

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Обладнання переробної і харчової
промисловості»
Хорольський В.П.
« ____ » _____ 2023 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**
на здобуття ступеня вищої освіти «Магістр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
за освітньою програмою «Обладнання переробної і харчової промисловості»

на тему: **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СМАЖЕННЯ КАРТОПЛІ ТА
УДОСКОНАЛЕННЯ ФРИТЮРНОГО АПАРАТУ**

Виконав:

здобувач вищої освіти Коржов Андрій Михайлович
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник:

доцент, к.п.н., Цвіркун Л.О.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

Форма здобуття вищої освіти денна

Ступінь магістр

Галузь знань Механічна інженерія

Освітня програма Обладнання переробної і харчової промисловості

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми «Обладнання
переробної і харчової промисловості»
Хорольський В.П.

« » 2023 року

З А В Д А Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Коржов Андрій Михайлович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Дослідження процесу смаження картоплі та удосконалення фритюрного апарату»

Керівник роботи к.п.н., Цвіркун Л.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського від « 02 » травня 2023 р. № 69-с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи « 22 » листопада 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Технічна документація до устаткування.

2. Монографії, наукові статті, автореферати дисертацій, тези доповідей на наукові конференції.

3. Навчальна і методична література, інформація мережі Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.

2. Аналітичний огляд обладнання для смаження картоплі фрі.

3. Удосконалення апарату для смаження картоплі фрі.

4. Аналіз результатів досліджень.

5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Схеми обладнання для смаження картоплі фрі.

Визначення кольору картопляної чіпси та її невеликої круглої ділянки в одиницях $L^*a^*b^*$.

Визначення кольору м'яса птиці за допомогою традиційних інструментальних методів та інноваційних методів вимірювання кольору.

Схема фритюрниці з пристроєм для визначення колірних характеристик картоплі фрі у процесі смаження.

Схема перенесення тепла та маси у процесі смаження у фритюрі.

Аналіз колірних характеристик картоплі фрі.

Калібрувальні криві для зв'язку L^* (А), a^* (Б) та b^* (В) кольору зразків картоплі фрі та їх якості.

6. Дата видачі завдання «1» вересня 2023 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	4.09-20.09.2023 р.
2	Аналітичний огляд обладнання для смаження картоплі фрі	21.09-18.10.2023 р.
3	Удосконалення апарату для смаження картоплі фрі	19.10-08.11.2023 р.
4	Аналіз результатів досліджень	09.11-15.11.2023 р.
5	Висновки по роботі	16.11-22.11.2023 р.
6	Оформлення роботи і подання до захисту	23.11-26.11.2023 р.

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Коржов А.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Цвіркун Л.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура магістерської роботи. Повний обсяг магістерської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 42 сторінки. Робота містить: 5 таблиць, 22 рисунка. Список використаних джерел складається з 14 найменувань.

Об'єкт роботи – апарат для смаження картоплі фрі (фритюрниця).

Предмет роботи – процес смаження картоплі фрі.

Мета роботи – дослідження процесу смаження картоплі та удосконалення фритюрного апарату.

У роботі зазначено, що якість харчових продуктів є динамічною, комплексною характеристикою, яка визначає ступінь прийнятності продуктів споживачем. Найбільш вагомим якісним показником, що впливає на вибір споживача, є зовнішній вигляд продукту.

На основі аналізу, було зазначено, що у процесі смаження продуктів харчування виділяють два періоди. У перший період волога випаровується в основному з поверхні, з постійною швидкістю відбувається безперервне підвищення температури продукту. У другому періоді швидкість видалення вологи знижується, а температура сировини стає постійною та дорівнює приблизно 100°C.

Здійснено аналіз традиційних інструментальних методів та інноваційних методів вимірювання кольору. Зазначено, що традиційні підходи до вимірювання та вираження кольору за допомогою інструментального обладнання можуть недостатньо точно та об'єктивно визначати показники кольору. Методи комп'ютерного зору дозволяють вилучити кількісну інформацію про колір з цифрових зображень за допомогою обробки та аналізу, в результаті чого здійснюється швидке і безконтактне вимірювання кольорових характеристик.

Запропоновано здійснювати розпізнавання кольору готової смаженої картоплі за допомогою системи комп'ютерного зору. Основна суть удосконалення апарату полягає в наступному: за допомогою фотокамери фіксується колір готового продукту після чергового смаження, далі виконується аналіз отриманих зображень продукту, вилучення з попередньо збережених баз даних відомостей про колір картоплі фрі, визначення відповідності необхідного рівню кольору готового продукту.

Для визначення характеристик зміни кольору картоплі фрі у процесі смаження було проведено експеримент. Для аналізу зразки смаженої картоплі викладалися на тарілку та фотографувалися. Зображення аналізувалися за допомогою комп'ютерної програми аналізу зображень ImageJ. Забарвлення продукту (готова картопля фрі) використовувалося як критерій його якості. З метою визначення числових значень колірних характеристик L^* , a^* , b^* для якісно просмаженої, недосмаженої та пересмаженої картоплі фрі були використані відповідні критерії. Після отриманих значень для L^* , a^* , b^* зразки різного ступеня прожарки були проаналізовані за шкалою градації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: фритюрниця, смаження, картопля, система комп'ютерного зору, вимірювання параметрів кольору, колірні характеристики.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СМАЖЕННЯ КАРТОПЛІ ФРІ	7
1.1 Технологічний процес приготування обсмаженої картоплі	7
1.2 Устаткування для смаження картоплі фрі	11
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ ДЛЯ СМАЖЕННЯ КАРТОПЛІ ФРІ	18
2.1 Традиційні інструментальні методи та інноваційні методи вимірювання кольору	18
2.2 Система комп'ютерного зору для вимірювання параметрів кольору	20
2.3 Удосконалення апарату для смаження картоплі за допомогою системи комп'ютерного зору	25
2.4 Теплофізичні процеси під час смаження	28
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	33
3.1 Дослідження кольорових характеристик картоплі фрі у процесі смаження	33
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40
ДОДАТКИ	41

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Коржов</i>				Дослідження процесу смаження картоплі та удосконалення фритюрного апарату	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						5	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що якість харчових продуктів є динамічною, комплексною характеристикою, яка визначає ступінь прийнятності продуктів споживачем. Найбільш вагомим якісним показником, що впливає на вибір споживача, є зовнішній вигляд продукту. Цей всеосяжний термін включає розмір, форму, текстуру, масу, блиск, колір та інші показники. Колір поверхні харчових продуктів є головним параметром якості, що оцінюється споживачами та має вирішальне значення при виборі товару.

Мета та задачі дослідження. Метою магістерської роботи є дослідження процесу смаження картоплі та удосконалення фритюрного апарату.

Практична та наукова новизна. На основі аналізу, було зазначено, що у процесі смаження продуктів харчування виділяють два періоди. У перший період волога випаровується в основному з поверхні, з постійною швидкістю відбувається безперервне підвищення температури продукту. У другому періоді швидкість видалення вологи знижується, а температура сировини стає постійною та дорівнює приблизно 100°C.

Здійснено аналіз традиційних інструментальних методів та інноваційних методів вимірювання кольору. Зазначено, що традиційні підходи до вимірювання та вираження кольору за допомогою інструментального обладнання можуть недостатньо точно та об'єктивно визначати показники кольору. Методи комп'ютерного зору дозволяють вилучити кількісну інформацію про колір з цифрових зображень за допомогою обробки та аналізу, в результаті чого здійснюється швидке і безконтактне вимірювання кольорових характеристик.

Запропоновано здійснювати розпізнавання кольору готової смаженої картоплі за допомогою системи комп'ютерного зору. Основна суть удосконалення апарату полягає в наступному: за допомогою фотокамери фіксується колір готового продукту після чергового смаження, далі виконується аналіз отриманих зображень продукту, вилучення з попередньо збережених баз даних відомостей про колір картоплі фрі, визначення відповідності необхідного рівню кольору готового продукту.

Для визначення характеристик зміни кольору картоплі фрі у процесі смаження було проведено експеримент. Для аналізу зразки смаженої картоплі викладалися на тарілку та фотографувалися. Зображення аналізувалися за допомогою комп'ютерної програми аналізу зображень ImageJ. Забарвлення продукту (готова картопля фрі) використовувалося як критерій його якості. З метою визначення числових значень колірних характеристик L^* , a^* , b^* для якісно просмаженої, недосмаженої та пересмаженої картоплі фрі були використані відповідні критерії. Після отриманих значень для L^* , a^* , b^* зразки різного ступеня прожарки були проаналізовані за шкалою градації.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Коржов</i>				Дослідження процесу смаження картоплі та удосконалення фритюрного апарату	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						6	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СМАЖЕННЯ КАРТОПЛІ ФРІ

1.1 Технологічний процес приготування обсмаженої картоплі

Заключною стадією багатьох технологічних операцій виробництва кулінарної продукції є процеси теплової обробки харчових продуктів. Однією з найпоширеніших технологій виробництва кулінарних виробів є жарка у фритюрному маслі. У такий спосіб готуються пончиківі та різноманітні кондитерські вироби, чіпси, курячі нагетси, пиріжки, біляші, картопля «фрі». Основними процесами при такому способі приготування кулінарних виробів є нагрівання фритюрної олії та обсмажування у ній заготовок та інших напівфабрикатів.

Технологія виробництва кулінарних виробів для смаження представляє собою трудомісткий і тривалий процес, що є комплексом фізико-хімічних, теплообмінних та масообмінних змін структури, об'єму та властивостей обсмажуваного продукту та фритюру. Як основне технологічне середовище при фритюрному способі смаження використовуються жири, причому найбільшого поширення набули рослинні олії у вигляді їх специфічних хімічних особливостей. Під впливом гарячої фритюрної олії відбуваються зміни температури та вологовмісту у вихідній сировині від початкових значень до значень, які характеризують стан готовності продукту, що обсмажується. В процесі обсмажування напівфабрикат поглинає фритюрну олію, що призводить до зміни структури та пористості в ньому, на поверхні утворюється скоринка.

По завершенню процесу смаження готовий продукт має специфічний смак, запах та колір, що відповідає даному харчовому продукту. Фізична суть смаження полягає у передачі тепла шляхом конвекції від фритюрної олії з температурою 140-190°C, в якій сировина безпосередньо обсмажується, шляхом глибокого занурення в олію. Вологий обсмажуваний продукт виділяє на поверхню фритюрної олії бульбашки, що утворюються з пари вологи, які спливають на поверхню навколо продукту та формують уявність скипання олії. Згодом теплота із зовнішніх шарів продукту проникає у внутрішні шари і через невеликий проміжок часу сировина, що обсмажується, доходить до кулінарної готовності, а її поверхня через видалення вологи та контакту з фритюрним маслом отримує властивий їй обсмажений колір.

З поступовим випаром води в напівфабрикаті, що обсмажується, знижується пластичність клітин, розміри напівфабрикату, підвищується його пружність та жорсткість. Також можна виявити збільшення пористості напівфабрикату, максимальне значення якого досягається при повному випаровуванні вологи з напівфабрикату. При випаровуванні вологи

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Коржов</i>				Дослідження процесу смаження картоплі та удосконалення фритюрного апарату	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						7	11
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

суттєво змінюється структура тканини: тканина сировини ущільнюється, стає сухою та утворюється скоринка. У сформованій обсмаженій поверхні швидше, ніж по всьому обсягу, відбуваються хімічні та фізико-хімічні зміни: висихання (майже до повного випаровування вологи) поверхні продукту.

З одного боку температурний режим впливає на фізико-хімічні процеси в самому маслі, що призводять до накопичення шкідливих речовин, а з іншого – тепломасоперенесення найбільш значуще у зміні структури та фізико-хімічних властивостях сировини у процесі обсмажування. Як основне технологічне середовище найбільше поширення отримали рослинні олії. Процеси, що відбуваються при смаженні в олії, являють собою не тільки часткове окислення, а й взаємодію олії, води та харчових компонентів, що призводить не тільки до зміни структури та фізичних властивостей сировини, а й до утворення шкідливих домішок олії.

