

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 641.521:641.53.92.004.15

Коренець Ю. М., старший викладач

Заболотня К.А., асистент

Донецький національний університет економіки
і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського
м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: yurii_korenets@mail.ru

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ІЧ-СМАЖЕННЯ ОВОЧЕВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ЗА УМОВ ВІДКРИТОГО РОБОЧОГО ПРОСТОРУ

Korenets Yu. N., senior lecturer

Zabolotnia K. A., assistant

Donetsk National University of Economics
and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky
Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: yurii_korenets@mail.ru

DEFINING OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE PROCESS OF VEGETABLE SEMIS IR-GRILLING IN THE OPEN WORKSPACE CONDITIONS

Мета. Метою роботи є розробка науково обґрунтованих рекомендацій зі здійснення теплової обробки харчової сировини рослинного походження ІЧ-випромінюванням у відкритому робочому просторі та вимог до технологічних параметрів обладнання, що використовується при цьому виді обробки.

Методика. Робота містить опис активного експерименту, проведеного для визначення оптимальних параметрів процесу ІЧ-смаження овочевих напівфабрикатів в умовах відкритого робочого простору.

Результати. Отримано емпіричні залежності, які розкривають закономірності процесу й мають практичну користь для проведення подальших наукових досліджень у цьому напрямку та розробки рекомендацій для реального виробництва.

Наукова новизна. Вперше досліджено процес ІЧ-смаження за умов відкритого робочого простору овочевих напівфабрикатів певного асортименту.

Практична значущість. На основі результатів, отриманих у ході дослідження, сформульовано практичні рекомендації для розробників і користувачів ІЧ-обладнання з відкритим робочим простором.

Ключові слова: ІЧ-обробка, ІЧ-смаження, гриль, грилювання, харчова сировина, відкритий робочий простір, параметр процесу, активний експеримент.

Постановка проблеми. Відомо, що овочі й фрукти є основними постачальниками вітамінів та антиоксидантів до організму людини [1]. Вони допомагають запобігти розвитку різних хвороб, наприклад таких, як рак, ожиріння, гіпертонія [2]. Фахівці рекомендують уживати по декілька порцій овочів і фруктів щодня.

Але слід враховувати те, що користь овочів багато в чому залежить від способу їх приготування. Як повідомляє Агентство медичної інформації (АМІ-ТАСС), дієтологи зробили висновок, що в загальній масі для овочів найбільш безпечними способами готування є гриль і мікрохвильова піч, у той час як варіння призводить до найбільших втрат важливих для здоров'я компонентів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вченими з'ясовано, що теплова обробка рослинних продуктів у мікрохвильовій печі сприяє максимальному збереженню корисних речовин, що містяться в них.

Проте органолептичні характеристики овочевих продуктів, призначених для безпосереднього споживання в їжу, після обробки в мікрохвильовій печі можуть бути незадовільними, оскільки цей спосіб сприяє збереженню нативних смаку, кольору та клітинної структури овочів.

Також іще недостатньо вивчено вплив мікрохвиль на харчові продукти, і, як наслідок, на організм людини. Існує думка, що мікрохвилі завдають значної шкоди молекулам їжі, розриваючи або деформуючи їх, і тим самим створюють структурну ізомерію [3]. Доктор Ханс Ульріх Хертел зі Швейцарії опублікувала результати наукових досліджень, які свідчать про те, що їжа, яку приготували в мікрохвильовій печі, може створювати загрозу для здоров'я порівняно з їжею, приготованою традиційними способами. У статті, яку викладено в журналі «Франц Вебер» № 19, сказано, що споживання продуктів харчування, приготовлених у мікрохвильових печах, чинить злякисний вплив на кров.

