використання на підприємствах харчування, у м'ясопереробному виробництві й домашньому харчуванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні процеси жарення (смаження) здійснюються на відкритій нагрівальній поверхні з використанням тонкого шару жиру як проміжного теплоносія чи без нього або без безпосереднього контакту з нагрівальною поверхнею [1–3]. Сьогодні раціональними є електрофізичні способи обробки харчових продуктів, використання яких дозволяє вирішити низку технологічних проблем на більш високому рівні організації праці. Серед них одне з важливих місць посідає метод термообробки ІЧ-випромінюванням [4].

Метою статті є визначення якісних показників продукції виробленої за умов ІЧ-нагрівання в умовах газового середовища з підвищеним вмістом двоокису вуглецю.

Виклад основного матеріалу дослідження. За умов термообробки ІЧ-випромінюванням однією з основних вимог до складу виробів є врахування оптичних властивостей компонентів, що входять до рецептури [5; 6]. З огляду на це запропоновано рецептуру січених кулінарних виробів із таким відсотковим складом: котлетне м'ясо (яловичина) – 55,0%; картопля – 16,0%; соняшникова олія – 5,0%; хліб пшеничний – 8,0%; вода або молоко – 9,5%; панірування – 6,5% (сухарне та пасероване пшеничне борошно у співвідношенні 1:1). Технологічний процес приготування продукції складається з етапів підготовки сировини, складання рецептури, панірування та теплової обробки. Котлетне м'ясо зачищають від сухожиль, миють, нарізають

на шматки та подрібнюють на вовчку з діаметром отворів $(3-4) \cdot 10^{-3}$ м. Картоплю сортують, миють, очищають і подрібнюють. Хліб пшеничний замочують у воді або молоці та пропускають через вовчок. Пшеничне борошно просіюють, пасерують за температури 120°C та змішують із сухарним борошном, після чого отриману суміш просіюють. Подрібнене котлетне м'ясо, картоплю і пшеничний хліб змішують, додають олію, сіль, спеції та перемішують протягом 240–360 с, після чого формують вироби відповідної форми (котлети, битки, шніцелі). Сформовані вироби панірують у суміші сухарного і пасерованого пшеничного борошна, обробляють гострою парою протягом 20–25 с і витримують за кімнатної температури 300–600 с.

Смаження напівфабрикатів за наведеною рецептурою пропонується проводити в ІЧ-апаратах в умовах газового середовища (із підвищеним вмістом двоокису вуглецю) протягом часу досягнення стану кулінарної готовності. Напівфабрикат розміщується в теплоізольованій герметичній місткості, яка має джерело ІЧ-нагрівання, що генерує основну частину енергії в інтервалі довжин хвиль 2,2–3,0 мкм (наприклад, ніхромова спіраль у кварцовій трубці). Перед початком ІЧ-жарення в робоче середовище подається двоокис вуглецю до утворення надмірного тиску 10–30 кПа, після чого вмикаються ІЧ-нагрівачі. Із підвищенням температури робочого середовища після утворення на поверхні продукту скоринки, яка протидіє видаленню вологи та жиру під час подальшого нагрівання, періодично вимикають та вмикають ІЧ-нагрівачі, здійснюючи тим самим імпульсне ІЧ-енергопідведення.

Як відомо, якість кулінарних виробів значною мірою залежить від низки технологічних чинників, серед яких важливого значення набувають тривалість та інтенсивність теплового впливу, ступінь фізико-хімічних змін складових речовин виробів, зміна маси, вологості та жирності. Ураховуючи застосування нетрадиційних підходів під час розробки запропонованих технологічних процесів виробництва м'ясних січених виробів, що ведуть до скорочення часу термообробки, та їх вагомий вплив на перебіг масообмінних процесів, для оцінювання якості отриманих виробів було проведено дослідження за структурно-механічних, мікробіологічних, фізико-хімічних і органолептичних показників.

Наявність у складі зразків котлетного фаршу таких компонентів, як олія та подрібнена картопля, має змінити показники в'язкості і вплинути на його пластичність. Це спонукало до проведення досліджень, на підставі яких побудовано залежності швидкості зсуву від напруги зсуву та ефективної в'язкості від швидкості зсуву.

