

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Факультет природничих наук

Кафедра хімії

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття першого рівня вищої освіти(бакалавра)

на тему:

ВИВЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕКСТРАКТІВ НАТУРАЛЬНОЇ КАВИ

Виконала:

студентка IV курсу, групи X - 41

спеціальності 102 – хімія

Анна Рега

Науковий керівник

д.т.н., професор Курта С.А.

Рецензент, доцент кафедри хімії, к.т.н.

Федорченко С.В.

Івано-Франківськ

2023

Анна Рега. Вивчення хімічного складу і властивостей екстрактів натуральної кави. Дипломна робота на здобуття освітнього рівня бакалавра за спеціальністю 102 – Хімія. – Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2023. – 64 с.

Бакалаврська робота представляє собою рукопис, що містить результати досліджень процесів термообробки, ступенів обсмажування та екстракції натуральної кави з виділенням ароматичних речовин кави з водно-спиртових розчинів в апараті Сокслета, а також якісного і кількісного аналізу складу екстрактів. Наведено технологічні параметри термообробки-обсмажування, подрібнення та екстрагування кавових зерен кави сортів Арабіка та Робуста та їх блендів, для добування ароматів і смаків з кави методом парової дистиляції. Досліджено метод якісного та кількісного аналізу складу ароматичних речовин дистиляцією з водяною парою, етанолом та їх розчинів. 64 с., Рис. 23, Табл. 7, Літ. 26.

Ключові слова: термообробка, екстракція, кава, кофеїн, теобромін.

Anna Rega. Study of the chemical composition and properties extracts of natural coffee. - The diploma work for the master's degree in the specialty - "chemistry". - Higher Educational Institution «Carp. nat. them. Vasily Stefanik ». - Ivano-Frankivsk, 2023. – 64 p.

The bachelor's work is a manuscript containing the results of research into the processes of roasting and extraction of natural coffee with the selection of aromatic substances of coffee from water-alcohol solutions in a Soxhlet apparatus, as well as qualitative and quantitative analysis of the composition of coffee. The technological parameters of roasting, grinding and extraction of coffee beans of Arabica and Robusta varieties and their blends for extracting aromas and flavors from coffee by the steam distillation method are given. The method of distribution and analysis of the qualitative composition of aromatic substances by steam distillation, ethanol and their solutions was studied. 64 p., Fig. 23, Table 7, Lit. 26.

Keywords: heat treatment, extraction, coffee, caffeine, theobromine.

Зміст

Вступ.....	5
Розділ 1. Літературний огляд.....	9
1.1. Характеристика зерен зеленої кави.....	9
1.2. Способи виділення ароматних сполук з кави.....	12
1.3. Хімічний склад чорної кави.....	15
1.4. Методи обсмажування кави та її приготування.....	18
1.5. Склад і властивості кавових зерен після карамелізації	21
1.6. Способи та прилади для термічної обробки зелених зерен кави	23
Розділ 2. Експериментальна частина.....	28
2.1. Установка для дистиляції ароматів кави водяною парою.....	28
2.2. Підготовка зерен кави для дослідження.....	30
2.2.1. Термічна обробка зерен зеленої кави із застосуванням НВЧ печей.....	30
2.2.2. Методи та умови подрібнення обсмаженої кави	33
2.3. Методи дистиляції ароматних речовин з подрібнених зерен кави...	35
Розділ 3. Обговорення результатів.....	37
3.1 Результати термічного обжарювання зеленої кави в НВЧ печах	37
3.2. ДТА метод обжарювання зелених зерен кави	39
3.3. Алгоритм виокремлення ароматних сполук з кави дистиляцією водяною парою.....	41