Інфрачервоні печі та грилі значно відрізняються від мікрохвильових печей за принципом дії. Вони не руйнують продукти, а навпаки, зберігають усі їхні природні якості. Окрім того, під час готування їжі за допомогою ІЧ-променів продукти стерилізуються, знищуються шкідливі мікроорганізми та дріжджі, при цьому максимально зберігається вітамінно-мінеральний комплекс. Науці невідомі негативні впливи інфрачервоної обробки харчових продуктів на організм людини.

Інфрачервона обробка дає змогу отримувати готові овочі й фрукти з привабливими органолептичними властивостями. Відсутність необхідності використання жирів у процесі теплової обробки забезпечує продукцію з дієтичними властивостями.

Обмежувальними факторами при застосуванні цього способу обробки є недопущення підгоряння продуктів, оскільки підгоріла скоринка може містити речовини канцерогенної дії, та дотримання правил техніки безпеки при роботі кухарів з ІЧ-обладнанням.

Таким чином, для збагачення раціону населення високоякісними овочевими продуктами одним з найбільш перспективних способів є ІЧ-смаження (грилювання).

Значну частку ІЧ-обладнання, що експлуатується в закладах ресторанного господарства, становлять апарати з відкритим робочим простором [4]. Таке обладнання успішно застосовується для теплової кулінарної обробки виробів з м'яса, птиці, риби, оскільки вдало імітує смаження продуктів над розжареним деревинним вугіллем.

У процесі обробки продукт перебуває на металевій решітці, під якою розташовані генератори ІЧ-випромінювання. Сутність процесу обробки харчової сировини в полі ІЧ-випромінювання за умов відкритої робочої зони полягає в тому, що електромагнітні хвилі від джерела випромінювання проникають у продукт на глибину до 2 мм і частково або повністю поглинаються в ньому. При цьому електромагнітна енергія перетворюється на теплову, що викликає нагрівання продукту і доведення його до кулінарної готовності.

Виробничий досвід підтверджує, що процес смаження харчових продуктів в обладнанні з ІЧ-енергопідводом доцільно проводити у два етапи (стадії): перший етап – обробка продукту при максимальній температурі джерела ІЧ-випромінювання до утворення на поверхні виробу скоринки підсмажування; другий етап – доведення продукту до повної готовності при зменшеній постійній температурі генераторів. Зменшення температури на другому етапі здійснюється за допомогою зменшення електричної потужності або збільшення відстані продукту до джерела ІЧ-випромінювання.

Формування цілей статті. Оскільки ІЧ-смаження (грилювання) традиційно застосовується переважно для обробки продуктів тваринного походження, то для овочів воно потребує вивчення з метою визначення закономірностей та оптимальних параметрів процесу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Предметами дослідження було обрано овочеві напівфабрикати: баклажани смажені (рецептура № 367) [5] та картопляні дольки смажені барбекю [6].

Для пошуку оптимальних умов процесу ІЧ-смаження овочів було розроблено план і реалізовано активний факторний експеримент [4].

За фактори, що варіюються, прийняті:

x_1 – споживана джерелом ІЧ-випромінювання потужність за стадіями обробки, Вт;

x_2 – товщина зразку, м;

x_3 – відстань від продукту до джерела випромінювання, м.

За функції відгуку прийняті:

y_1 – втрати маси під час теплової обробки продукту (Δm), %:

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (1)$$

де m – маса продукту до випробувань, г;

m_1 – маса кінцевого продукту після випробування, кг;

y_2 – питомі витрати електроенергії за один цикл обробки (W), Вт·г/кг;

$$W = \frac{E}{m}, \quad (2)$$

де E – витрати електроенергії за час одного циклу обробки, Вт;

m – маса продукту до випробувань при кожному циклі смаження, кг;

y_3 – органолептична оцінка готового продукту, бал.

