

2. Прогрессивные процессы концентрирования нетрадиционного плодовоовощного сырья : монография / А. И. Червко [и др.] ; Харьк. гос. ун-тет пит. и торг. – Х. : ХГУПТ, 2009. – 241с.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© О.І. Червко, Л.В. Кіптела, О.Є. Загорулько, 2012.

УДК 664.002.5:640.432

О.І. Червко, д-р техн. наук

В.О. Скрипник, канд. техн. наук

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ АПАРАТІВ ДЛЯ КОНДУКТИВНОГО ЖАРЕННЯ М'ЯСА

Розглянуто питання оцінки енергетичної ефективності і напрямків зниження енерговитрат апаратів кондуктивного жарення м'яса.

Rассмотрен вопрос оценивания энергетической эффективности и направлений снижения энергозатрат аппаратов кондуктивного жарения мяса.

The problem of estimation of energy efficiency and reducing energy consumption trends apparatus frying meat on-the-spot.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В умовах енергетичної кризи економіка України постала перед практичною неплатоспроможністю через відсутність в достатній кількості власних енергоносіїв, неконкурентоспроможність вітчизняних товарів і продуктів внаслідок високої енергоємності і відсталості виробництв, відсутності культури споживання енергоносіїв. На підприємствах харчової промисловості України питомі витрати енергії на виробництво харчових продуктів, за даними авторів [1], в 2...4 рази вищі, ніж в середньому в Європі, і 3...6 разів вище, ніж у Франції. Автори [1] пропонують впровадити на рівні держави основи енергетичної стратегії розвитку підприємств агропромислового комплексу (АПК), які складатимуться з двох основних напрямків: підвищення культури використання енергії і створення системи енергетичного моніторингу. Результатом цих двох напрямів мають бути програми підвищення ефективності використання енергії на окремих підприємствах і галузі в цілому. Першим етапом роботи центру чи групи енергетичного моніторингу, які потрібно створити на підприємствах АПК, є енергетична ревізія окремих ділянок

виробництва для отримання інформації щодо рівня витрат усіх видів ресурсів і визначення питомих витрат енергії на вироблення продукції.

Ресторанне господарство є складовою частиною галузі АПК, і йому притаманні усі недоліки цієї галузі. Одним із найбільш розповсюджених процесів теплового оброблення харчових продуктів на підприємствах ресторанного господарства є процес кондуктивного жарення виробів із м'яса, який характеризується високою енергоємністю, великими втратами вихідної сировини (до 40%) і витратами ручної праці. Для його реалізації на підприємствах ресторанного господарства використовують, у більшості випадків, плити з наплитним посудом та сковороди, і лише деякі підприємства обладнані грилями для безпосереднього жарення та апаратами для двостороннього теплового оброблення. Такому надзвичайному розповсюдженню плити завдячують своїй універсальності, а сковороди – зручності використання та санітарної обробки, а також ментальності працівників ресторанного господарства, яку отримано в спадщину від колишнього СРСР з дешевими енергоносіями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективність процесів кондуктивного жарення, які реалізуються у вищенаведених апаратах, оцінюється тепловим коефіцієнтом корисної дії η_t (тепловий ККД), який показує частку корисно використаної енергії, тобто енергії, отриманої продуктом, а $1-\eta_t$ показує частку втраченої енергії, здебільшого, в навколишнє середовище, і питомою витратою енергоносія [2].

Технічні характеристики апаратів кондуктивного жарення не відображують їх ефективності, а визначення її у виробничих умовах пов'язане з певними труднощами, а саме з відсутністю необхідних методик і пристроїв. Дані, наведені в наукових джерелах, стосуються лише певних видів обладнання і різних продуктів, що проходять теплове оброблення.