3.4. Методологія виокремлення ароматних компонентів з кави дистиляцією з етанолом	43
3.5. Вивчення якісного і кількісного складу водно-спиртових дистилятів кави.....	48
3.5.1. Визначення розмірів частинок кави в її дистилятах у H_2O та C_2H_5OH	48
3.5.2. ІК-Спектральний аналіз та мас-спектроскопія кави та її екстрактів у воді і етанолі	48
3.5.3 Органолептичні характеристики приготування і споживання кави та сенсорний аналіз діаграм дистилятів кави	54
Висновки.....	58
Список використаних джерел.....	60

ВСТУП

Чорна кава є популярнішим напоєм, який люди п'ють через приємний смак та аромат, а також її цінять за стимулюючі властивості кофеїну, що міститься в каві. Зелену каву вирощують в різних куточках світу, з плодючих земель Південної Америки та Африки до гірських регіонів Азії та Океанії. Кавові боби бувають різних сортів - Арабіка, Робуста і Мокко Кава, з несхожим розміром, формою, смаком та ароматом. Зерна кави містять в собі велику кількість речовин, які надають кавовому напою свою специфіку. Поодинокі з цих речовин містять стимулюючі властивості, що надають енергію та бадьорість, а решта впливають на смак і запах. Крім того, кава містить кофеїн, антиоксиданти та фітонутрієнти, які допомагають захистити рослини від мікробів, грибків, мутацій та інших загроз.

Популярність натуральної та розчинної чорної кави перевищує значно попит на різні продукти і речовини, такі як газ, золото, кукурудза, нафта, цукор. Щороку у світі випивається до 500 мільярдів(мінімум) чашок чорної натуральної кави, оскільки люди обожнюють виняткове поєднання найкращих смаків і ароматів цього напою. Під час екстрагування чорної кави гарячою водою всі присутні компоненти напою починають проявляти себе, що дозволяє обжареним, подрібненим та екстрагованим ароматним та смаковим складникам виявити себе. Оскільки кава має багато сенсорних та біохімічних, ароматичних і смакових властивостей, вивчення умов її обсмаження, подрібнення і екстракцію у водних та спиртових розчинах є актуальною темою наукових досліджень.

Наука досліджує хімічну структуру кави, щоб вивчити її компоненти, що впливають на смак та аромат, а також на корисні властивості для організму людини загалом. Інновації та патенти пов'язані з кавовими зернами, а саме, методи вирощування, обсмажування кавових бобів та їх зберігання, допомагають модернізувати якість напою. Також, кавові зерна використовуються в харчовій промисловості для створення різноманітних продуктів, таких як кавова олія, екстракти, ефірні олії та інші. Таким чином, кава є важливою рослиною для науки та суспільства, і продовжує надалі приковувати увагу науковців з усього світу.

Актуальність теми. Науковці проводять дослідження ароматів та смаків, які появляються під час обсмажування та виготовлення кавового напою, використовуючи різноманітні методи, такі як газорідинна хроматографія, спектроскопія та ольфактометрія. У каві знаходяться різноманітні хімічні сполуки, такі як карбонові кислоти, етилбутират і етилгліколат, метилізорнілу та трихлоранізолу, фенольні сполуки та інші біологічно активні речовини, які взаємодіють, як відомо, та спричиняють до особливого поєднання смаку та аромату в каві.

Основні складові напою кави появляються після термічного обсмажування та екстрагування розчинених з меленої кави складників в гарячій воді. Екстракція смакових компонентів вимагає довшого часу, ніж відділення пахощів. Смакові органолептичні компоненти сумішей кави та води вимагають більше часу для екстракції, ніж самі пахощі кави. Дані, що були зазначені сомельє по всіх куточка світу говорять про якісні і кількісні показники споживання кави людиною, вони стверджують про те, що необхідні наступні дослідження органолептичних та споживчих властивостей кавових зерен в хімічних науково-дослідних лабораторіях цілого світу. Тому дослідження хімічного та сенсорного складу аромату та смаку кави, які екстрагуються за допомогою гарячої води та етилового спирту, мають надважливе та актуальне значення для наукових досліджень і практики.