Дослідження проводили за методиками, наведених в працях [7; 8]. Аналіз отриманих результатів дав можливість визначити темп руйнування структури фаршів. Найбільша в'язкість майже незруйнованої структури для дослідних зразків $\eta_0 = 852,7$ Па·с. Режим в'язко-пластичної течії починається зі значень $\gamma = 9$ с⁻¹. За умови $\gamma > 16,2$ с⁻¹ ефективна в'язкість η_t , досягнувши найменшого значення, залишається майже незмінною та не залежить від швидкості зсуву. Отримані значення дають підставу зарахувати цей фарш до густих паст.

Важливим показником оцінки якості виробів є їхня консистенція, що була визначена за показниками penetрації та швидкості penetрації. Досліджувалися (за методиками [9; 10] зразки котлетного фаршу, запаніровані напівфабрикати та смажені вироби (табл. 1). Як контрольні зразки було використано котлетні фарші, напівфабрикати та готові вироби, приготовані за традиційною технологією котлет (за ПЧ-смаження) та котлет особливих (за традиційного смаження) відповідно. Установлено, що дослідний котлетний фарш, на відміну від контрольного, має ніжнішу консистенцію. Так, показник penetрації збільшується на 16,2–23,9% залежно від часу penetрації, при цьому максимальна швидкість penetрації збільшується на 21,1%, а середня – на 16,3%. За таких показників полегшується формування виробів і забезпечується утримання ними заданої форми.

Таблиця 1

Показники та швидкість penetрації м'ясних січених виробів

Зразок	Пенетрація, мм, за часу penetрації, с				Швидкість пенетрації $\times 10^2$, мм/с	
	5	15	60	180	макси- мальна	Серед- ня
1	2	3	4	5	6	7
Котлетний фарш						
Контрольні	16,1±0,9	17,1±0,8	17,6±0,6	19,8±0,8	322±20	11,0±0,4
Дослідні	19,5±0,8	20,2±0,8	21,8±0,9	23,0±0,9	390±16	12,8±0,5
Запаніровані напівфабрикати						
Контрольні	12,6±0,4	14,3±0,5	15,1±0,6	16,8±0,4	252± 8	9,3±0,2
Дослідні	14,9±0,7	16,8±0,8	17,2±0,4	18,3±0,5	298±14	10,2±0,4
Смажені вироби: внутрішні шари						
Контрольні	5,0±0,6	5,9±0,6	6,4±0,7	7,3±0,5	100±6	4,1±0,3

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Дослідні	7,1±0,4	7,6±0,6	8,2±0,6	8,5±0,6	142±8	4,7±0,3
Поверхневий шар						
Контрольні	3,2±0,4	4,1±0,4	4,6±0,5	5,6±0,5	64±7	3,1±0,3
Дослідні	5,1±0,5	5,9±0,6	6,4±0,6	7,3±0,5	102±12	4,0±0,3

Наявність на поверхні сформованого напівфабрикату панірувального шару сприяє зменшенню показника penetрації (на 14,2–21,7% – для контрольних зразків, на 16,8–23,6% – для дослідних зразків), швидкості penetрації (максимальної – на 21,7 та 23,6% відповідно, середньої – на 15,5 та 20,3% відповідно).

Отже, поверхневий шар, спроможний стримувати масоперенесення під час смаження, у дослідних зразків має міцнішу структуру, що додатково впливає на зменшення врат маси. Фізико-хімічні зміни, що відбуваються під час смаження, забезпечують суттєве зменшення показника penetрації внутрішніх шарів виробів – у 2,7–3,2 разу. Але в дослідних зразків значення показника penetрації є більшими на 16,4–42,0%, максимальної швидкості penetрації – на 42,0%, а середньої – на 14,6%.