Мета та завдання статті. Метою статті є енергетична ревізія процесу кондуктивного жарення порційних виробів з натурального м'яса в апаратах для його реалізації і розробка рекомендацій щодо зменшення питомих витрат енергоносіїв при його реалізації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Тепловий ККД визначався для процесу кондуктивного жарення в наступних апаратах періодичної дії: сковороді СЕСМ-0,2 [3], плиті ПЕ-0,17-01 [3] з наплитною функціональною ємністю GN1/1, настільній плиті з однією інфрачервоною склокерамічною конфоркою SEB [3] і наплитною сковородою фірми Tefal, плиті для безпосереднього жарення на робочій поверхні (гриля для безпосереднього жарення) GH-VEG-833 фірми «Gastrotag» [3], апараті для двостороннього жарення (контактного гриля) Elio L фірми «Nuova Simonelli» [3], апараті для

двостороннього жарення в умовах стиснення ПУСКУ-1 [3]. Технічні характеристики даних апаратів наведено в таблиці 1.

Для визначення теплового ККД апаратів необхідні певні дані, отримати які можливо лише за допомогою експериментальних досліджень, сутність яких полягала в наступному.

Об'єктом дослідження був процес кондуктивного жарення порційних м'ясних натуральних виробів.

Предметами дослідження були вищенаведені апарати для реалізації цього процесу, напівфабрикати порційних м'ясних натуральних виробів (ескалоп), готові порційні м'ясні натуральні вироби (ескалоп).

Жаренню піддавались напівфабрикати ескалопу, виготовлені з корейки зі свинини, масою 0,1 кг, від початкової температури $t_{\text{поч}}=15^{\circ}\text{C}$ до кінцевої в центрі $t_{\text{ц}}=80^{\circ}\text{C}$. Початкова $t_{\text{поч}}$ і кінцеві температури в центрі $t_{\text{ц}}$ і в кірочках просмажування $t_{\text{кір}}$, температури робочих поверхонь і жиру на них визначались за допомогою мультиметрів MASTECH M890G з хромель-копелевими термопарами ХК-0,5; витрата електроенергії на процес жарення – за допомогою лічильника електроенергії багатофункціонального «Енергія-9» типу СТКЗ, тривалість процесу – за допомогою секундоміра; маса напівфабрикатів $G_{\text{н/ф}}$ і готових гарячих виробів $G_{\text{гв}}$ – за допомогою циферблатних ВНЦ-6ЦЗУ і електронних аналітичних AXIS AD600 ваг.

Таблиця 1 – Технічні характеристики апаратів для кондуктивного жарення

Показник	СЕСМ-0,2	ПЕ-0,17-01	SEB	GH-VEG-833	Elio L	ПУСКУ-1
Площа робочої поверхні, м ²	0,2	0,17	0,0314	0,22	0,0612	0,048
Потужність, кВт	6	4	1,5	2,75	1,55	1,4
Тривалість розігрівання до робочої температури, хв.	45	-	-	25	7	8
Тривалість одного циклу жарення, с	-	-	-	-	180	60
Габаритні розміри, мм						
довжина	1050	500	350	550	260	345
ширина	840	800	600	400	500	400
висота	860	330	50	240	500	300
Маса, кг	185	50	5	18	15	15,5

Вихід готового продукту z розраховувався за формулою [2]

$$z = \frac{G_{н/ф}}{G_{гв}}$$

Корисно використане тепло Q_1 визначалось за формулою [2]

$$Q_1 = G_{н/ф} \cdot [c_p \cdot \Delta t_v + (1-z) \cdot r \cdot \varepsilon_r], \text{ Дж};$$

де c_p – питома теплоємність напівфабрикату, для свинини $c_p = 3440$ Дж/(кг·°C);

Δt_v – середньооб’ємна зміна температури виробу в кінці процесу, °C

$$\Delta t_v = t_v - t_{нов}, \text{ °C};$$

t_v – середньооб’ємна температура виробу в кінці процесу, °C; оскільки об’єм кірочки просмажування при $t_{кір} \geq 130^\circ \text{C}$ не перевищує 10% об’єму виробу, температура готового виробу під кірочкою становить 100°C , а в центрі виробу $t_{ц} = 80^\circ \text{C}$, тобто середня температура внутрішньої частини виробу під кірочкою становить 90°C

$$t_v = 0,1 \cdot t_{кір} + 0,9 \cdot 90, \text{ °C};$$

для виробів, у яких $t_{кір} < 130^\circ \text{C}$ об’єм кірочки просмажування не перевищує 5%, а середньооб’ємна температура виробу в кінці процесу становить

$$t_v = 0,05 \cdot t_{кір} + 0,95 \cdot 90, \text{ °C};$$

r – теплота пароутворення вологи при заданому тиску, Дж/кг; для атмосферного тиску $r = 2258 \cdot 10^3$ Дж/кг, для надлишкового тиску $5 \cdot 10^3$ Па в апараті Elio L $r = 2256 \cdot 10^3$ Дж/кг, для надлишкового тиску $15 \cdot 10^3$ Па в апараті ПУСКУ-1 $r = 2255 \cdot 10^3$ Дж/кг.