У процесі смаження продуктів можна виділити два періоди [2, 4, 7, 9]. У перший період волога випаровується в основному з поверхні, з постійною швидкістю відбувається безперервне підвищення температури продукту. Тепло передається від поверхні до центру продукту, головним чином за рахунок теплопровідності. У першому періоді триває інтенсивний процес теплообміну між жиром та продуктом за рахунок великої швидкості руху жиру біля поверхні продукту (йде виділення вологи та газів з продукту) і продукт, володіючи ще великим вмістом вологи, має високий коефіцієнт теплопровідності, а скоринка ще не утворилася і не чинить опору передачі тепла від жиру продукту. Ось цей період є найінтенсивнішим з погляду внутрішнього та зовнішнього тепломасообміну.

У другому періоді швидкість видалення вологи знижується, а температура сировини стає постійною та дорівнює приблизно 100°C. У другому періоді теплообмін відбувається за рахунок теплопровідності та залежить від коефіцієнтів теплопровідності та температуропровідності поверхні та центру виробу, а також від коефіцієнта конвективної теплопередачі олії на поверхні сировини, температури олії та температури поверхні, питомої витрати теплоти на випаровування води тощо [2, 4, 7]. У другому періоді процес віддачі тепла жиру уповільнюється, бо не виділяється волога у такій великій кількості, як у першому періоді. Продукт вже прогрітий і не має такого великого вмісту вологи, який був у першому періоді, а, отже, нижче його коефіцієнт теплопровідності та продукт вже менш інтенсивно сприймає тепло, тому недосмажений продукт потрібно доводити до готовності вже за рахунок імпульсного підведення тепла.

У процесі смаження температура олії у другому періоді підвищується, бо його тепло вже значно менше сприймається продуктом. Для запобігання перегріву олії по всій масі необхідно щоб терморегулятор відключив нагрівання жиру. Як правило, терморегулятор налаштований на температуру, яка максимально відповідає нагріву в першому періоді, коли інтенсивно йде забір тепла від жиру.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, представлений аналіз технологічного процесу смаження у фритюрному маслі показав вплив температури та вологості початкового продукту на температуру і вміст води готового виробу, що характеризують станом готовності. При смаженні у фритюрній олії випаровування води не однорідне по всьому обсягу сировини: спочатку вона проявляється на поверхні продукту, при подальшому нагріванні втрата води поступово розвивається до центру продукту, що призводить до структурних та кольорових змін, а для управління цим процесом необхідно контролювати тепловий режим смаження.

Одним із показників якості олії та готового продукту є його колір. Колір – суб'єктивний показник, що використовується в харчовій промисловості для швидкої перевірки якості фритюрної олії. Загалом вважається, що потемніння масла відбувається, коли пігменти від окислення та термічного розпаду жирних кислот дифундують в олію під час смаження [4, 8, 10]. Стан стабілізації показників якості технологічних процесів може бути досягнуто шляхом різних поєднань стадій впливу на продукти у комбінованих способах фритюрного смаження, що обумовлено певними закономірностями процесу, а саме: кінетикою поверхні підсмажування, видалення води з продукту та поглинання ним жиру тощо. Швидкість видалення води з продуктів, що обсмажуються, значною мірою залежить від градієнта тиску та градієнта вмісту води (рис. 1.1).

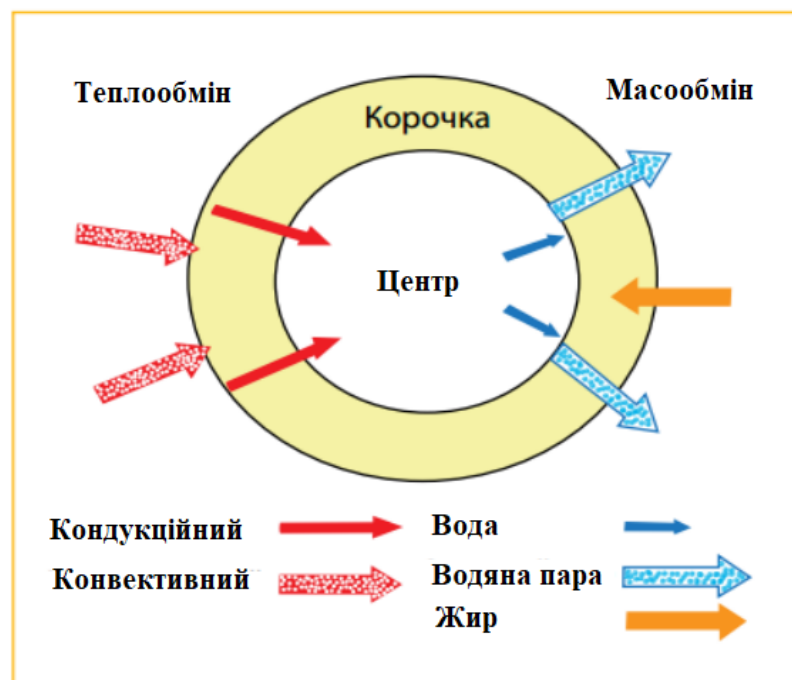


Рисунок 1.1 – Діаграма тепло- та масообміну при обсмажуванні у фритюрі

Розглянемо взаємозв'язок цих чинників із темпом виділення води в масі нагрітого жиру. При зануренні продукту в жир на підвищення тиску усередині продукту впливає його температура. Після прогріву поверхневих шарів продукту до температури насичення пари в капілярах, температура жиру

вже не впливає (оскільки температура насичення залишатиметься на тому ж рівні). Якщо температуру жиру підтримувати на тому самому рівні то поверхневий шар інтенсивніше висушуватиметься. Швидкість прогріву продукту від поверхневого шару до центральних шарів залежатиме лише від температури, а тиск в продукті залежатиме від цієї швидкості.

У перший період постійної швидкості зміни вмісту вологи волога у вигляді рідини рухається до центру продукту під дією градієнта температур у вигляді рідини та пари до поверхні під дією градієнта тиску. Якщо вологовміст продукту дуже великий то градієнт вмісту вологи практично не впливає на переміщення вологи.

У другому періоді падаючої швидкості видалення вологи відбувається інтенсивне пароутворення у всіх шарах продукту. Волога переміщується від центру продукту до його поверхні під дією градієнта тиску і тільки у вигляді пари.

Аналізуючи процес видалення вологи, можна зробити висновок, що в першому періоді обсмажування потрібна висока температура олії, тому, що продукт містить велику кількість вологи, має високу теплопровідність, яка здатна сприймати велику кількість тепла. Разом з вологою, під дією градієнта температур, передається і тепло. Під дією теплопровідності та масоперенесення відбувається інтенсивний процес нагрівання продукту.

Розглянемо процес смаження виробів із тіста [5, 6]. Прогрів поверхневих шарів сировини на початку смаження супроводжується конденсацією вологи на поверхні та відбувається дуже швидко. За 150...200 секунд температура поверхні досягає 80...90°C, потім конденсація припиняється. Під дією вологи та теплоти на поверхні продукту утворюється тонка плівка. Прогрів супроводжується виділенням та розширенням газу. Газ викликає збільшення тістової заготовлі (зростання) та відповідні зміни її теплофізичних характеристик. Зі збільшенням тривалості процесу кірка потовщується, змінюється її забарвлення, накопичуються ароматичні речовини. Центральні шари тіста прогріваються менш інтенсивно, їх температура до кінця досягає 98...100 °C. За період смаження структура тіста закріплюється і перетворюється на м'якуш. Тривалість та інтенсивність розглянутих процесів значною мірою залежить від режимів смаження.

Еластичність та пружність м'якішу залежить від теплового режиму робочої камери апарату. Кожен із названих процесів для досягнення найкращого показника якості продукту потребує різних режимів, тобто різної зміни параметрів робочої камери чи робочої поверхні протягом одного циклу. Для раціонального ведення процесу смаження температура камери та приплив теплоти до сировини повинні бути не постійні, а різні протягом процесу. Так, висока температура жарочної ванни, яка необхідна для швидкого прогрівання продукту та закріплення його структури у першій половині процесу смаження, має бути знижена в другому періоді процесу, щоб уникнути зайвої товстої поверхні на поверхні продукту та значного зменшення маси.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.2 Устаткування для смаження картоплі фрі

Серед теплових процесів, процес смаження у фритюрі, є одним із основних стадій виробництва кулінарних виробів, що визначає якість та собівартість продукту, можливість створення потокових механізованих та автоматизованих ліній, тому при розробці та удосконаленні фритюрного обладнання, поряд з рішенням типових завдань щодо зниження металоємності, особлива увага має бути приділена підвищенню показників їх теплової економічності та експлуатаційних показників.

Зараз на ринку фритюрного обладнання є досить широкий спектр апаратів. Зазвичай фритюрна установка є ванною, яка заповнена олією. Нагрівання здійснюється електричними нагрівачами, які розташовані під днищем ванни (побутові фритюрниці), або трубчастими електронагрівачами (ТЕНами), розташованими безпосередньо в маслі поблизу днища ванни. Обов'язково є пристрій, який підтримує задану температуру олії. У фритюрних апаратах завантаження, переміщення (транспортування) смажених продуктів по поверхні олії, перевертання та вилучення здійснюються автоматично за допомогою механізмів дозування, транспортування, перевертання та вивантаження (рис. 1.2).

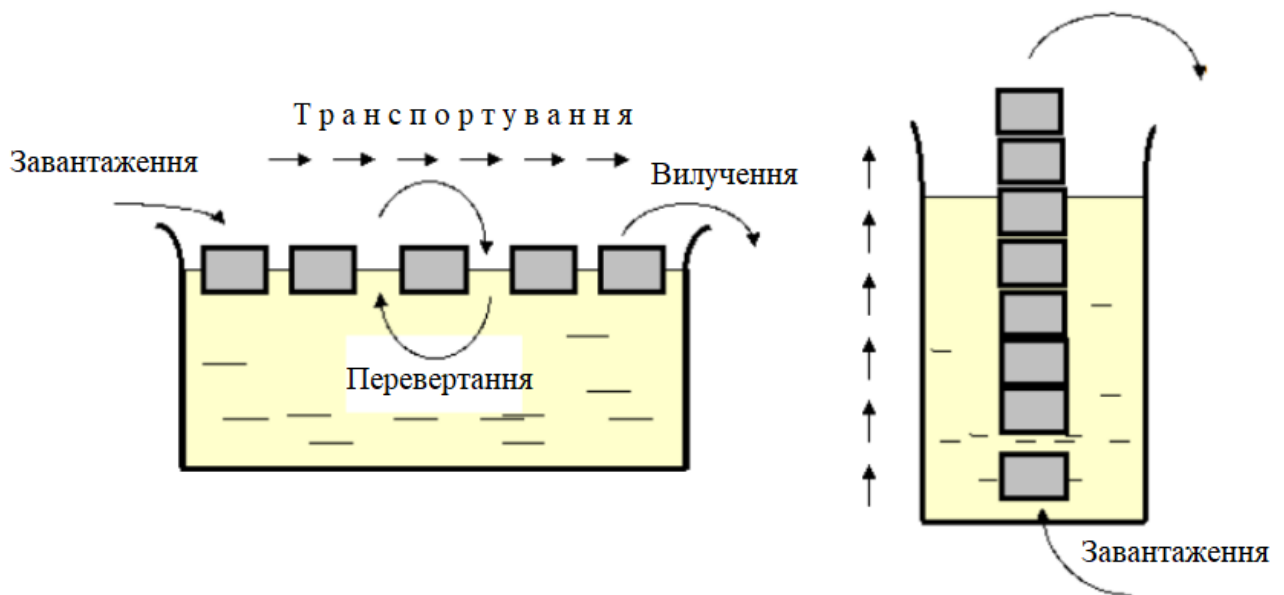


Рисунок 1.2 – Принципова схема роботи фритюрного апарата

Теплова обробка може здійснюватися в «піраміді», вертикально плаваючи у гарячому фритюрі та складеною з продуктів різного ступеня готовності – від повністю просмажених виробів над поверхнею фритюру, до щойно завантаженої нижньої сировини. При такому способі поєднуються одночасно процеси завантаження-вивантаження, смаження в об'ємі фритюру та самотранспортування знизу вгору.