Формування під час смаження на поверхні виробу добре піджареної скоринки супроводжується зменшенням вмісту вологи, унаслідок чого поверхневий шар стає жорсткішим. Завдяки більшій початковій вологості використаного панірування та його вологотримувальній здатності, а також властивостям використаного котлетного фаршу, зразки готових виробів виготовлених за дослідною технологією, мають показники penetрації, що на 30,4–59,4% вище, ніж у контрольних. При цьому значення максимальної та середньої швидкості penetрації є більшими на 59,4 та 29,0% відповідно.

Таким чином, отримані результати свідчать про те, що фарш для виготовлення дослідних виробів за структурно-механічними властивостями наближається до традиційного, а деяке зменшення значень граничної напруги зсуву та ефективної в'язкості позитивно впливає на пластичність фаршу, що полегшує формування виробів. Запропоновані вироби мають більші показники penetрації та швидкості penetрації. Це вказує на їх ніжнішу консистенцію, що має позитивно вплинути на такі важливі показники сенсорного аналізу, як легкість розкушування і розжовування.

Різноманітні процеси, що відбуваються під дією високої температури, спричиняють порушення зв'язків між складовими частинами виробів, що призводить до їх усадки та, відповідно, зміни об'єму. Це чинить негативний вплив, оскільки внаслідок цього підвищуються пружність і жорсткість готових виробів.

Відомо, що м'ясо є не тільки цінним харчовим продуктом, але й сприятливим середовищем для життєдіяльності мікробів, а в деяких випадках і для їх розмноження та нагромадження. Тому вживання м'ясних продуктів часто буває причиною захворювання людей, якщо воно інфіковано різною мікрофлорою. Для досягнення санітарної безпечності важливе значення мають режими теплової обробки, якими передбачається витримування виробів за визначеної температури протягом певного часу. Тому, враховуючи скорочення тривалості термообробки запропонованих виробів, потрібно було оцінити їх санітарну безпеку. Перелік мікробіологічних показників, за якими проводили контроль якості готових м'ясних виробів, установлювали відповідно до «Медико-біологічних вимог» [11].

Результати дослідження мікробіологічних показників якості подано в табл. 2, де наведено також нормативні значення, що дозволяє зіставити їх між собою. На підставі отриманих результатів встановлено, що після теплової обробки загальна кількість мікроорганізмів в усіх розглянутих випадках істотно зменшується та відповідає нормативам, установленим для виробів цього виду. Так, нормативні дані кількості мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів значно перевищують ті, що отримані для дослідних виробів. Наведені результати вказують також на відсутність кишкових паличок (БГКП), *Staphylococcus aureus*, *Proteus* та патогенних мікроорганізмів, у тому числі сальмонел. Досягнення таких високих мікробіологічних показників можна пояснити раціональним вибором режимів теплового впливу, що істотно впливає на швидкість знищення мікроорганізмів.

Таблиця 2

Мікробіологічні показники якості котлет

Вид зразків	Мезофільні аеробні, факультативноанаеробні мікроорганізми, КОЕ/г	БГКП (колі-форми)	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Proteus</i>	Патогенні мікроорганізми, у т. ч. сальмонели
Норматив	$2,0 \times 10^4$	Не допускається в 1,0 г	Не допускається в 1,0 г	Не допускається в 0,1 г	Не допускається в 25,0г
Дослід	$6,6 \times 10^3$ $3,0 \times 10^3$	Відсутні в 1,0 г	Відсутні в 1,0 г	Відсутні в 0,1 г	Відсутні в 25,0 г

За результатами дослідження хімічного складу згідно з [12] (табл. 3) встановлено, що загалом за вмістом основних харчових речовин (азотовмісних компонентів, жирів, вуглеводів) запропоновані вироби наближаються до традиційних виробів із котлетного фаршу (котлет, котлет особливих) [13] і, на відміну від них, містять клітковину. Додавання олії суттєво впливає на зміну жирнокислотного складу виробів (табл. 4). Вони містять у своєму складі на 24,6% менше насичених жирних кислот та на 88,8% більше поліненасичених жирних кислот, особливо лінолевої кислоти, яка відіграє важливу роль у процесах життєдіяльності організму людини.

Під час проведення термообробки харчових продуктів на особливу увагу заслуговує завдання збереження білкового комплексу та вітамінів, які мають надзвичайно важливе значення в харчуванні людини.