ε_r – коефіцієнт фазового перетворення (відношення кількості вологи, що випаровувалася, до загальних втрат вологи продуктом); $\varepsilon_r = 1$, так як вироби зважувались відразу після виймання з апарату.

Для визначення коефіцієнта використання площі поверхонь жарення на холодних поверхнях жарення вищенаведених апаратів розміщувались напівфабрикати ескалопів масою 0,1 кг при раціональному розташуванні їх на поверхнях жарення, що дозволяло свочасно і зручно здійснювати їх перевертання і вивантаження.

Результати досліджень коефіцієнта використання $k_{пп}$ площі поверхонь жарення і питомої поверхневої потужності апаратів для кондуктивного жарення періодичної дії наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати досліджень коефіцієнта використання площі поверхонь жарення і питомої потужності в електричних апаратах для кондуктивного жарення періодичної дії

Показник	СЕСМ-0,2	ПЕ-0,17-01	SEB	GH-VEG-833	Еліо L	ПУСКУ-1
Площа днища наплитного посуду, м ²	-	0,168	0,0346	-	-	-
Коефіцієнт використання площі наплитним посудом	-	0,988	1,102	-	-	-
Площа виробу, м ²	0,0088	0,0088	0,0088	0,0088	0,0088	0,0088
Кількість виробів на поверхні, шт.	18	15	3	19	5	4
Загальна площа виробів на поверхні, м ²	0,1584	0,132	0,0264	0,1672	0,044	0,0352
Коефіцієнт використання площі поверхні $k_{\text{пл}}$	0,792	0,786	0,763	0,76	0,718	0,733
Питома поверхнева потужність, кВт/м ² - відносно нижньої поверхні	30,00	23,52	47,77	12,50	25,32	29,16
- відносно двох поверхонь	-	-	-	-	12,66	14,58

Аналіз даних табл. 2 дозволяє зробити висновок, що коефіцієнт використання площі поверхонь жарення апаратів кондуктивного жарення періодичної дії під час обробки м'ясних порційних напівфабрикатів суттєво не відрізняється і знаходиться в межах 0,718...0,792.

Питома поверхнева потужність апаратів періодичної дії для реалізації процесу кондуктивного жарення істотно відрізняється. Висока питома поверхнева потужність плит з використанням наплитного посуду – 23,52 кВт/м² для ПЕ-0,17-01 і 47,77 кВт/м² для SEB – пояснюється їх універсальністю. Доволі висока питома поверхнева потужність сковороди СЕСМ-0,2 – 30,00 кВт/м² також пояснюється її певною універсальністю, яка виходить з призначення. Апарати, призначені для безпосереднього здійснення процесу кондуктивного жарення, мають невелику питому поверхневу

потужність – від 12,5 для GH-VEG-833 до 12,66 кВт/м² для Elio L і 14,58 кВт/м² для ПУСКУ-1.

Процес жарення здійснювався при початковій температурі жиру на робочих поверхнях 180° С в апаратах для жарення основним способом і при початковій температурі робочих поверхонь 150° С в апаратах для двостороннього теплового оброблення. Перевертання виробів під час жарення в апаратах для одностороннього теплового оброблення здійснювалось при досяганні температури в центрі виробів 60° С. Вироби виймалися з апаратів у разі досягнення температури в центрі 80° С і відразу зважувались. Результати досліджень зведені в таблицю 3.