Підтримка в апаратах необхідної температури майже завжди пов'язана з необхідністю підведення чи відведення тепла – з метою нагрівання чи охолодження оброблюваних речовин. Отже, потрібно здійснити перенесення

тепла від теплоносіїв до речовин, що нагріваються внаслідок теплообміну.

Таким чином, хімічні та фізичні зміни олії у процесі смаження демонструють, що вони залежні один від одного, що визначає вимоги до якості вихідної сировини та обладнання для смаження з метою забезпечення оптимальних умов обсмажування харчових продуктів. Устаткування для смаження повинно мати рівномірний профіль температурного поля у всьому обсязі апарату. Нерівномірне температурне поле на робочій поверхні або робочому обсязі апарату призводить до нерівномірної подачі тепла до продукту, нерівномірної швидкості нагрівання до необхідної температури (одні продукти нагріваються повільно, інші перегріваються і при цьому згорають), що призводить до помітного погіршення якості продукту, що обробляється.

Фритюрниця періодичного типу

Фритюрниця періодичного типу відома як машина для смаження круглого типу через круглу сковороду. І, як випливає з назви, фритюрниця використовує порції всередині, щоб перемішувати продукти в олії, щоб вони могли рівномірно обсмажуватися [4]. Крім того, на відміну від безперервної фритюрниці, яка може працювати безперервно, фритюрна машина періодичного типу може смажити продукти для кожної партії. Як наслідок, вона підходить для невеликих ліній обробки смаження їжі (рис. 1.3), табл. 1.1.



Рисунок 1.3 – Фритюрниця періодичного типу

Виготовлені з нержавіючої сталі фритюрниці періодичної дії можуть працювати тривалий час без деформації. Машину для періодичного типу можна легко чистити та обслуговувати. Адже вона ретельно сконструйована таким чином, щоб до кожної його частини можна було легко дістатися, що дозволяє легко чистити та обслуговувати.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Промислову фритюрницю періодичного типу можна використовувати для смаження різноманітних продуктів, таких як картопляні чіпси, картопля фрі, кільця цибулі тощо. Можна смажити багато видів продуктів лише за допомогою однієї машини.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики фритюрниць періодичного типу

Модель	Діаметр	Глибина	Потужність нагріву, кВт	Розмір (мм)
YZG1000A	1000	400	15	1900*1800*1770
YZG1200A	1200	400	20	2100*2000*1770
YZG1500A	1500	400	20	2300*2200*1770
YZE1000A	1000	400	36	1650*1250*1500
YZE1200A	1200	400	48	1850*1450*1500
YZE1500A	1500	400	60	2150*1750*1500

Фритюрниця періодичного типу має невеликі масштаби, які займають менше місця та якісна кінцева продукція з меншим споживанням енергії. Машина періодичного типу може не тільки виробляти оптимальні кінцеві продукти, але й споживати менше води та енергії під час процесу смаження.

Автоматична машина для безперервного смаження

Автоматична промислова машина безперервного смаження використовується для смаження картопляних чіпсів, картоплі фрі, арахісу, цибулі, курячого м'яса та багатьох інших продуктів [4]. Як результат, вона є центральною частиною машини на лініях переробки овочів, фруктів та інших харчових продуктів. Завдяки постійним інноваціям у технологіях машини для фритюру можуть не тільки забезпечувати оптимальне смаження, але й використовувати олію та воду екологічно чистим способом (рис. 1.4), табл. 1.2.



Рисунок 1.4 – Автоматична машина для безперервного смаження

Машини для безперервного смаження картопляних чіпсів і картоплі фрі складаються з кількох систем: система дротяної стрічки, система підйому дротяного ременя, система контролю температури масла та система циркуляції масла. Щоб запобігти надмірного окислення олії, машини для смаження нагрівають центральну частину шару олії та контролюють температуру верхнього та нижнього шару олії. Більше того, щоб продовжити термін служби олії, машина для безперервної фритюрниці може автоматично фільтрувати олію, контролювати температуру олії під час процесу смаження. А щоб продукти обсмажувалися рівномірно, продукти встановлюють між двома шарами дротяних ременів, щоб вони не могли вільно пересуватися. Дротяний ремінь з нержавіючої сталі може транспортувати продукцію з регульованою швидкістю.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики фритюрниць безперервного типу

Модель	Ширина ременя	Потужність насоса, кВт	Потужність нагріву, кВт	Розмір (мм)
LZG3500A	800	1,5	20	3700*1900*2400
LZG5000A	800	1,5	30	5200*1900*2400
LZG6500A	800	1,5	20	6700*1900*2400
LZG8000A	800	1,5	30	8200*1900*2400
LZE3500A	800	1,5	90	3700*1600*2200
LZE5000A	800	1,5	120	5200*1600*2200

Промислова кошикова фритюрниця

Промислова кошикова фритюрниця використовується для смаження картоплі фрі, картопляних чіпсів, бананових чіпсів, чіпсів з цибулевих кілець та інших овочів і фруктів з невеликою місткістю [4]. Машина для смаження підходить для невеликих одиниць переробки овочів і фруктів, таких як ресторани швидкого харчування, кіоски з вуличною їжею, невеликі ресторани, магазини та кафе на винос. Загалом, через обмежені виробничі потужності, дана фритюрниця є ефективною для ресторанів і підприємств громадського харчування (рис. 1.5), табл. 1.3.

Відповідно до кількості резервуарів для смаження та кошиків промислові фритюрниці можуть поставлятися з одним-чотирма резервуарами. І чим більше у нього ємностей і кошиків, тим більше він може смажити. Ефективні системи підігріву смажать продукти ефективним способом. Що стосується детальних конфігурацій, то вони можуть бути спроектовані та виготовлені відповідно до потреб та вимог. Що стосується смаження продуктів, то промислові фритюрниці можуть смажити різноманітні овочі та фрукти, м'ясо тощо. Наприклад, фритюрниця з двома резервуарами можете смажити два види продуктів окремо, не впливаючи один на одного.



Рисунок 1.5 – Промислова кошикова фритюрниця

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики фритюрниць безперервного типу

Модель	Резервуар для фритюрниці (мм)	Потужність нагріву, кВт	Розмір (мм)
KZE1	500*500*240	12	700*700*920
KZE2	500*500*240	27	1310*710*920
KZE3	500*500*240	36	1850*710*920
KZE4	500*500*240	48	2400*710*920
KЗГ3	500*500*240	10	1700*1100*1000
KЗГ4	500*500*240	15	2200*1100*1000

Вакуумна фритюрниця з нержавіючої сталі

Вакуумна фритюрниця з нержавіючої сталі – це спеціальна фритюрниця всередині вакуумної камери. Вакуумну фритюрницю можна використовувати для смаження у фритюрі різноманітних продуктів, таких як овочі, фрукти, горіхи, м'ясо, морепродукти тощо. Завдяки особливій конструкції вакуумна машина може смажити продукти у фритюрі при більш низьких температурах, ніж інші стандартні атмосферні фритюрниці. Це зменшує всмоктування олії для продуктів, що робить смажені кінцеві продукти більш дієтичними. Завдяки цьому факту вакуумні фритюрниці підходять для середніх і дрібних ліній харчової промисловості, які можуть обробляти різні продукти (рис. 1.6).

Вся конструкція вакуумної машини для смаження виготовлена з харчової нержавіючої сталі, що робить фритюрницю довговічною. При низькій температурі вакуумна машина може легко зберегти природні кольори та смак кінцевих продуктів. Крім того, готова продукція складається з меншої кількості олії, яка підходить для потреб покупців у знежирених продуктах [4].

Вакуумні фритюрниці оснащені системою розділення олії та води, яка може охолоджувати та розділяти воду, що випаровується, та олію для

зменшення витрат енергії. Більше того, система масляних фільтрів швидко видаляє залишки олії, захищаючи чистоту масла та зменшуючи використання масла. Машина оснащена автоматичною системою управління, можна контролювати весь процес смаження. Автоматичне регулювання температури та тиску (ступінь вакууму) забезпечує якість продукції та безпечне виробництво.



Рисунок 1.6 – Вакуумна фритюрниця

За автоматичним рівнем розрізняють автоматичні фритюрниці та напівавтоматичні. Наприклад, машина для безперервного смаження з пальцевою стружкою є автоматичною, яка підходить для великомасштабного заводу з виробництва картоплі фрі. Що стосується фритюрниці періодичного типу для виготовлення картоплі фрі, то вона хоч і автоматична, але може обробляти тільки одну партію за іншою. Відповідно, вона підходить для лінії з виготовлення чіпсів маленького виробництва.

Для напівавтоматичної фритюрної машини для виготовлення картоплі фрі, вона часто має кошиковий тип, з більш ніж одним резервуаром для олії для смаження картоплі фрі. Завдяки своїм особливостям вона підходить для ресторанів швидкого харчування, кіосків з вуличною їжею та інших невеликих установок для смаження картоплі фрі.

Фритюрниця для смаження картоплі фрі безперервної дії

Машина для смаження картоплі фрі призначена для смаження картоплі. Фритюрниця для смаження картоплі фрі безперервної дії може надати картоплі фрі гарну текстуру та тривалий термін зберігання (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Фритюрниця для смаження картоплі фрі безперервної дії

Автоматична фритюрниця для виготовлення чіпсів безперервної дії

Машина для смаження картопляних чіпсів призначена для смаження скибочок картоплі з бажаними кольором та текстурою [4]. У лінії виробництва картопляних чіпсів смаження є важливим процесом, оскільки від нього багато в чому залежить якість кінцевої продукції. Щоб отримати оптимальні картопляні чіпси, процес смаження потребує постійної високої температури олії та встановленого періоду смаження (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Автоматична фритюрниця для виготовлення чіпсів безперервної дії

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ ДЛЯ СМАЖЕННЯ КАРТОПЛІ ФРІ

2.1 Традиційні інструментальні методи та інноваційні методи вимірювання кольору

Об'єктивні підходи до вимірювання та вираження кольору за допомогою інструментального обладнання мають недостатньо точно та об'єктивне визначення показників кольору. У випадку інструментальних вимірювань колір виражається за допомогою колірних координат за допомогою колориметрів, спектрофотометрів та спектрорадіометрів. Такі традиційні інструменти широко використовуються в харчовій промисловості для вимірювання кольору. При заданому освітленні ці інструменти забезпечують кількісний вимір, моделюючи спосіб, яким людське око бачить колір об'єкта.

Колориметри використовуються для вимірювання кольору первинних джерел випромінювання, випромінюючих світлові хвилі та вторинних джерел випромінювання, що відбивають або пропускають зовнішнє світло [6, 8]. Отже, кількісний опис вимірювання кольору проходить у тривимірній системі координат (наприклад $X, Y, Z; L^*, a^*, b^*$), що повністю визначає колір будь-якої точки об'єкта, що досліджується. Вимірювання виконується швидко і просто.

Спектрофотометри використовуються для визначення спектральної залежності ступеня поглинання, пропускання, оптичної щільності та концентрації досліджуваного зразка за рахунок впливу різних видів електромагнітного випромінювання (видимого, ультрафіолетового, інфрачервоного) [6, 8]. Методи спектрометрії передбачають спектральний аналіз складу об'єктів дослідження за допомогою відображеного або електромагнітного випромінювання яке пройшло через об'єкти в оптичному діапазоні за можливості відбивати (поглинати) різні довжини хвиль.