Межі варіювання підібрані з попередньо проведених дослідів і представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Межі варіювання факторів екстремального експерименту

Позначення	Фактори	Рівні			Інтервал варіювання
		1	0	2	
x_1	Споживана джерелом ІЧ-випромінювання потужність, Вт (відповідно на I та II стадіях процесу)	570	720	870	150
		270	420	570	150
x_2	Товщина продукту, м	0,010	0,015	0,020	0,005
x_3	Відстань від продукту до джерела випромінювання, м	0,02	0,03	0,04	0,01

Матриця планування експерименту являє собою напіврепліку від 2^4 , яку задано генеруючим співвідношенням: $x_4 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$. Визначальним контрастом у цьому випадку є: $I = + x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4$.

Якщо вважати рядок (1) парним, напіврепліку можна записати таким способом: (1), *ad, bd, ab, ac, cd, bc, abcd*. Матриця планування експерименту представлена в таблиці 2.

Таблиця 2 – Матриця планування 2^{4-1}

№ досліду	x_1	x_2	x_3	x_4	Буквене позначення
1	+	+	–	–	<i>ab</i>
2	–	–	–	–	<i>(1)</i>
3	+	–	–	+	<i>ad</i>
4	–	+	–	+	<i>bd</i>
5	+	+	+	+	<i>abcd</i>
6	–	–	+	+	<i>cd</i>
7	+	–	+	–	<i>ac</i>
8	–	+	+	–	<i>bc</i>

Для виключення впливу систематичних помилок проведено рандомізацію за часом дослідів, запланованих матрицею.

У дробовому факторному експерименті 2^{4-1} передбачається проведення двох паралельних дослідів для кожного випадку – усього 16 дослідів. Для рандомізації використано таблицю випадкових чисел, у результаті чого отримано випадкову послідовність дослідів.

Відтворення дробового факторного експерименту для картоплі та баклажанів представлено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Відтворення дробового факторного експерименту

№ досліду	Порядок реалізації	$x_1 (N_1/N_2)$, Вт	$x_2(h)$, м	$x_3(l)$, м	1. Втрати маси Δm , %				2. Питомі витрати електроенергії на повний цикл обробки Q , Дж/кг $\times 10^{-6}$				3. Органолептична оцінка кінцевого продукту Op , бал			
					Результати паралельних дослідів		\bar{y}_j	S_j^2	Результати паралельних дослідів		\bar{y}_j	S_j^2	Результати паралельних дослідів		\bar{y}_j	S_j^2
					1	2			1	2			1	2		
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
для картоплі																
1	2,15	570/270	0,005	0,04	5,15	4,12	4,64	1,3261	5,31	5,22	5,27	0,0101	3,8	4,0	3,90	0,0500
2	9,5	870/570	0,005	0,02	7,67	8,18	7,93	0,3251	4,16	4,38	4,27	0,0605	5,0	4,8	4,90	0,0500
3	12,14	570/270	0,010	0,02	5,88	6,14	6,01	0,0845	6,19	6,04	6,12	0,0281	4,0	4,0	4,00	0,0000
4	8,13	870/570	0,010	0,04	9,12	8,47	8,80	0,5281	5,45	6,05	5,75	0,4500	4,5	4,8	4,65	0,1125
5	1,16	570/270	0,005	0,02	5,55	6,23	5,89	0,5780	4,12	3,99	4,06	0,0211	4,0	4,4	4,20	0,2000