Таблиця 3 – Результати досліджень тривалості жарення і виходу готового продукту

Показник	СЕСМ-0,2	ПЕ-0,17-01	SEB	GH-VEG-833	Elio L	ПУСК У-1
Маса напівфабрикатів G, кг	1,790	1,500	0,300	1,880	0,502	0,400
Маса готових виробів G _{гв} , кг	1,234	1,009	0,222	1,183	0,407	0,36
Вихід z, кг/кг	0,689	0,673	0,697	0,629	0,81	0,90
Початкова температура робочої поверхні апарата (без посуду), °С	190	350	320	190	150	150
Мінімальна температура робочої поверхні під час жарення, °С	140	244	230	116	128	106
кінцева температура виробів:						
- в центрі	80	80	80	80	80	80
- в кірочці з одного боку	132	139	138	135	125	125
- в кірочці з другого боку	100	100	100	98	120	120
Тривалість жарення до перевертання, с	300	298	288	530	–	–
Тривалість жарення після перевертання, с	200	194	192	370	–	–
Загальна тривалість процесу жарення, с	500	492	480	900	254	150

Як видно з табл. 3, тривалість процесу жарення τ в апаратах істотно відрізняється – від 150 с в апараті ПУСКУ-1 до 720 с в грилі для безпосереднього жарення GH-VEG-833. Вихід готового продукту z так само істотно коливається – від 0,90 в апараті ПУСКУ-1 до 0,629 в грилі для безпосереднього жарення GH-VEG-833. Таким чином, можна зробити висновок, що вихід готового продукту залежить від тривалості процесу жарення.

Розраховано середнє значення потужності за процес жарення, корисно витрачене тепло, тепловий ККД і питома витрата електроенергії на приготування 1 кг готових виробів в апаратах для кондуктивного жарення. Дані наведено в таблиці 4.

Як видно з табл. 4, найбільші значення теплового ККД мають апарати для двостороннього жарення – 0,8839 у Elio L і 0,9377 у ПУСКУ-1. Найменші ККД мають плита SEB з наплитною сковородою Tefal і сковорода СЕСМ-0,2 (0,7039 і 0,7205 відповідно), що можна пояснити наявністю великих розігрітих до досить високих температур тепловтратних поверхонь (відкрита кришка, бортова поверхня сковороди, відбортування та ін.). Найбільший тепловий ККД 0,8430 поміж апаратів для жарення основним способом має гриль для безпосереднього жарення GH-VEG-833 фірми «Gastrorag».

Як свідчать отримані експериментальні дані, середня потужність за процес жарення менше потужності в наступних апаратах: сковороді СЕСМ-0,2 (4838,4 Вт проти 6000 Вт) і плиті з інфрачервоним пальником SEB (864 Вт проти 1500 Вт), що пояснюється періодичним увімкненням і вимкненням нагрівальних елементів за допомогою терморегулятора або реле температури. Це свідчить про те, що підведеної потужності нагрівальних елементів цілком достатньо для компенсації корисно використаного тепла і втрат тепла в навколишнє середовище.

Низький тепловий ККД 0,7205 сковороди СЕСМ-0,2 свідчить про недоцільність її використання для жарення м'ясних порційних напівфабрикатів. У плиті ПЕ-0,17-01 середня потужність за процес відповідає потужності нагрівальних елементів (4000 Вт проти 4000 Вт), а доволі низький тепловий ККД 0,7724 свідчить про значні втрати тепла в навколишнє середовище поверхніми конфорки, функціональної ємності, нещільність контакту днища ємності і конфорки, а також значним термічним опором перенесенню тепла між граючою поверхнею і продуктом, що нагрівається. В апараті GH-VEG-833 тепловий ККД порівняно високий – 0,8430, середня потужність за процес відповідає потужності (1550 Вт проти 1550 Вт), а надзвичайно велика тривалість процесу жарення 720 с і невисокий

вихід готового продукту 0,629 свідчить про недостатню потужність нагрівальних елементів, що призводить до збільшення тривалості процесу жарення і, фактично, до випарювання із виробів вологи при невисокій температурі поверхні жарення. В апаратах Elio L і ПУСКУ-1 середня потужність за процес відповідає потужності (відповідно, 1550 Вт і 1392 Вт проти 1550 Вт і 1400 Вт), а невідповідність заявленої тривалості одного циклу жарення (табл. 1) фактичній тривалості (табл. 3) свідчить також про недостатню потужність електронагрівальних елементів.