Спектрорадіометри застосовуються для вимірювання радіометричних величин, таких як довжина хвилі та амплітуда світлових коливань джерела світла [6, 8]. Дані прибори розрізняють довжину хвилі в залежності від положення в якому світло потрапляє на матрицю детекторів, що дозволить отримати повний спектр за одне визначення. За допомогою програмного забезпечення надається можливість визначення наступних показників: освітленості, яскравості, світлового потоку, кольоровості, колірної температури, піку та домінуючої довжини хвилі.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Коржов</i>			Дослідження процесу смаження картоплі та удосконалення фритюрного апарату	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>					<i>18</i>	<i>15</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

Традиційні інструментальні методи вимірювання мають деякі недоліки щодо кольорових показників. Наприклад, вони дозволяють визначати лише невелику і водночас однорідну поверхню зразка. Відбір проб та кількість вимірювань для отримання точного середнього кольору є найважливішими моментами для традиційних інструментальних вимірювань. В тому випадку, якщо поверхня зразка має неоднорідний колір, вимірювання необхідно повторити так, щоб охопити всю досліджувану поверхню і навіть тоді отримати адекватну картину розташування кольору досить складно, що ускладнює загальний аналіз поверхні досліджуваного об'єкта. Параметри розміру і форми досліджуваних зразків, у зв'язку зі своєю неоднорідністю також можна віднести до проблем, що стоять на шляху визначення колірних показників. Якщо розмір зразка занадто малий для заповнення вікна зразка (рисове зерно) або форма вимірюваної області не кругла (наприклад, у жимолості), колірні вимірювання рослинної сировини можуть бути недостатньо точними.

Традиційні інструментальні вимірювання не сприяють отриманню детальної характеристики та точної оцінки якості зразків, що досліджуються. Це, у свою чергу, призвело до необхідності розробки автоматичного процесу вимірювання кольорових характеристик на основі аналізу зображень об'єктів, що досліджуються. Це може бути досягнуто за допомогою використання комп'ютерного зору.

Комп'ютерний зір – це інженерна технологія, що уможливорює застосування теоретичних та алгоритмічних основ для автоматичного вилучення та аналізу ефективної інформації про об'єкт, що вивчається, зі спостережуваного зображення, набору зображень або послідовності зображень [10, 12]. Комп'ютерне бачення, як спосіб перевірки та аналізу шляхом електронного сприйняття та оцінки зображення має очевидні переваги, бо є швидким, послідовним, об'єктивним і економічним. У цьому випадку колір – це елементарна інформація, що зберігається в пікселях цифрового зображення.

Методи комп'ютерного зору дозволяють вилучити кількісну інформацію про колір з цифрових зображень за допомогою обробки та аналізу, в результаті чого здійснюється швидке і безконтактне вимірювання кольорових характеристик. У зв'язку зі швидким розвитком інформаційних технологій в останні роки комп'ютерне бачення застосовується для об'єктивного вимірюванням кольорів, розпізнавання та інтерпретації зовнішніх ознак харчових продуктів, таких як форма, розмір, якість тощо.

Значна різниця між комп'ютерним зором та традиційними способами оцінки кольорових характеристик полягає в кількості наданої просторової інформації. Висока просторова здатність зображення дозволяє системам комп'ютерного бачення аналіз кожного пікселю всієї поверхні, обчислювати середнє та стандартне відхилення кольорів, виділяти та визначати зовнішній вигляд об'єкту, вимірювати неоднорідні форми та кольори, аналізувати більше одного об'єкта при забезпеченні постійних записів та збереження зображень.

Найпоширеніша система комп'ютерного зору – це традиційна, яка заснована на використанні кольорових відеокамер RGB, що імітують бачення

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

людських очей за допомогою зйомки образів і використовуючи три фільтри з центром в червоному (R, 700.0 нм), зеленому (G, 546,1 нм) та синьому (B, 435,8 нм) діапазоні довжини хвилі. Зовнішні якісні характеристики такі, як колір, текстура, розмір, форма та дефекти можна вимірювати або виявляти за допомогою використання системи комп'ютерного зору. Однак, деякі невидимі дефекти досить складно виявити за допомогою традиційної системи комп'ютерного зору через відсутність спектральної та багатокомпонентної інформації, яка отримується в кольорових зображеннях [10, 12]. З цією метою були розроблені мультиспектральні та гіперспектральні системи комп'ютерного зору як ефективні інструменти контролю якості.

Визначення кольорових характеристик за допомогою систем комп'ютерного зору мають такі переваги:

– швидкість, точність, об'єктивність, ефективність та послідовність вимірювання кольорових даних без попередньої обробки зразків;

– здатність аналізувати кожний окремо піксель поверхні сировини, вилучаючи велику кількість кольорових характеристик за допомогою просторової інформації, аналізу усієї поверхні об'єкту, що досліджується (навіть якщо він має невелику або неправильну форму, або неоднорідний колір);

– автоматизація трудомістких операцій: зменшення рутинного та суб'єктивного візуального аналізу;

– можливість швидкого отримання відтворюваних результатів і тривалого зберігання кольорових даних для подальшого аналізу із збереженням зображення.

2.2 Система комп'ютерного зору для вимірювання параметрів кольору

Колір – це, перш за все, суб'єктивне сприйняття. Без візуальної та емоційної інформації, яку ми отримуємо, дивлячись на світ навколо, наша оцінка навколишньої дійсності, включаючи їжу, була б недосконалою. Зовнішній вигляд є основним параметром для більшості харчових продуктів. Серед різних фізичних властивостей харчових продуктів – колір вважається найважливішим візуальним атрибутом у сприйнятті якості продукту. Колір смаженої картоплі фрі надзвичайно важливий критерій, який тісно пов'язаний зі сприйняттям споживача готової продукції. Зовнішній вигляд і колір поверхні їжі – перший параметр якості, який оцінюють споживачі, бо він є критичним у сприйнятті продукту. Споживачі, як правило, асоціюють колір зі смаком, бо він добре корелює з фізичною, хімічною та сенсорною оцінкою якості їжі.

Смаження картоплі фрі полягає в зануренні сировини в розпечену олію, що призводить до високої швидкості теплопередачі та швидкого приготування, підрум'янювання текстури та отримання відповідного смаку. Зміна кольору починається лише тоді, коли скибочки картоплі достатньо висохли. Зміна кольору залежить від швидкості сушіння та коефіцієнта теплопередачі на

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

різних стадіях смаження, а також від вмісту амінокислот або білків на поверхні, температури і часу смаження.

Щоб забезпечити відповідність продуктів харчування очікуванням споживачів у харчовій промисловості необхідні ефективні системи контролю кольору для вимірювання кольорових параметрів продуктів. Традиційно, для подібних випадків використовують колориметр. Однак, усі колориметри мають недолік, пов'язаний з тим, що оцінювана поверхня має бути однорідною, а площа вимірюваної ділянки досить мала ($\sim 2\text{-}5\text{ см}^2$), що викликає похибки у вимірах. Інша проблема полягає в тому, що оптично неоднорідне середовище, наприклад, м'ясо птиці переломлює, відбиває, розсіює і поглинає світло, що випромінюється колориметром, викликаючи відхилення у всіх оцінюваних колірних параметрах.

Для ефективного контролю кольору необхідні нові об'єктивні та точно відтворені методи. Серед безлічі нових технологій оцінки харчової продукції виділяється система комп'ютерного зору (система CVS), що використовується для виміру кольору продуктів харчування.

Для кількісного визначення кольору смаженої картоплі застосовується система кольорів, яка, як правило, складається з чотирьох альтернатив: $L^*a^*b^*$, RGB (червоний, зелений, синій), XYZ і CMYK (блакитний, пурпуровий, жовтий, чорний). Вимірюється колір смаженої картоплі зазвичай в одиницях $L^*a^*b^*$ за допомогою колориметра або конкретної системи збору даних і обробки зображень.

$L^*a^*b^*$ є міжнародний стандарт вимірювань кольору, який прийнятий Комісією Internationale d'Eclairage (CIE) у 1976 році. Ця колірна модель створює постійний колір незалежно від пристрою, який використовується для створення зображення (наприклад, монітор, принтер або сканер). L^* – компонент яскравості або освітленості, який варіюється від 0 до 100, параметри a^* (від зеленого до червоного), b^* (від синього до жовтого) є двома хроматичними компонентами, які коливаються від 100 до 120. На відміну від інших кольорових моделей, таких як RGB і XYZ, у $L^*a^*b^*$ просторі сприйняття кольору рівномірне.

Комп'ютерний зір (CV) – це технологія отримання та аналіз зображення у реальному часі за допомогою комп'ютерів для отримання інформації або для управління процесами. Методи дають можливість вимірювати колірні візерунки на неоднорідно забарвлених поверхнях, а також визначати інші фізичні характеристики, такі як зображення текстури, морфологічних елементів і дефектів. Методи комп'ютерного зору використовуються в харчовій промисловості для забезпечення якісної оцінки, виявлення дефектів у фруктів та овочів, м'яса та риби, хлібобулочних виробів, а також для вимірювання кольору смаженої картоплі.

В основному система комп'ютерного зору складається з відеокамери для отримання зображень, стандартних налаштувань освітлювальних приладів і комп'ютерного програмного забезпечення для аналізу зображень. Це дає можливість об'єктивно вимірювати та оцінювати якість зовнішнього вигляду

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

кількох зразків. У процесі аналізу зображень, колір є і потужним дескриптором, що часто передбачає вилучення й ідентифікацію об'єктів, які можна використовувати для кількісного визначення розподілу кольорів неоднорідних зразків.

Це зазвичай робиться шляхом розбиття зображення на елементи. Використовуваний термін – розбивка зображення на елементи – означає розподіл зображення на двовимірну сітку з певною кількістю дискретних елементів зображення або пікселів. Кожне зображення складається з масиву елементів зображення з вимірними значеннями інтенсивності щонайменше трьох діапазонів хвиль, які визначають розміри масиву елементів зображення. У здійсненні вищесказаного підходу застосовується багатоспектральне зображення (RGB). Зазвичай, використовуються три різні колірні діапазони: червоний, зелений та синій. Відповідно, один код кольору в системі кольорових камер може бути трьома чи більше дискретними змінними чи значеннями інтенсивності r , g і b , що відповідають інтенсивності червоного, зеленого та синього кольору. Колір кожного пікселя має змінні інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів і характеризується чисельними величинами (наприклад, цілими числами від 0 до 255) червоного, зеленого та синього каналів.

Розбивку на елементи виконує пристрій захоплення кадру або цифровий перетворювач. Відповідно, після захоплення зображення його поділяють на елементи, сегментують або оцифровують таким чином, щоб комп'ютер або процесор даних міг отримати інформацію чи дані зображення.

Коли зображення вже збережено та сегментовано виділяємо область зображення для його подальшої обробки на кроці маркування зображення або оконтурювання. Для подальшого аналізу проводилася обробка зображення на обчислювальній машині методом перетворення кольору RGB, що використовується для аналізу та дозволяє встановити колір. L^* показує ступінь світлості зразка та змінюється від 0 (чорний) до 100 (білий), a^* показує ступінь переходу від червоного (+) до зеленого (-), а b^* показує рівень переходу від жовтого (+) до синього (-).

Для аналізу зображення колірної моделі використовувався інтегральний показник різниці кольору (ΔE), який враховує всі характеристики колірної простору CIE Lab та розраховується наступним чином [7]

$$\Delta E = ((L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2)^{1/2}$$

де L^* , a^* , b^* – значення, які відповідають значенням кольору через певний проміжок часу смаження;

L^*_0 , a^*_0 , b^*_0 – значення, які відповідають значенням до смаження (в нульовий момент часу).