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	3,7	870/570	0,005	0,04	8,18	7,46	7,82	0,6480	5,25	4,87	5,06	0,1805	4,8	5,0	4,90	0,0500
7	4,11	570/270	0,010	0,04	6,24	6,89	6,57	0,5281	6,18	6,75	6,47	0,4061	3,0	2,8	2,90	0,0500
8	6,10	870/570	0,010	0,02	8,69	9,02	8,86	0,1361	5,12	5,64	5,38	0,3380	4,5	4,7	4,60	0,0500
для баклажанів																
1	3,12	570/270	0,005	0,04	14,4	15,0	14,70	0,4500	1,97	2,12	2,05	0,0281	3,2	3,5	3,35	0,1125
2	6,7	870/570	0,005	0,02	16,4	15,5	15,92	0,9680	2,25	2,05	2,15	0,0500	4,8	4,8	4,80	0,0000
3	4,16	570/270	0,010	0,02	13,2	13,2	13,19	0,0005	1,71	1,56	1,64	0,0281	4,2	4,0	4,10	0,0500
4	5,9	870/570	0,010	0,04	14,3	14,4	14,32	0,0045	1,98	2,14	2,06	0,0320	4,6	4,4	4,50	0,0500
5	11,15	570/270	0,005	0,02	12,2	12,4	12,27	0,0605	1,54	1,56	1,55	0,0005	3,8	4,0	3,90	0,0500
6	2,13	870/570	0,005	0,04	13,2	13,3	13,27	0,0245	1,49	1,81	1,65	0,1280	4,6	4,6	4,60	0,0000
7	8,14	570/270	0,010	0,04	12,8	13,1	12,95	0,0551	1,56	1,48	1,52	0,0080	3,2	3,0	3,10	0,0500
8	1,10	870/570	0,010	0,02	16,1	17,0	16,52	0,9245	2,02	1,95	1,99	0,0061	4,8	4,6	4,70	0,0500

Статистична обробка результатів експерименту, яка була проведена за стандартною методикою [6], надана в таблицях 4–5.

Таблиця 4 – Статистична обробка результатів ДФЕ для картоплі

№ дос-ліду	Функція	S_j^2	$G_{розр}$	S_y^2	S_{bi}^2	S_{bi}	Δb_i
1. Втрати маси Δm , %							
1	Δm_1	1,3261	0,3192	0,5193	0,0325	0,1803	$\pm 0,4255$
2	Δm_2	0,3251					
3	Δm_3	0,0845					
4	Δm_4	0,5281					
5	Δm_5	0,5780					
6	Δm_6	0,6480					
7	Δm_7	0,5281					
8	Δm_8	0,1361					
2. Питомі витрати електроенергії на повний цикл обробки Q , Дж/кг $\times 10^{-6}$							
1	Q_1	0,0101	0,3011	0,1868	0,0117	0,1082	$\pm 0,2553$
2	Q_2	0,0605					
3	Q_3	0,0281					
4	Q_4	0,4500					
5	Q_5	0,0211					
6	Q_6	0,1805					
7	Q_7	0,4061					
8	Q_8	0,3380					
3. Органолептична оцінка кінцевого продукту Op , бал							
1	A_1	0,0500	0,2000	0,0703	0,0044	0,0663	$\pm 0,1565$
2	A_2	0,0500					
3	A_3	0,0000					
4	A_4	0,1125					
5	A_5	0,2000					
6	A_6	0,0500					
7	A_7	0,0500					
8	A_8	0,0500					

Таблиця 5 – Статистична обробка результатів ДФЕ для баклажанів

№ дос-ліду	Функція	S_j^2	$G_{розр}$	S_y^2	S_{bi}^2	S_{bi}	Δb_i
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Втрати маси Δm , %							
1	Δm_1	0,4500	0,3891	0,3110	0,0194	0,1393	$\pm 0,3287$
2	Δm_2	0,9680					
3	Δm_3	0,0005					
4	Δm_4	0,0045					
5	Δm_5	0,0605					
6	Δm_6	0,0245					
7	Δm_7	0,0551					
8	Δm_8	0,9245					

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6	7	8
№ дослідю	Функція	S_j^2	$G_{розр}$	S_y^2	S_{bi}^2	S_{bi}	Δb_i
2. Питомі витрати електроенергії на повний цикл обробки Q , Дж/кг $\times 10^{-6}$							
1	Q_1	0,0281	0,4558	0,0351	0,0022	0,0469	$\pm 0,1107$
2	Q_2	0,0500					
3	Q_3	0,0281					
4	Q_4	0,0320	0,4558	0,0351	0,0022	0,0469	$\pm 0,1107$
5	Q_5	0,0005					
6	Q_6	0,1280					
7	Q_7	0,0080					
8	Q_8	0,0061					
3. Органолептична оцінка кінцевого продукту Op , бал							
1	A_1	0,1125	0,1379	0,0453	0,0028	0,0529	$\pm 0,1249$
2	A_2	0,0000					
3	A_3	0,0500					
4	A_4	0,0500					
5	A_5	0,0500					
6	A_6	0,0000					
7	A_7	0,0500					
8	A_8	0,0500					