Таблиця 4 – Результати визначення теплового ККД процесу, середньої потужності за процес і питомої витрати електроенергії

Показник	СЕСМ-0,2	ПЕ-0,17-01	SEB	GH-VEG-833	Elio L	ПУСКУ-1
Витрата електроенергії на процес жарення, кВт·год	0,672	0,547	0,102	0,688	0,109	0,058
Середня потужність нагрівальних елементів за процес, Вт	4838	4000	864	2750	1549	1392
Корисно використане тепло, Дж	1743130	1520962	258478	2087968	346858	195808
<i>Тепловий ККД</i>	<i>0,7205</i>	<i>0,7724</i>	<i>0,7039</i>	<i>0,8430</i>	<i>0,8839</i>	<i>0,9377</i>
<i>Питома витрата електроенергії, кВт·год./кг</i>	<i>0,5446</i>	<i>0,5421</i>	<i>0,4595</i>	<i>0,5816</i>	<i>0,2678</i>	<i>0,1611</i>

Наведені значення теплових ККД у реальних умовах експлуатації для розглянутих апаратів мають ще нижчі значення, що пов'язано з додатковими втратами енергоносія під час завантаження напівфабрикатів і вивантаження готових виробів, очищення поверхонь жарення від пригорілих залишків готового продукту. Особливо це стосується плит, під час експлуатації яких, крім вказаних втрат, існують втрати тепла робочою поверхнею конфорок через невисокий

коефіцієнт використання площі поверхні наплитним посудом (не більше 0,6...0,7).

Найменшу питому витрату електроенергії мають апарати ПУСКУ-1 і Elio L (0,1611 кВт·год./кг і 0,2678 кВт·год./кг), найбільшу – гриль для безпосереднього жарення GH-VEG-833 (0,5816 кВт·год./кг), хоча його тепловий ККД має найбільше значення (0,8430) серед апаратів для жарення основним способом. Найменшу питому витрату електроенергії, з апаратів для жарення основним способом, має плита SEB з наплитною сковородою Tefal (0,4595 кВт·год./кг), а питомі витрати електроенергії сковороди СЕСМ-0,2 і плити ПЕ-0,17-01 з функціональною ємністю GN-1/1 майже не відрізняються (0,5446 кВт·год./кг проти 0,5421 кВт·год./кг). Питома витрата електроенергії апарата ПУСКУ-1 в 2,85...3,61 рази менша, ніж у апаратів для жарення основним способом, і в 1,66 рази менша, ніж у апарата для двостороннього жарення Elio L.

Органолептичні показники готових виробів оцінювались за 5-бальною шкалою за наступними показниками: зовнішній вигляд, колір, запах, смак, консистенція. Результати органолептичної оцінки готових виробів після теплового оброблення в електричних апаратах для кондуктивного жарення періодичної дії наведені в таблиці 5.

Як свідчать дані табл. 5, зовнішній вигляд і колір готових виробів найгіршими були після процесу жарення в апаратах ПЕ-0,17 і SEB: поверхня виробів значно деформована, підгоріла, а смак – підгорілого м'яса, що пояснюється збільшеною температурою кірочки – відповідно, 139° С і 138° С – через відсутність підтримання температури процесу на заданому рівні; консистенція – жорстка і суха.

Таблиця 5 – Результати органолептичної оцінки готових виробів після теплового оброблення

Показник	Кількість балів у готових виробів після теплової обробки в апаратах					
	СЕСМ-0,2	ПЕ-0,17-01	SEB	GH-VEG-833	Elio L	ПУСКУ-1
Зовнішній вигляд	4	3	3	4	4	4
Колір	4	3	3	3	5	5
Запах	4	3	3	4	5	5
Смак	4	3	3	3	5	5
Консистенція	3	3	3	3	4	5
Середній бал	3,8	3	3	3,4	4,6	4,8

Готові вироби після апарата GH-VEG-833 мали жорстку і суху консистенцію через невисокий вихід готового продукту. Найкращими виявились органолептичні показники готових виробів після жарення в апаратах Elio L і ПУСКУ-1, хоча і мали різні за кольором верхні і нижні кірочки через різні кінцеві температури.