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Ступінь відмінності відтінку як кількісний показник насиченості кольору (C^*_{ab}) [7]

$$C^* = \sqrt{a + b}$$

Різниця в насиченості кольору та значенні світлості розраховується з використанням стандартних рівнянь [7]

$$\Delta C = C^*_C - C^*_M$$

$$\Delta L = L^*_C - L^*_M$$

Різниця у відтінку ΔH розраховується згідно рівнянню [7]

$$\Delta H = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^2 + \Delta C^2}$$

Наприклад, у дослідженні [3] було обрано для смаження картоплі дві низькі температури смаження (120 і 140⁰С) і дві високі (160 і 180⁰С), щоб оцінити вплив температури олії на підсмажування картопляних чіпсів. Спостерігалися зміни кольору скибочок картоплі під час смаження з використанням ΔE , оскільки цей колірний параметр є значущим під час смаження. Скибочки картоплі, як правило, стають темнішими з тривалістю смаження, про що свідчить прогресуюче збільшення значень ΔE з часом смаження (рис. 2.1, 2.2).

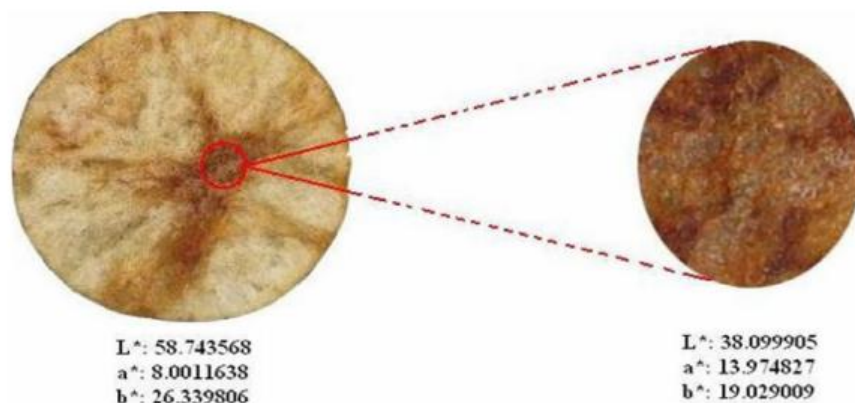


Рисунок 2.1 – Колір картопляної чіпси та її невеликої круглої ділянки в одиницях $L^*a^*b^*$

Чим вище температура смаження, тим темніші отримуються картопляні чіпси, тому, що не ферментативні реакції потемніння сильно залежать від температури.

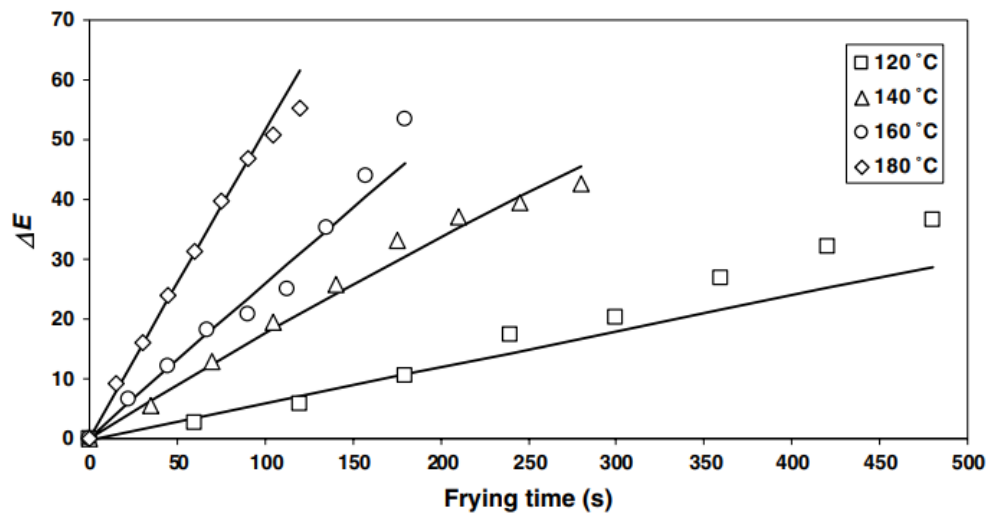


Рисунок 2.2 – Кінетика зміни кольору скибочок картоплі під час смаження при 120, 140, 160 і 180 °С з подальшим збільшенням параметру ΔE

У іншому дослідженні вимірювалися значення кольору для м'яса птиці. У випробуванні значень L^* , a^* та b^* , насиченість кольору та відтінок (кут колірного тону) м'яса птиці вимірювались за допомогою системи CVS і колориметра, значно відрізнялися. Ступінь різниці між двома використовуваними приладами краще всього відбивається значенням загальної різниці кольору (ΔE) (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Кольори м'яса птиці, виміряні двома методами

Чітке граничне значення для виявлення людиною відмінностей у кольорі м'яса не встановлено, але ймовірно, що ця величина становить близько 2-6 [6].

Значення ΔE в діапазоні від 2 до 10 показує, що різниця у кольорі помітна з першого погляду, а коли вона більше 10, то можна стверджувати, що кольори швидше відрізняються, ніж мають схожість. Отже, при $\Delta E = 18,5$ для курячого м'яса та $\Delta E = 22,04$ для м'яса індички можна зробити висновок, що результати двох систем вимірювання кольору значно відрізняються і навіть контрастують.

2.3 Удосконалення апарату для смаження картоплі за допомогою системи комп'ютерного зору

Зараз на ринку фритюрного обладнання є досить широкий спектр апаратів. Зазвичай фритюрний апарат є ванною, яка заповнена олією. Його нагрівання здійснюється електричними нагрівачами, які розташовані під дном ванни (побутові фритюрниці), або трубчастими електронагрівачами (ТЕНами), розташованими безпосередньо в олії поблизу дна ванни. Обов'язково є пристрій, який підтримує задану температуру олії. У фритюрних апаратах завантаження, переміщення (транспортування) смажених продуктів по поверхні олії, перевертання та вилучення здійснюються автоматично за допомогою механізмів дозування, транспортування, перевертання та вивантаження (рис. 2.4), табл. 2.1.



Таблиця 2.1 – Технічні характеристики фритюрниці

Потужність 900 Вт	900 Вт
Габарити, см	24x21,5x40,5
Регульований термостат	130 – 190 °С
Максимальна кількість олії, л	3

Рисунок 2.4 – Фритюрниця CLATRONIC FR 3587

Для удосконалення фритюрниць, призначених для смаження картоплі фрі, запропоновано здійснювати розпізнавання кольору готової смаженої картоплі за допомогою системи комп'ютерного зору (рис. 2.5).

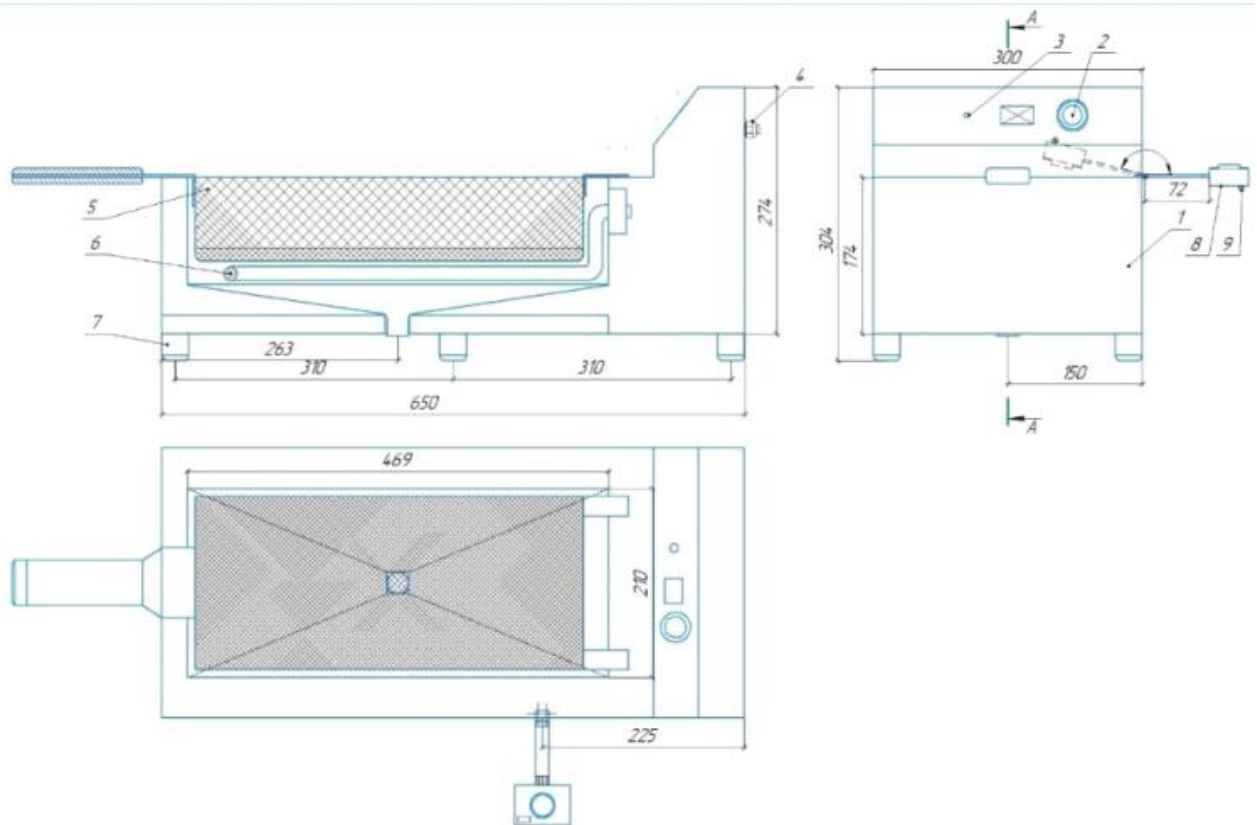


Рисунок 2.5 – Фритюрниця з пристроєм для визначення кольорових характеристик картоплі фрі у процесі смаження

Фритюрниця виконана з нержавіючої сталі AISI 304. Основні елементи фритюрниці: 1 – корпус, 2 – регулятор температури, 3 – індикатор роботи ТЕНів, 4 – вузол підключення електрокабеля, 5 – сітка фритюрниці, 6 – трубчатий електронагрівач, 7 – гумові опори, 8 – цифрова камера з поворотним механізмом, 9 – вузол з'єднання фотокамери через кабель з комп'ютером для обробки зображення.

Основна суть вдосконалення апарату полягає в наступному: за допомогою фотокамери фіксується колір готового продукту та колір фритюрної олії після чергового смаження, далі виконується аналіз отриманих зображень продукту, вилучення з попередньо збережених баз даних відомостей про колір картоплі фрі, визначення відповідності необхідного рівню кольору готового продукту.

Детальніше апарат представлений на рисунку 2.6, який включає нагрівальну камеру 1 з фритюрною олією, що виконує роль технологічного середовища для смаження харчового продукту, що підлягає приготуванню [5, 7, 10]. Нагрівальний елемент 2 служить для нагрівання фритюрної олії в камері, а для контролю температури служить датчик 3, для захоплення зображення встановлено фотокамеру 4, яка розташована над поверхнею рослинної олії в межах кордону кубічної ємності пристрою 5, кубічна ємність утворює з нагрівальною камерою 1 сполучені судини.