Підвищення температури виробів спричиняє руйнування білків, в результаті чого в них змінюється вміст амінокислот.

Таблиця 3

Хімічний склад котлет

Показник	Значення
Загальна волога, %	67,2±1,0
Азотовмісні компоненти, %	12,2±0,5
Жири, %	5,9±0,2
Вуглеводи, %	10,7±0,4
Зола, %	2,0±0,1
Клітковина, %	2,0±0,1
Енергетична цінність, кДж	611±31

Таблиця 4

Жирнокислотний склад (г на 100 г продукту)

Показник	Напівфабрикати	Готові вироби		
	контрольні	дослідні	конт-рольні	дослідні
1	2	3	4	5
Сума ліпідів	5,75	6,54	5,24	5,98
Жирні кислоти	5,44	6,23	4,94	5,70
Насичені:	2,52	1,90	2,30	1,74
міристинова (C _{14:0})	0,09	0,01	0,09	0,01
пальмітинова (C _{16:0})	1,49	1,10	1,36	1,01
стеаринова (C _{18:0})	0,71	0,56	0,65	0,51

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5
Мононенасичені:	2,70	2,37	2,45	2,17
міростолейнова (C _{14:1})	0,09	0,05	0,08	0,05
пальмітолейнова (C _{16:1})	0,33	0,19	0,30	0,18
олейнова (C _{18:1})	2,24	2,08	2,03	1,90
Поліненасичені:	0,22	1,96	0,19	1,79
лінолева (C _{18:2})	0,16	1,91	0,14	1,75
ліноленова (C _{18:3})	0,05	0,03	0,04	0,03
арахідонова (C _{20:4})	0,004	0,004	0,003	0,003

Ступінь термічного пошкодження білків може бути різним: помірна теплова обробка покращує перетравність шляхом денатурації нативних білків та інактивації деяких інгібіторів протеаз; високотемпературна обробка, особливо в разі тривалого впливу, спричиняє сильне пошкодження, унаслідок чого може відбуватися взаємодія між функціональними групами білка та іншими компонентами, зокрема редукованими цукрами, жирами тощо. Для перевірки відповідності якості готових виробів установленим вимогам було проведено органолептичну оцінку виробів у балах з урахуванням коефіцієнта важливості за такими показниками: зовнішній вигляд, колір на перерізі, запах, смак, консистенція. При цьому дослідні вироби порівнювали з традиційними виробами за умов ІЧ-смаження. За даними технологічних проробок дослідні м'ясні січені вироби мають оцінку 50 балів (контрольні вироби – 45 балів), що свідчить про їх більш високу якість. Відзначено покращення показників зовнішнього вигляду (поверхня коричневого кольору та не має пошкоджень) і консистенції, яка є ніжнішою.

Висновки. Розроблено технологічний процес виробництва м'ясних січених виробів в ІЧ-апаратах в умовах газового середовища (із підвищеним вмістом двоокису вуглецю), за реалізації якого зменшується тривалість теплової обробки та втрати маси. Відмітною особливістю виробів є наявність у складі соняшникової олії та подрібненої картоплі, панірування зволоженою сумішшю панірувальних сухарів і пшеничного борошна. Реалізацію процесу запропоновано здійснювати в апаратах із джерелом імпульсного підведення ІЧ-енергії довжиною хвиль 2,2–3,0 мкм та подачею двоокису вуглецю надмірним тиском 10–30 кПа.

У ході оцінювання показників якості отриманої продукції відзначено, що фарш для дослідних виробів за структурно-механічними властивостями наближається до традиційного, а деяке зменшення значень граничної напруги зсуву та ефективної в'язкості позитивно позначається на його пластичності, що полегшує

формування виробів. Вироби відповідають вимогам санітарної безпеки, за вмістом основних харчових речовин наближаються до традиційних виробів із котлетного фаршу і додатково містять клітковину. Виявлено суттєве збільшення вмісту поліненасичених жирних кислот у дослідних виробів. Відзначено також покращення органолептичних показників готових виробів.