Таблиця 6 – Перевірка значущості коефіцієнтів регресії

Параметри оптимізації	Коефіцієнти регресії	ДФЕ для картоплі		ДФЕ для баклажанів	
		Порівняння з довірчим інтервалом	Значущість, (\pm)	Порівняння з довірчим інтервалом	Значущість, (\pm)
$y_1(\Delta m)$	b_0	7,07 $>\pm 0,4255$	+	14,14 $>\pm 0,3287$	+
	b_1	1,29 $>\pm 0,4255$	+	0,87 $>\pm 0,3287$	+
	b_2	0,50 $>\pm 0,4255$	+	0,10 $<\pm 0,3287$	-
	b_3	-0,11 $<\pm 0,4255$	-	-0,33 $>\pm 0,3287$	+
$y_2(Q)$	b_0	5,30 $>\pm 0,2553$	+	1,83 $>\pm 0,1107$	+
	b_1	-0,18 $<\pm 0,2553$	-	0,14 $>\pm 0,1107$	+
	b_2	0,63 $>\pm 0,2553$	+	-0,02 $<\pm 0,1107$	-
	b_3	0,34 $>\pm 0,2553$	+	-0,01 $<\pm 0,1107$	-
$y_3(Op)$	b_0	4,26 $>\pm 0,1565$	+	4,13 $>\pm 0,1249$	+
	b_1	0,51 $>\pm 0,1565$	+	0,52 $>\pm 0,1249$	+
	b_2	-0,22 $>\pm 0,1565$	+	-0,03 $<\pm 0,1249$	-
	b_3	-0,17 $>\pm 0,1565$	+	-0,24 $>\pm 0,1249$	+

Таблиця 7 – Інтерпретація впливу факторів на параметри оптимізації у кодованих значеннях

Найменування параметру	Напрямок оптимізації	Електрична потужність, що подається на ТЕН (N_1/N_2), Вт			Товщина напівфабрикату (h), м		Відстань між решіткою з продуктом та ІЧ-випромінювачем (l), м		Функція відгуку параметра оптимізації в кодованих значеннях
		x_1	x_2	x_3	x_2	x_3			
ДФЕ для картоплі									
Втрати маси Δm , %	y_1	зменшення (↓)	↓	↓	статистично незначущий				$y_1 = 7,07 + 1,29x_1 + 0,50x_2$
Питомі витрати електроенергії на повний цикл обробки Q , Дж/кг $\times 10^{-6}$	y_2	зменшення (↓)	статистично незначущий	↓	↓				$y_2 = 5,30 + 0,63x_2 + 0,34x_3$
Органолептична оцінка кінцевого продукту Op , бал	y_3	підвищення (↑)	↑	↓	↓				$y_3 = 4,26 + 0,51x_1 - 0,22x_2 - 0,17x_3$
ДФЕ для баклажанів									
Втрати маси Δm , %	y_1	зменшення (↓)	↓	статистично незначущий	↑				$y_1 = 14,14 + 0,87x_1 - 0,33x_3$
Питомі витрати електроенергії на повний цикл обробки Q , Дж/кг $\times 10^{-6}$	y_2	зменшення (↓)	↓	статистично незначущий	статистично незначущий				$y_2 = 1,83 + 0,14x_1$
Органолептична оцінка кінцевого продукту Op , бал	y_3	підвищення (↑)	↑	статистично незначущий	↓				$y_3 = 4,13 + 0,52x_1 - 0,24x_3$

Висновки. Таким чином, аналізуючи систему емпіричних залежностей, бачимо, що всі фактори, включені до плану активного експерименту, у тій чи іншій мірі здійснюють вплив на його параметри.