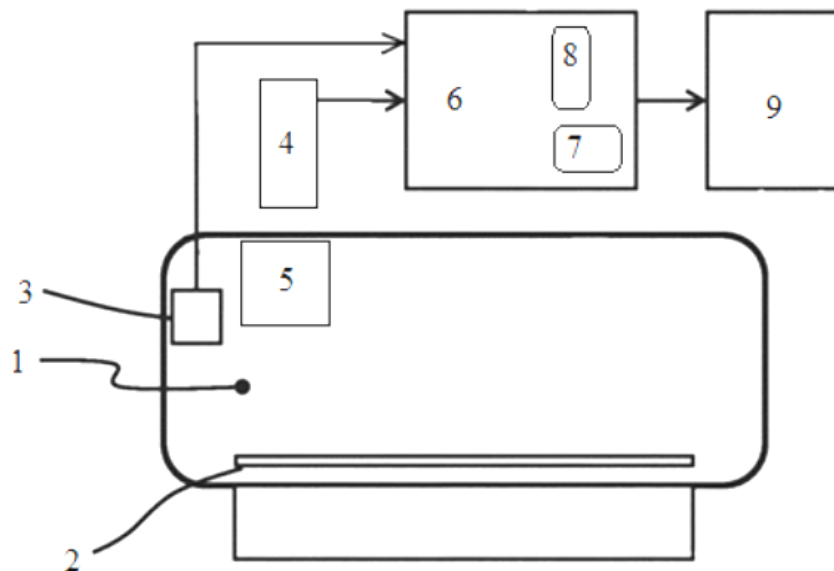


Рисунок 2.6 – Схема фритюрниці з пристроєм для визначення колірних характеристик картоплі фрі у процесі смаження (блок схема фритюрниці)

Внутрішні стінки пристрою 5 чорного кольору, освітлення та цифрова фотокамера 4 підключені до обчислювального пристрою 6 для дистанційного управління. Система освітлення складається із чотирьох освітлювальних ламп [8, 10, 12, 14]. Освітлювальні лампи розташовані горизонтально, утворюючи квадрат у пристрої 5, щоб створити легкий однорідний потік світла та уникнути відблисків та інших змін, які можуть бути викликані спалахом фотокамери, внутрішня поверхня стін покрита чорним кольором. Мікропроцесор 7 пов'язаний з пам'яттю 8, в якій зберігається програмне забезпечення для обробки зображень. Обчислювальний пристрій 6 приймає дані від пристрою 4 за допомогою провідної або бездротової передачі. Обчислювальний пристрій 6 додатково містить центральний процесор (ЦП), який з'єднаний з пристроєм виведення даних, таким як екран або принтер 9, якому воно передає результати обробки даних. Результати обробки даних також можуть записуватись у файл пристрою зберігання програм.

З метою контролю та збору даних виконується фіксація зображення в реальному часі. Спочатку приступаємо до активації фотокамери 4, для цього входимо у спеціальну програму, що зберігається у пам'яті 8, включаючи її за допомогою мікропроцесора 7 і відображаючи отримані зображення на пристрої виведення 9 в режимі реального часу.

Для захоплення зображення необхідно досягти рівномірного розподілу світла по всьому простору пристрою 5, для цього достатньо витримати 10 хвилин у робочому положенні пристрій освітлення, потім проводимо операцію захоплення зображення фритюрної олії. Захоплення зображення та його аналіз проводиться щонайменше один раз перед кожною жаркою харчових продуктів.

Після захоплення зображення виконується запис та збереження зображення в пам'ять 8 обчислювального пристрою 6. Така передача може здійснюватися провідним чи бездротовим способом.

2.4 Теплофізичні процеси під час смаження

У процесі жарки теплообмін відбувається між тонкою масляною плівкою і поверхню обсмажуємого продукту, і відбувається за рахунок теплопровідності та конвекції. Основною особливістю процесу смаження є передача тепла продукту на дуже високій швидкості за допомогою великої кількості нагрітої олії. Така швидка передача тепла обумовлена більш високою теплоємністю олії в порівнянні з іншими можливими посередниками в передачі тепла, таких як гаряче повітря і перегріта пара. Теплопередача у процесі смаження у фритюрі відбувається в двох різних режимах: конвекції і теплопровідності.

Теплообмін між олією та поверхівістю обсмажуємої сировини відбувається за рахунок конвекції, а всередині продукту тепло поширюється від поверхні у центр за допомогою теплопровідності. На тепломасообмін у здебільшого впливає значення теплоємності, щільності, теплопровідності обсмажуваного продукту. На конвекційний теплообмін великий вплив має випаровування вологи на поверхні обсмажуємої сировини, утворені бульбашки пари створюють турбулентний перебіг в обсязі олії інтенсифікуючи теплообмін, який спочатку збільшується, а потім знижується у міру зниження вологості продукту, що обсмажується (рис. 2.7).

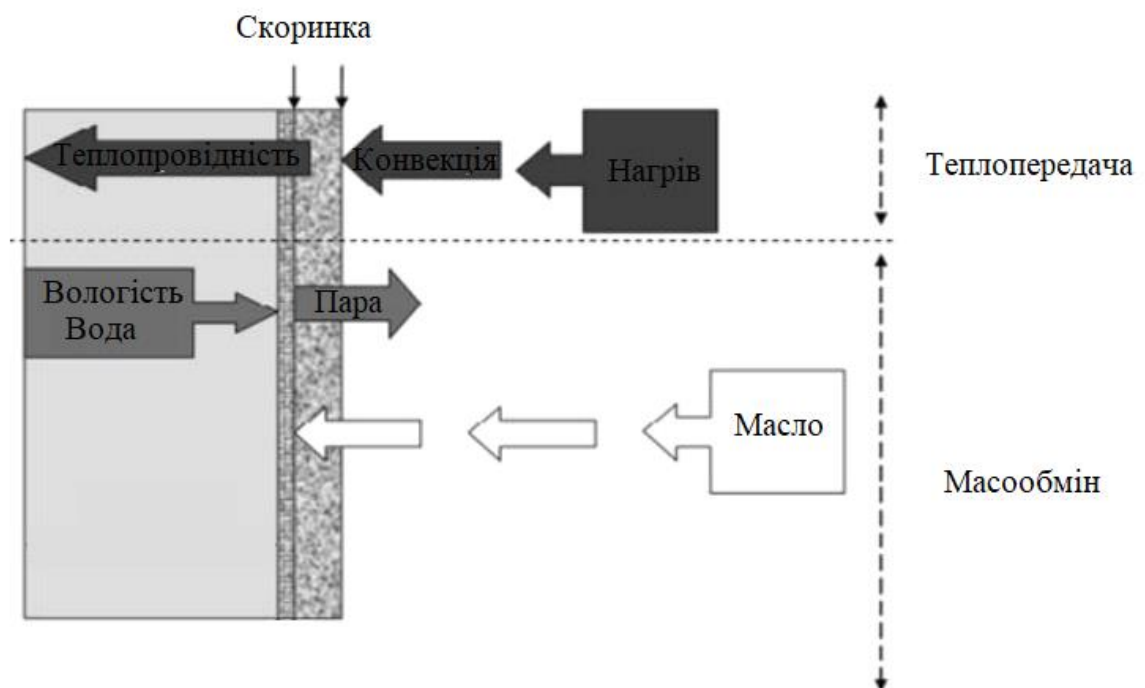


Рисунок 2.7 – Перенесення тепла та маси у процесі смаження у фритюрі

З іншого боку, утворені бульбашки через високу швидкість втрати води продуктом можуть у теплопередачі грати зворотну роль. Великі бульбашки, що утворюються, за умови, якщо вони не виходять із поверхні продукту, можуть швидко створювати опір теплопередачі.

При визначенні ролі конвекції при перенесенні тепла у процесі смаження у фритюрі важливим є те, що при теплопередачі важливу роль відіграє величина коефіцієнта конвективної теплопередачі (величина α), який, здатний при температурах в діапазоні від 50 – 100 °С коливатися від 150 Вт/м² К до 165 Вт/м² К [4, 6, 8]. Коефіцієнт тепловіддачі α зменшується у міру збільшення тривалості використання фритюрної олії та зниження її якості. Прикладом такого зменшення коефіцієнта тепловіддачі може бути соєва олія. При 180°С α = 282 Вт/м² К для свіжозалитої олії, а для відпрацьованої соєвої олії коефіцієнт тепловіддачі дорівнює 261 Вт/м² К. Аналогічні результати були отримані для соєвої олії та при 190°С (285 для свіжої олії та 273 Вт/м² К відпрацьованої олії).

Коефіцієнт теплопередачі за температури обсмажування від 150°С до 190°С показав, що коефіцієнт теплопередачі при обсмажуванні одношарової скибочки картоплі має бути в інтервалі 90-200 Вт/м² К. Коефіцієнт теплопередачі збільшується, а вологовміст та теплопровідність зменшуються з підвищенням температури олії.

Однак, при дослідженні впливу швидкості втрати води на коефіцієнт теплопередачі під час смаження при 140 і 180 °С було виявлено, що коефіцієнт теплопередачі досягає максимального значення 443 Вт/м² К при 140°С та 650 Вт/м² К при 180°С для картоплі у зв'язку з цим було висунуто припущення, що хоча рух бульбашок під час смаження збільшує швидкість передачі тепла, максимальні рівні швидкості втрат води можуть перешкоджати передачі тепла. Коефіцієнт теплопередачі може залежати від положення продукту, що підлягає смаженню. Пояснюється це тим, що коефіцієнт тепловіддачі вищий на верхній, ніж на нижній поверхні, тому що на верхній поверхні перемішування викликає збільшення теплопередачі, тоді як на нижній поверхні утворення великих бульбашок водяної пари може призвести до зниження коефіцієнта теплопередачі [4, 6, 8]. Теплота необхідна для нагрівання поверхні сировини, завжди дуже мала в порівнянні з прихованою теплотою випаровування, що міститься у ній вологи.

Слід враховувати і те, що є інша точка зору на цей процес. Полягає в тому, що частина тепла, що передається від олії і використовується для нагрівання поверхні, що утворюється на поверхні картоплі, аж ніяк не зневажливо мала [4, 6, 8]. Також виявлено, що коефіцієнт тепловіддачі зменшується з підвищенням температури олії під час смаження картоплі фрі. Більш висока температура призводить до більш швидкої втрати води. При цьому, чим більша швидкість втрати води, тим більша частина надходить енергії, яка використовується на цей процес, що зменшує кількість енергії, доступної для збільшення внутрішньої енергії, внаслідок чого ефективний коефіцієнт теплопередачі зменшуватиметься.

При дослідженні теплопровідності в скоринках і в центрі продукту, що обсмажується, було показано, що в області центру теплопровідність спочатку зростає та досягає максимуму, а потім зменшується. Важливими факторами у цьому випадку можуть бути клейстеризація крохмалю і втрата води, які відбуваються в цій області [4, 6, 8]. В обох скоринках – і зверху, і знизу теплопровідність зменшується, і це говорить нам, що структура поверхні, що утворилася, змінюється під час смаження. При цьому верхня скоринка має меншу теплопровідність у порівнянні з нижньою (рис. 2.8).