У подальшій роботі цього напрямку передбачається розширення асортименту продукції, виробленої за умов ІЧ-нагрівання в умовах газового середовища. Заплановані також дослідження із застосуванням інших газових середовищ, зокрема пароповітряної суміші, та відпрацювання раціональних режимів роботи з урахуванням конкретних умов.

Список джерел інформації / References

1. Беляев М. И. Тепловое оборудование / М. И. Беляев // Оборудование предприятий общественного питания : в 3 т. – М. : Экономика, 1990. – Т. 3. – 559 с.
Belyaev, M. (1990), *Thermal equipment [Teplovoe oborudovanie]*, Economy, Vol. 3, 559 p.

2. Черевко О. І. Процеси та апарати жаріння харчових продуктів : навч. посібник / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – 332 с.

Cherevko, O., Mikhaylov, V., Babkina, I. (2000), *Processes and appliances for frying food [Procesi ta aparani garinnya harchovih produktiv]*, HДУНТ, Kharkiv, 332 p.

3. Юлін О. В. Теплові процеси та апарати на підприємствах громадського харчування / О. В. Юлін, М. І. Пересічний, І. І. Тарасенко. – К. : ІСДО, 1995. – 176 с.

Ulin, O., Peresichmiy, M., Tarasenko, I. (1995), *Thermal processes and devices at catering enterprises [Teplovi procesi ta aparaty na pidpriemstvah gromadskogo harchuvannya]*, ISDO, Kyiv, 176 p.

4. Рогов И. А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов / И. А. Рогов. – М. : Агрпромиздат, 1988. – 272 с.

Rogov, I. (1988), *Electrophysical methods of food processing [Elektrofizicheskie metodi obrabotki pishvih produktov]*, Agropromizdat, Moscow, 272 p.

5. Михайлов В. М. Наукове обґрунтування і розробка прогресивних процесів та обладнання для виробництва жарених кулінарних виробів / В. М. Михайлов. – Х., 2003. – 371 с.

Mikhaylov, V. (2003), *Scientific substantiation and development of progressive processes and equipment for the production of fried culinary products [Naukove obgruntuvannya i rozrobka progresivnih procesiv ta obladnannya dlya virobництва garenih kulinarних virobiv]*, Kharkiv, 371 p.

6. Прогресивні процеси виробництва м'ясо-рослинних кулінарних виробів : монографія / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна, Б. В. Ляшенко, І. В. Лебединець. – Х. : ХДУХТ, 2008. – 101 с.

Cherevko, O., Mikhaylov V., Babkina I., Lyashenko B., Lebedinec I. (2008), *Progressive processes of production of meat and vegetable culinary products:*

monograph [*Progresivni procesi virobництва myaso-roslinnykh kulinarnykh virobiv*], HDUHT, Kyiv, 101 p.

7. Реотест-2. Инструкция о применении. – Берлин, 1976. – 25 с.

Reotest-2 (1976), *Instructions for use [Reotest-2: Instrukciya o primeneni]*, Berlin, 25 p.

8. Горбатов А. В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 296 с.

Gorbatov, A., Maslov, A., Machihin, Yu. (1982), *Structural and mechanical characteristics of food products [Strukturno-mekhanicheskie harakteristiki pischevkh produktov]*, Moscow, 296 p.

9. Мачихин Ю. А. Реометрия пищевого сырья и продуктов : справочник / Ю. А. Мачихин, А. В. Горбатов, А. С. Максимов. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с.

Machihin, Yu., Gorbatov, A., Maksimov, A. (1990), *Rheometry of food raw materials and products [Reometriya pischevogo siriya i produktov]*, Moscow, 271 p.

10. Использование пенетрометров повышает гарантию качества / О. Ю. Новик, Н. А. Журавская, А. Н. Абрамов, Г. Н. Варсанович, А. И. Крылов // *Мясная промышленность*. – 1995. – № 2. – С. 17–19.

Novik, O., Guravskaya, N., Abramov, A., Varsanovich, G. (1995), "Using penetrometers increases the quality assurance" ["Ispolzovanie penetrometrov povyshaet garantiyu kachestva"], *Meat Industry*, No. 2, pp. 17-19.

11. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов: № 5061-89. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 186 с.

Medical and biological requirements and sanitary standards of quality of food raw materials and food products [Mediko-biologicheskije trebovaniya i sanitarnie normi kachestva prodovolstvennogo siriya i pischevkh produktov] (1990), Publishing house of standards, Moscow, 186 p.

12. Ловачева Г. Н. Стандартизация и контроль качества продукции / Г. Н. Ловачева, А. И. Мглинец, Н. Р. Успенская. – М. : Экономика, 1990. – 239 с.

Lovacheva, G., Mglinc, A., Uspenskaya, N. (1990), *Standardization and quality control of products [Standartizaciya i control kachestva produkcii]*, Economy, Moscow, 239 p.

13. Черевко О. І. Соціально-економічна ефективність впровадження технології м'ясних сичених виробів «Гриль» / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна // Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка : міжнар. наук.-техн. конф. – Донецьк : ДонДУЕТ, 2001. – С. 170–172.

Cherevko, O., Mikhaylov, V., Babkina, I. (2001), "Socio-economic efficiency of introduction of technology of meat cut products «Grill»" [Socialno-ekonomichna effektivnist vprovadgennya tehnologii myasnih sichenih virobiv «Grilb»], *Actual problems of nutrition: technology and equipment, organization and economy*, Donetsk, pp. 170-172.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, проф., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський

державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, проф., кафедра процесов, апаратів та автоматизації пищевих производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333. г. Харьков, Украина, 61051, Тел.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

Mikhaylov Valeriy, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Department of Processes, Apparatus and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

Бабкіна Ірина Володимирівна, канд. техн. наук, проф., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

Бабкина Ирина Владимировна, канд. техн. наук, проф. кафедра процесов, апаратів та автоматизації пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333. г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

Babkina Irina, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Processes, Apparatus and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

Шевченко Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доц., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 0999038476; e-mail: process229@ukr.net.

Шевченко Андрей Александрович, канд. техн. наук, доц., кафедра процесов, апаратів та автоматизації пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: 0999038476; e-mail: process229@ukr.net.

Shevchenko Andrey, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor Department of Processes, Apparatus and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: 0999038476; e-mail: process229@ukr.net.

Прасол Світлана Володимирівна, канд. техн. наук, ст. викл., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 0997061190; e-mail: process229@ukr.net.

Прасол Светлана Владимировна, канд. техн. наук, ст. преп., кафедра процесов, апаратів та автоматизації пищевых производств, Харьковский

государственный университет питания и торговли. Адрес: вл. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: 0997061190; e-mail: process229@ukr.net.

Prasol Svetlana, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer Department of Processes, Apparatus and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: 0997061190; e-mail: process229@ukr.net.

Ялинич Станіслав Ігорович, магістрант відділення обладнання та технічного сервісу Навчально-наукового інституту харчових технологій та бізнесу, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська. 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

Ялынич Станислав Игоревич, магистрант отделения оборудования и технического сервиса Учебно-научного института пищевых технологий и бизнеса, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: вл. Клочковская. 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

Yalinich Stanislav, Master of the Department of Equipment and Technical Service of the Educational and Scientific Institute of Food Technology and Business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel. (057)349-45-03; e-mail: process229@ukr.net.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.О. Потаповим.
Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.
DOI: 10.5281/zenodo.1108633*

УДК 519.85

НАБЛИЖЕНИЙ МЕТОД ПОШУКУ ЕКСТРЕМУМУ ФУНКЦИОНАЛА НА МНОЖИНІ ПЕРЕСТАНОВОК

Ю.М. Тормосов, Є.Ю. Стоян, Є.М. Якушенко

Розглянуто окремі клас дискретних задач геометричного проектування. Наведено формальну постановку задачі призначення геометричних об'єктів у вигляді задачі оптимізації на множині перестановок. Запропоновано один із наближених методів пошуку екстремуму функціонала на множині перестановок.

Ключові слова: дискретні задачі, оптимізація, множини перестановок, функціонал.