Найбільший вплив на хід процесу як для картоплі, так і для баклажанів здійснює електрична потужність, що подається на ТЕН. Так, з підвищенням потужності підвищуються втрати маси овочевих продуктів, оскільки зростає інтенсивність опромінювання, що сприяє швидкому випресовуванню та випаровуванню вологи з поверхні напівфабрикатів.

Також з підвищенням потужності зростають питомі витрати електроенергії на повний цикл обробки, що є цілком природним.

Проте підвищення електричної потужності позитивно впливає на органолептичні властивості кінцевої продукції, оскільки зі збільшенням потужності зростають щільність променистого потоку та рівномірність опромінювання поверхні продуктів.

За рахунок цього продукт швидко досягає кулінарної готовності, а на його поверхні утворюється характерна кірочка підсмажування.

Такий фактор, як товщина напівфабрикату, згідно з отриманими результатами, є статистично незначущим для процесу смаження баклажанів, проте має істотний вплив на всі параметри процесу ІЧ-смаження картоплі. Збільшення товщини картопляного напівфабрикату приводить до збільшення витрат маси та надмірних витрат електроенергії. Окрім того товстий шар продукту нерівномірно досягає готовності (поверхня виробів підгоряє, коли середина ще залишається сирою), що негативно позначається на органолептичній оцінці готової продукції. Відмінність у значущості товщини напівфабрикату для картоплі і баклажанів можна пояснити відмінностями в їх хімічному та структурно-механічному складі.

Відстань між продуктом і джерелом ІЧ-випромінювання є впливовим фактором, хоча й у меншому ступені, ніж електрична потужність і товщина напівфабрикату, майже на всі параметри процесу. Так, збільшення відстані між решіткою та ІЧ-випромінювачем у процесі ІЧ-смаження картоплі приводить до збільшення питомих витрат електроенергії, оскільки за рахунок цього зменшується інтенсивність впливу променистої енергії на продукт і відповідно збільшується час обробки. Своєю чергою, це негативно впливає на органолептичні показники готової картоплі.

Збільшення відстані між решіткою з продуктом і ТЕНом в процесі смаження баклажанів зменшує витрати маси продуктом, проте це негативно відбивається на органолептичній оцінці готової продукції. Баклажани втрачають менше вологи, але це призводить до погіршення зовнішнього вигляду та смакових властивостей. Така відмінність порівняно з картоплею також може бути пояснена хімічним і структурно-механічним складом овочевих продуктів, а саме кількістю вологи, що міститься в сировинних продуктах, та формами її зв'язку.

Аналіз результатів розкриває особливості обробки овочевих продуктів ІЧ-випромінюванням в умовах відкритого робочого простору.

Надалі дослідження будуть спрямовані на перевірку отриманих залежностей і впровадження результатів на практиці. Так само планується проведення досліджень аналогічного процесу для інших овочів.

Список літератури /References

1. Лифляндский В. Г. Лечебные свойства пищевых продуктов / В. Г. Лифляндский, В. В. Закревский, М. Н. Андропова. – Санкт-Петербург : Азбука, 1996. – 1544 с.
Lifliandskii, V. G. Medicinal properties of foodstuffs [Lechebnye svoistva pishchevyh produktov] / V. G. Lifliandskii, V. V. Zakrevskii, M. N. Andronova. – St. Petersburg, Russia, 1996. – 1544 p.
2. Lee L. Health Effects of Microwave Radiation/ – Microwave Ovens [Electronic resource] / Lita Lee, Ph. D. – Electron. text data (113600 byte). – Mode of the access: <http://www.vaccinetruth.org/microwave.htm>.
3. Топольник В. Г. Порівняльний аналіз сучасного ІЧ-обладнання з відкритою робочою зоною / В. Г. Топольник, Ю. М. Коренець // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. – Донецьк : ДонНУЕТ, 2007. – Вип. 17. – С. 53–59.
Topolnyk, V. G. Comparative analysis of modern IR-equipment with opened working area [Porivnialnyi analiz suchasnogo ICh-obladnannia z vidkrytoiu robochoiu zonoiu] / V. G. Topolnyk, Yu. N. Korenets // Equipment and technology of food production. – 2007. – Vol. 17. – P. 53–59.
4. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий : для предприятий обществ. питания / авт.-сост.: А. И. Здобнов, В. А. Цыганенко, М. И. Пересичный. – Киев : А.С.К., 2001. – 656 с.