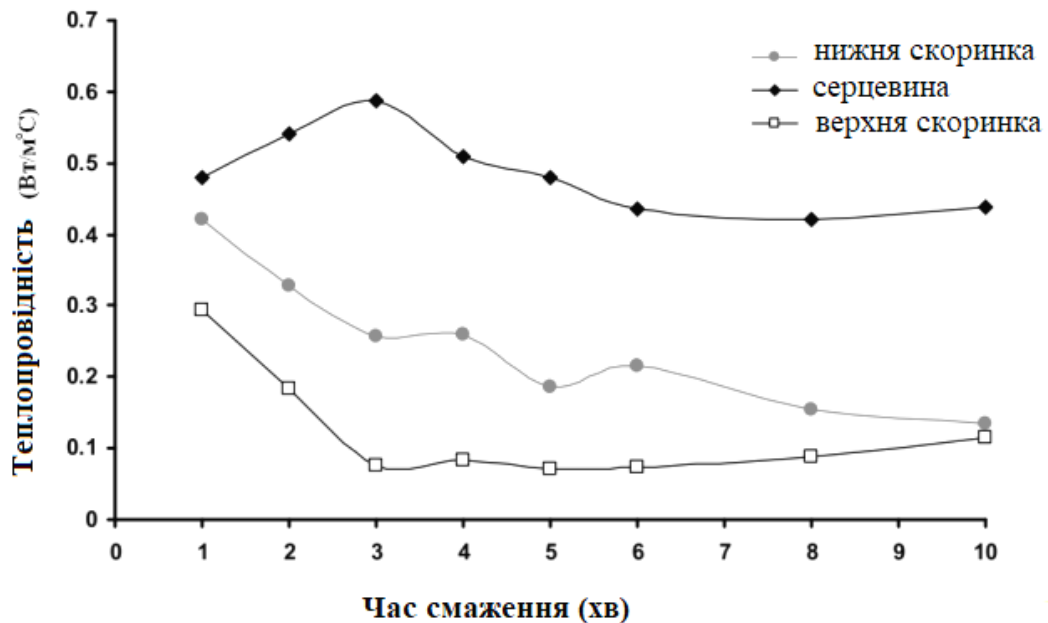


Рисунок 2.8 – Зміна теплопровідності в центрі та верхній і нижній скоринках у картоплі «фрі» при обсмажуванні

При вимірюванні теплопровідності зразків картоплі, що мають різний вміст води, теплопровідність зразків картоплі зменшується зі зменшенням вмісту води. Та на підставі цього робиться висновок, що цей параметр пов'язаний також із фізичними властивостями продукту [9, 10]. Відповідно, теплопровідність найбільш важливий параметр, що контролює практично весь теплообмін. Теплопровідність зменшується зі збільшенням температури смаження з тієї причини, що зменшення теплопровідності зі збільшенням часу та/або температури смаження може бути пов'язано з випаровуванням води та поглинанням олії продуктом, оскільки теплопровідність залежить від складу продукту, а теплопровідність олії нижче, ніж теплопровідність води.

Температура їжі досягає температури випаровування води, тепло переноситься конвекцією з олії на поверхню їжі, потім теплопровідністю в скоринку і, нарешті, повністю використовується для випаровування води з продукту, що описується рівнянням у вигляді [7]

$$q = \alpha_c F (T_\infty - T_L) = \frac{\lambda_{cr}}{(L-\delta)} F (T_L - T_{ewap}) = r_{np} \rho_w \varepsilon F \frac{d(L-\delta)}{dt}$$

де α_c – коефіцієнт конвективного теплообміну (Вт/м² К);

F – площа поверхні (м²);

q – тепловий потік (Дж/с);

T_∞ – температура олії (К);

T_L – температура поверхні продукту (К);

λ_{cr} – теплопровідність (Вт/м·К);

L – відстань між центром і поверхнею (м);

δ – відстань між скоринкою та центром (м);

T_{ewap} – температура випаровування води (К);

г_{пр} – прихована теплота випаровування (Дж/кг·К);

ρ_w – густина води (кг/м³);

ε – об'ємна частка води;

(L-δ) – товщина поверхні (м).

Період 1 (початкове нагрівання): на цьому першому періоді випаровування води не відбувається, оскільки поверхня, яка обсмажується, тільки нагрівається до температури кипіння води. Теплота передається з олії на обсмажену поверхню шляхом вільної конвекції, тоді як передача тепла від обсмаженої поверхні до внутрішньої частини відбувається за рахунок теплопровідності.

Період 2 (випаровування поверхневої води): цей період починається, як тільки температура поверхні продукту досягає температури кипіння води. Вода починає випаровуватися, тоді як температура поверхні продукту залишається постійною.

Період 3 (утворення обсмаженої поверхні). У міру випаровування всієї поверхневої води починається утворення обсмаженої поверхні та утворення додаткового бар'єру для теплопередачі та виходу утвореної пари води. Зовнішній коефіцієнт теплопередачі зростає за рахунок посиленої конвекції, яка залежить від швидкості випаровування. Тонка межа випаровування переміщається всередину продукту, збільшуючи товщину поверхні.

Під час першого періоду процесу відбувається тільки передача тепла без утворення пари із води. Таким чином, температурний профіль усередині продукту можна описати, використовуючи загальне рівняння теплопровідності з використанням циліндричних координат [7]

$$\rho_{co} c_{p,co} \frac{\delta T}{\delta t} = \frac{1}{r} \frac{\delta}{\delta r} \left(\lambda_{co} r \frac{\delta T}{\delta r} \right)$$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ρ_{co} – щільність (кг/м³);

$c_{p,co}$ – питома теплоємність (Дж/кг·К);

λ_{co} – теплопровідність (Вт/м·К) вологої внутрішньої частини (центру) продукту відповідно;

T – температура продукту (К);

r – поточний радіус картопляного циліндра (м).

Щільність і питома теплоємність продукту складаються з усереднених за масою величин його складових, як єдині компоненти в ньому присутні суха речовина, волога та водяна пара.

Коли на початку другого періоду температура поверхні продукту досягає температури випаровування води, починається її поверхнєве випаровування [7]

$$-\lambda_{co} \frac{\delta T}{\delta r} - \frac{\delta m_w}{\delta t} H_{var} = (\alpha_o - 0,525 \cdot \exp(0,076 \cdot t_{fry})) (T_{boil} - T_{oil})$$

де H_{var} – ентальпія випаровування води (Дж/кг),

m_w – кількість води всередині продукту (кг).

При цьому необхідно мати на увазі, що температура поверхні продукту тепер постійна та дорівнює температурі кипіння води.

Цей відносно короткий період закінчується, як тільки вода в зовнішніх шарах повністю випарується і почнеться утворення обсмаженої поверхні, що свідчить про початок 3-го періоду.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дослідження кольорових характеристик картоплі фрі у процесі смаження

Якість харчових продуктів є динамічною, комплексною характеристикою, яка визначає ступінь прийнятності продуктів для споживача. Найбільш вагомим якісним показником, що впливає на вибір споживача, є зовнішній вигляд продукту. Цей всеосяжний термін включає розмір, форму, текстуру, масу, блиск, колір та інші показники. Колір поверхні харчових продуктів є головним параметром якості, що оцінюється споживачами та має вирішальне значення при виборі товару. Цей показник відноситься до якісних ознак, такими як сенсорні, поживні та візуальні чи не візуальні дефекти.

У зв'язку з підвищенням вимог споживачів до якості харчових продуктів було докладено чимало зусиль для вимірювання та контролю кольору продукції. Отже, дуже важливо розробити ефективні системи контролю кольору для швидкого та об'єктивного вимірювання інформації про колір під час операцій обробки та періодів зберігання. Колір – це показник суб'єктивного сприйняття. Це характеристика світла, яка вимірюється з точки зору інтенсивності та довжини хвилі. Колір смаженої картоплі фрі надзвичайно важливий критерій, який тісно пов'язаний зі сприйняттям споживача готової продукції. Зовнішній вигляд і колір поверхні їжі – перший параметр якості, який оцінюють споживачі, бо він є критичним у сприйнятті продукту. Споживачі, як правило, асоціюють колір зі смаком, бо він добре корелює з фізичною, хімічною та сенсорною оцінкою якості їжі.

Для визначення характеристик зміни кольору картоплі фрі у процесі смаження було проведено експеримент. Було використано картоплю (картопля сорт «Слов'янка») та соняшникову олію («Олейна», рафінована, вищий сорт). Для смаження картоплю було нарізано на шматочки розміром 10x10x60 мм, просушено від зайвої вологи за допомогою паперових рушників. Зразки були сформовані вагою по 250 г. Час смаження однієї партії картоплі становив 11 хв. Процес смаження проводився в електричній фритюрниці періодичної дії потужністю 900 Вт (рис. 3.1), табл. 3.1.

Для аналізу зразки смаженої картоплі фотографувалися на білому фоні (як стандарт використовували білий фарфор, для якого $L^* = 92,89$, $a^* = 1,05$, $b^* = 0,82$). Смажені зразки продукту викладалися на тарілку. Фотографії, які були зроблені цифровою камерою, переносилися на комп'ютер, після цього коригувалися (корекція яскравості зображення, автоматична корекція балансу білого) з використанням комп'ютерної програми редактор зображень «PhotoScape».

ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Коржов</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>		
Дослідження процесу смаження картоплі та удосконалення фритюрного апарату				
		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
			33	5
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				



Таблиця 3.1 – Технічні характеристики фритюрниці

Потужність 900 Вт	900 Вт
Габарити, см	24x21,5x40,5
Регульований термостат	130 – 190 °С
Максимальна кількість олії, л	3

Рисунок 3.1 – Фритюрниця CLATRONIC FR 3587

Далі зображення аналізувалися за допомогою комп'ютерної програми аналізу зображень ImageJ. Область, яка зайнята продуктом на фотографії, виокремлювалася, і для неї визначалися середні значення RGB кольорів для всіх точок виділеної ділянки зображення [9, 10, 14] (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Аналіз колірних характеристик картоплі фри за допомогою програми ImageJ

На рисунку 3.2. представлено алгоритм обробки зображення продукту; аналіз зображення за допомогою програми ImageJ; конвертація RGB кольору у схемі Lab при допомозі онлайн-конвертера.

Конвертація RGB кольору у схемі Lab для подальшого аналізу проводилася за допомогою онлайн-конвертера Convert Rgb to Lab. При цьому L^* показувала ступінь світлості зразка та змінювалася від 0 (чорний) до 100 (білий), a^* показувала ступінь переходу від червоного (+) до зеленого (-) тоді як b^* показувала ступінь переходу від жовтого (+) до синього (-) відповідно.

Кінетика розвитку забарвлення продукту до кінця смаження при різних температурах відповідає параметру загальної колірної різниці (ΔE), яка розраховується наступним чином:

$$\Delta E = ((L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2)^{1/2}$$

де L^* , a^* , b^* – значення, які відповідають значенням кольору через певний проміжок часу смаження;

L^*_0 , a^*_0 , b^*_0 – значення, які відповідають значенням до смаження (в нульовий момент часу).

Забарвлення продукту (готова картопля фрі) використовувалося як критерій її якості. З метою визначення числових значень колірних характеристик L^* , a^* , b^* для якісно просмаженої, недосмаженої та пересмаженої картоплі фрі використовували методику Vaardseth [10]. $L^* < 30$ – пересмажена картопля; $30 < L^* < 55$ – якісно просмажена картопля; $55 < L^*$ – не просмажена картопля; $a^* < 10$ – не просмажена; $10 < a^* < 25$ – якісно просмажена; $25 < a^*$ – пересмажена; $b^* < 30$ – пересмажена; $30 < b^* < 50$ – якісно просмажена картопля; $50 < b^*$ – не просмажена картопля (рис. 3.3).