Висновки. Проведені експериментальні дослідження і аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки і рекомендації:

- тривалість процесу кондуктивного жарення, вихід порційних виробів із натурального м'яса і питома витрата електроенергії істотно залежить від питомої поверхневої потужності поверхонь жарення: нестача питомої поверхневої потужності призводить до збільшення тривалості процесу жарення, зменшення виходу готового продукту і збільшення питомої витрати електроенергії;

- у грилях для безпосереднього жарення, зокрема грилі GH-VEG-833 фірми «Gastrogag», через невеликий вихід готового продукту, великі тривалість процесу і питому витрату електроенергії існуюча питома поверхнева потужність потребує істотного збільшення;

- в апаратах для двостороннього жарення і двостороннього жарення в умовах стиснення існуюча питома поверхнева потужність потребує істотного збільшення;

- використовувати сковороди для здійснення процесу кондуктивного жарення порційних напівфабрикатів із натурального м'яса в діяльності підприємств ресторанного господарства недоцільно через велике значення питомої витрати електроенергії і невисокий тепловий ККД;

- проведення процесу кондуктивного жарення порційних напівфабрикатів з натурального м'яса в апаратах, які не можуть підтримувати температуру процесу на заданому рівні – плитах – недоцільно через значний перегрів поверхонь виробів і, як наслідок, утворення в них канцерогенних речовин ендogenous походження – гетероциклічних ароматичних амінів [4], а також через велике значення питомої витрати електроенергії і невисокий тепловий ККД;

- проведення процесу кондуктивного жарення порційних напівфабрикатів із натурального м'яса через найменшу питому витрату електроенергії 0,1611 кВт·год./кг найбільш доцільне в апаратах для двостороннього жарення в умовах стиснення, зокрема ПУСКУ-1;

- регулювання температури поверхонь жарення в апаратах для двостороннього жарення, в т.ч. в умовах стиснення, по нижній поверхні призводить до перегріву верхньої поверхні жарення і, як

наслідок, до різного ступеня просмажування верхньої і нижньої поверхонь виробів;

– конструкція апаратів для двостороннього жарення, в т.ч. в умовах стиснення, потребує вдосконалення регулювання температури верхньої і нижньої поверхонь жарення шляхом встановлення окремих терморегуляторів або двохпозиційного електронного терморегулятора;

– методика оцінки енергетичної ефективності процесів і апаратів жарення за тепловим ККД і питомою витратою електроенергії потребує вдосконалення, а пошук методу більш глибокої оцінки енергетичної ефективності процесів і апаратів кондуктивного жарення м'яса є актуальним завданням.

Використання отриманих висновків і рекомендацій під час розробки і виготовлення обладнання для реалізації процесу кондуктивного жарення харчових продуктів, а також на практиці підприємств ресторанного господарства, дозволить істотно зменшити витрати енергоносіїв, збільшити вихід і покращити якість готового продукту.

Список літератури

1. Бурдо О. Г. Энергетическая стратегия развития агропромышленного комплекса в условиях кризиса [Электронный ресурс] / О. Г. Бурдо, С. М. Буйвол, С. М. Бандура // Problemele energeticii regionale. – 2009. – 1 (9). Режим доступа : <ieasm.webart.md/data/m71_2_93.doc.>.

2. Беляев М. И. Совершенствование процессов тепловой обработки продуктов в общественном питании / М. И. Беляев, Л. З. Шильман. – М. : Экономика, 1975. – 112 с.

3. Дорохин В. О. Теплове обладнання підприємств харчування : підручник / В. О. Дорохин, Н. В. Герман, О. П. Шеляков. – Полтава : ПУСКУ, 2004. – 583 с.

4. Ратушный А. С. Потенциально опасные гетероциклические ароматические амины в жареных мясных изделиях / А. С. Ратушный, А. Т. Ширшов, А. А. Соляков // Вісник ДонДУЕТ. Серія “Технічні науки”. – Донецьк : ДонДУЕТ, 1999. – № 4. – С. 47–51.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© О.І. Черевко, В.О. Скрипник, 2012.