- Zdobnov, A. I. Collection of recipes of food and culinary products: for catering [Sbornik receptur blyud i kulinarных izdelij: dlya predpriyatij obshhestv. pitaniya] / A. I. Zdobnov, V. A. Tsyganenko, M. I. Peresichnyi. – Kiev, Ukraine, 2001. – 656 p.
5. Барбекю ; пер. с англ. Т. В. Левичева. – Москва : Издательский дом «Ниола 21-й век», 2003. – 96 с.
- Levicheva, T. V. Barbecue. – Moscow, Russia, 2003. – 96 p.
6. Топольник В. Г. Пошук оптимальних умов процесу теплової обробки напівфабрикатів зі свинини ІЧ-випромінюванням в умовах відкритого робочого простору / В. Г. Топольник, Ю. М. Коренець // Вісник ДонНУЕТ. Серія: Техн. науки. – 2009. – № 1(41) – С. 91–99.
- Topolnyk, V. G. Search of the optimal conditions of thermal treatment process of pork semis by infrared radiation in the open workspace conditions [Poshuk optymalnykh umov protsesu teplovoi obrobky napivfabrykativ zi svynyny] / V. G. Topolnyk, Yu. N. Korenets // Vestnik DonNUET. – 2009. – No. 1(41). – P. 91–99.

Цель. Целью работы является разработка научно обоснованных рекомендаций по осуществлению тепловой обработки пищевого сырья растительного происхождения ИК-излучением в открытом рабочем пространстве и требований к технологическим параметрам оборудования, используемого при этом виде обработки.

Методика. Работа содержит описание активного эксперимента, проведенного для определения оптимальных параметров процесса ИК-жарки овощных полуфабрикатов в условиях открытого рабочего пространства.

Результаты. Получены эмпирические зависимости, раскрывающие закономерности процесса и имеющие практическую пользу для проведения дальнейших научных исследований в данном направлении и разработки рекомендаций для реального производства.

Научная новизна. Впервые исследован процесс ИК-жарки в условиях открытого рабочего пространства овощных полуфабрикатов определенного ассортимента.

Практическая значимость. На основе результатов, полученных в ходе исследования, сформулированы практические рекомендации для разработчиков и пользователей ИК-оборудования с открытым рабочим пространством.

Ключевые слова: ИК-обработка, ИК-жарка, гриль, барбекю, пищевое сырье, открытое рабочее пространство, параметр процесса, активный эксперимент.

Objective. The present article is aimed to develop scientifically grounded guidelines for the implementation of thermal treatment of food raw materials of plant origin with the help of infrared radiation in an open workspace and requirements for equipment technological parameters used in such type of treatment.

Methods. The work comprises the description of the active experiment conducted to determine the optimal parameters of the process of vegetable semis IR-grilling in the open workspace conditions.

Scientific results. Empirical dependences which reveal regularities of the process and have a practical benefit for further research in this area, and make recommendations for the real production are received.

Scientific originality. For the first time the process of IR-grilling in the open workspace conditions of vegetable semis of certain range is investigated.

Practical value. On the basis of the results, obtained during the scientific research, practical guidelines for developers and users of IR-equipment with an open workspace are stated.

Key words: IR-processing, IR-grilling, grill, barbecue, food raw materials, the open workspace, process parameters, the active experiment.