Не просмажена картопля



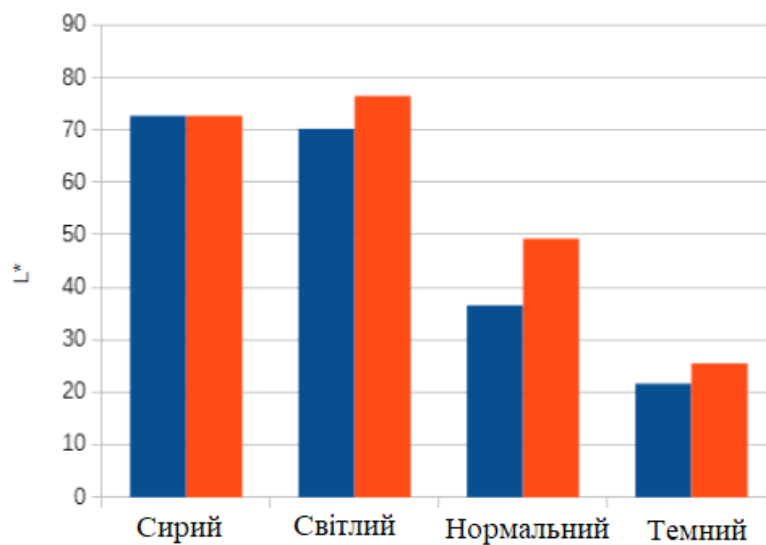
Просмажена картопля



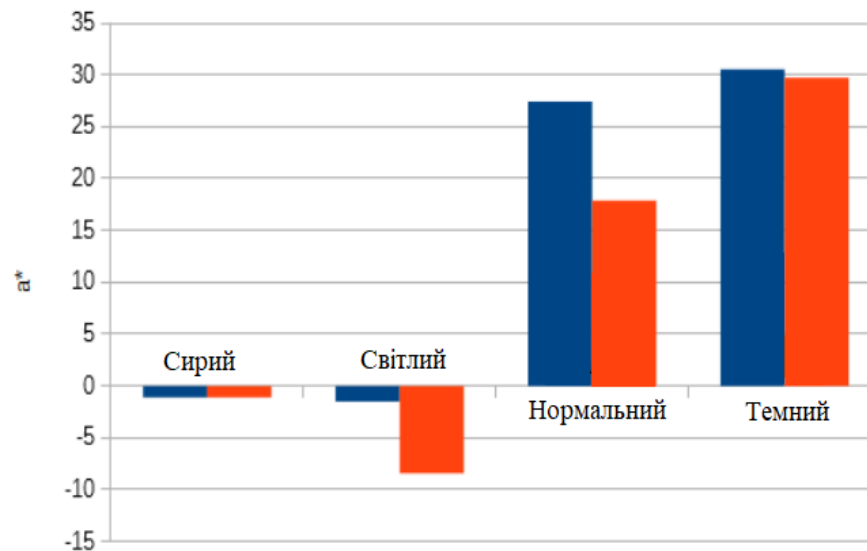
Пересмажена картопля

Рисунок 3.3 – Забарвлення готової картоплі фрі за критеріями його якості

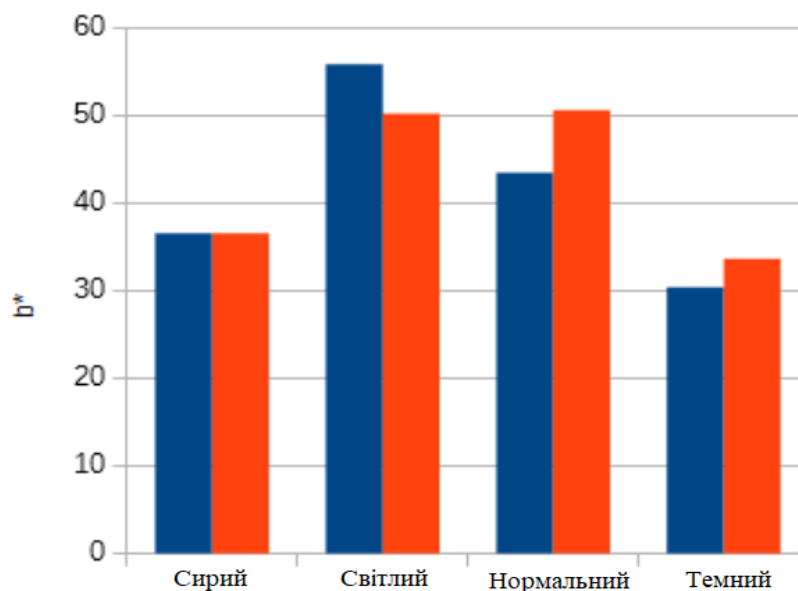
Після отриманих значень для L^* , a^* , b^* зразків різного ступеня прожарки були проаналізовано за шкалою градації наведеною вище (рис. 3.4).



А) L^*



Б) a*



В) b*

Рисунок 3.4 – Калібрувальні криві для зв'язку L* (А), a* (Б) та b* (В) кольору зразків картоплі фрі та їх якості

Отже, якість харчових продуктів є динамічною, комплексною характеристикою, яка визначає ступінь прийнятності продуктів для споживача. Найбільш вагомим якісним показником, що впливає на вибір споживача, є зовнішній вигляд продукту. Колір поверхні харчових продуктів є головним параметром якості, що оцінюється споживачами та має вирішальне значення при виборі товару.

ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена дослідженню процесу смаження картоплі та удосконалення фритюрного апарату. У роботі зазначено, що якість харчових продуктів є динамічною, комплексною характеристикою, яка визначає ступінь прийнятності продуктів споживачем. Найбільш вагомим якісним показником, що впливає на вибір споживача, є зовнішній вигляд продукту. Цей всеосяжний термін включає розмір, форму, текстуру, масу, блиск, колір та інші показники. Колір поверхні харчових продуктів є головним параметром якості, що оцінюється споживачами та має вирішальне значення при виборі товару.

У першому розділі здійснено аналітичний огляд обладнання для смаження картоплі фрі. Зазначено, що у процесі смаження продуктів харчування виділяють два періоди. У перший період волога випаровується в основному з поверхні, з постійною швидкістю відбувається безперервне підвищення температури продукту. Тепло передається від поверхні до центру продукту, головним чином за рахунок теплопровідності, скоринка ще не утворилася. У другому періоді швидкість видалення вологи знижується, а температура сировини стає постійною та дорівнює приблизно 100°C. Продукт вже прогрітий і не має такого великого вмісту вологи, який був у першому періоді, продукт вже менш інтенсивно сприймає тепло, тому недосмажений продукт потрібно доводити до готовності вже за рахунок імпульсного підведення тепла. Аналізуючи процес видалення вологи, можна зробити висновок, що в першому періоді для обсмажування потрібна висока температура олії, тому що продукт містить велику кількість вологи, здатний сприймати велику кількість тепла.

Другий розділ присвячено удосконаленню апарату для смаження картоплі фрі. Здійснено аналіз традиційних інструментальних методів та інноваційних методів вимірювання кольору. Зазначено, що традиційні підходи до вимірювання та вираження кольору за допомогою інструментального обладнання можуть недостатньо точно та об'єктивно визначати показники кольору. У випадку інструментальних вимірювань колір виражається за допомогою колірних координат із застосуванням такого обладнання: колориметрів, спектрофотометрів та спектрорадіометрів.

Методи комп'ютерного зору дозволяють вилучити кількісну інформацію про колір з цифрових зображень за допомогою обробки та аналізу, в результаті чого здійснюється швидке і безконтактне вимірювання кольорових характеристик. У зв'язку зі швидким розвитком інформаційних технологій в останні роки комп'ютерне бачення застосовується для об'єктивного вимірювання кольорів, розпізнавання та інтерпретація зовнішніх ознак харчових продуктів, таких як форма, розмір, якість тощо.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Коржов</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>					<i>38</i>	<i>2</i>
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>						

Значна різниця між комп'ютерним зором та традиційними способами оцінки кольорових характеристик полягає в кількості наданої просторової інформації. Висока просторова здатність зображення дозволяє системам комп'ютерного бачення аналізувати кожного пікселя всієї поверхні, обчислювати середнє та стандартне відхилення кольорів, виділяти та визначати зовнішній вигляд об'єкту, вимірювати неоднорідні форми та кольори, аналізувати більше одного об'єкта при забезпеченні постійних записів та збереження зображень.

Для кількісного визначення кольору смаженої картоплі застосовується система кольорів, яка, як правило, складається з чотирьох альтернатив: $L^*a^*b^*$, RGB (червоний, зелений, синій), XYZ і CMYK (блакитний, пурпуровий, жовтий, чорний). Вимірюється колір смаженої картоплі, зазвичай, в одиницях $L^*a^*b^*$ за допомогою колориметра або конкретної системи збору даних і обробки зображень. $L^*a^*b^*$ є міжнародний стандарт вимірювань кольору, прийнятий у 1976 році. Ця колірна модель створює постійний колір незалежно від пристрою, який використовується для створення зображення (наприклад, монітор, принтер або сканер). L^* – компонент яскравості або освітленості, який варіюється від 0 до 100, параметри a^* (від зеленого до червоного), b^* (від синього до жовтого).

Для удосконалення апарату для смаження картоплі фрі запропоновано здійснювати розпізнавання кольору готової смаженої картоплі за допомогою системи комп'ютерного зору. Основна суть удосконалення апарату полягає в наступному: за допомогою фотокамери фіксується колір готового продукту після чергового смаження, далі виконується аналіз отриманих зображень продукту, вилучення з попередньо збережених баз даних відомостей про колір картоплі фрі, визначення відповідності необхідного рівня кольору готового продукту.

У третьому розділі для визначення характеристик зміни кольору картоплі фрі у процесі смаження було проведено експеримент. Для смаження картоплі було нарізано на шматочки розміром 10x10x60 мм, просушено від зайвої вологи за допомогою паперових рушників. Процес смаження проводився в електричній фритюрниці періодичної дії потужністю 900 Вт.

Для аналізу зразки смаженої картоплі фотографувалися на білому фоні. Смажені зразки продукту викладалися на тарілку. Фотографії, які було зроблені цифровою камерою, переносилися на комп'ютер, після цього коригувалися (корекція яскравості зображення, автоматична корекція балансу білого) з використанням комп'ютерної програми редактор зображень «PhotoScare». Далі зображення аналізувалися за допомогою комп'ютерної програми аналізу зображень ImageJ. Область, яка зайнята продуктом на фотографії, виокремлювалася, і для неї визначалися середні значення RGB кольорів для всіх точок виділеної ділянки зображення.

Забарвлення продукту (готова картопля фрі) використовувалося як критерій його якості. З метою визначення числових значень кольорних характеристик L^* , a^* , b^* для якісно просмаженої, недосмаженої та пересмаженої картоплі фрі були використано відповідні критерії згідно методики Vaardseth. Після отриманих значень для L^* , a^* , b^* зразків різного ступеня прожарки були проаналізовані за шкалою градації.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ehsan Lotfi, M. Yaghoobi, H.R. Pourreza A new approach for automatic quality control of fried potatoes using machine learning. Authorized licensed use limited to: Ferdowsi University of Mashhad. Downloaded on March 11, 2009. P. 32–56.
2. Franco Pedreschi, Jorge Leo'n, Domingo Mery. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. *Food Research International*. Vol. 39. 2006. P. 32–56. P.1092–1098.
3. Дорохін В.О., Герман Н.В., Шеляков О.П. Теплове обладнання підприємств харчування. Полтава: РВВ ПУСКУ. 2004. 583 с.
4. Устаткування закладів ресторанного господарства: навч. посібник / І.О. Конвісер, Г.А. Бублік, Т.Б. Паригіна, Ю.М. Григор'єв; за ред. І.О. Конвісера. К.: КНТЕУ, 2005. 566 с.
5. Marique T., Kharoubi A., Dauffe P. Modeling of fried potato chips color classification using image analysis and artificial neural network. *Journal of food science*. Vol. 68. 2003. P. 2263–2266.
6. Abdollahi Moghaddam M.R. Kinetics of color and physical attributes of cookie during deep-fat frying by image processing techniques. *Journal of food processing and preservation*. 2015. V. 39. P. 91–99.
7. Мирончук В.Г. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: підручник. Вінниця: Нова книга, 2007. 648 с.
8. Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. Вінниця: Нова книга, 2001. 576 с.
9. Бредихін С.А. Теплове обладнання. М.: Колос, 2000. 392 с.
10. Ahromrit A. Heat and mass transfer in deep-frying of pumpkin, sweet potato and taro. *Journal of food science and technology*. 2010. V. 47. P. 632–637.
11. Ali M.A. Effect of heating at frying temperature on the quality characteristics of regular and high-oleic acid sunflower oils. *Technol. Aliment*. 2013. V. 12. P. 159–167.
12. Alvis A. Heat transfer coefficient during deep-fat frying. *Food control*. 2009. V. 20. P. 321–325.
13. Blumenthal M.M. A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. *Food technol*. 1991. V. 45. P. 68–71.
14. Brosnan T. Improving quality inspection of food products by computer vision. *Journal of food engineering*. 2004. V. 61. P. 3–16.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-22м.2023.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		