Мета та завдання досліджень. Метою даної роботи є удосконалення методів термічної обробки зеленої та чорної кави, подрібнення та екстракції, а також їх моделювання та аналіз за допомогою різних фізико-хімічних методів. Для цього використовуються такі методи, такі як диференційно-термічний аналіз, мікрохвильова обробка в печах СВЧ, мас-спектроскопія, ІЧ-інфрачервона спектроскопія та інші методи молекулярно-масового розподілу екстрагованих речовин.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Провести пошук літератури щодо властивостей біологічно активних, ароматичних та смакових сполук зеленої і чорної кави.
2. Провести теоретичні та практичні дослідження нових способів термічної обробки та подрібнення кавових зерен відповідно до умов температури, часу та розміру фракцій зерен у процесі подрібнення.
3. Запропоновані нові методи розділення, екстракції та аналізу ароматичних речовин у каві.

Об'єктом дослідження були водно-спиртові екстракти подрібнених кавових зерен чорної і зеленої кави різних сортів.

Предметом дослідження є хімічні та біологічно активні природні сполуки кави, зокрема ароматні та смакові речовини, що входять до складу кавових зерен, та водно-спиртових екстрактів кави.

Методи дослідження: Були використані різні методи підготовки, термічного обсмажування, подрібнення та виділення компонентів аромату та смаку зеленої і чорної кави у вигляді водних та водно-спиртових екстрактів та розчинів кави.

Обґрунтованість, точність і достовірність висновків і результатів було підтверджено великою кількістю літературних, теоретичних та експериментальних даних, отриманих із застосуванням комплексу сучасних методів аналітичного та експериментального дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі теоретичних та експериментальних даних і випробувань детально було описано властивості різних типів сполук, які можуть бути утворені під час термообробки, подрібнення та екстрагування кави за допомогою пари, води та етанолу і їх розчинами, також їх хімічний склад. Вперше досліджено розміри наночастинок ароматичних макромолекул, вилучених з кавового водно-спиртового екстракту при паровій дистиляції, та пояснено їх склад і властивості.

Особистим внеском здобувача є аналіз та систематизація науової літератури, відбір та дослідження ароматичних сполук з кави, вивчення їх

властивостей. В результаті цього були сформульовані висновки, які були зафіксовані в рукописі.

Структура та обсяг роботи. Структура роботи визначається метою, завданнями та логікою приведених в роботі досліджень. Приведена наукова робота складається з наступних частин: вступ, огляд літератури, експериментальний розділ, обговорення результатів, висновки та список використаних джерел (10 позицій). Повний обсяг дипломної роботи складає 64 сторінки, в т. ч Рис. 23, Табл. 7, Літ. 26.

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Характеристика зерен зеленої кави

Кава - напій, який виник у давнині в Африці, на території сучасної Ефіопії, більше тисячі років тому. Згідно з легендою, пастухи з провінції Кафа помітили, що худоба робиться жвавішою після з'їдання червоних ягід з дерева, які пізніше місцеві жителі почали використовувати для приготування напою, відомого зараз як кава.

Кавові зерна поширювалися в різні частини світу через арабських купців. Після того, як каву привезли до Ємену, її стали вирощувати на плантаціях, і звідти вона поширилася до інших країн Близького Сходу, в тому числі Саудівської Аравії. Згодом кавові зерна стали надзвичайно популярними по світу, а вирощування зерен стало ваговою галуззю економіки в безліч країнах. На сьогоднішній день каву вирощують у різних країнах світу, таких як Бразилія, В'єтнам, Індонезія, Колумбія, і кожна країна має власні бленди та особливості кави, що залежать від кліматичних умов та специфіки вирощування.

Арабіка - це найбільш популярний сорт зеленої кави з приємним смаком, містить менше кофеїну, ніж Робуста, але більш виражені антиоксиданти та кислоти, які зменшують вплив шкідливих радикалів на організм. Арабіка містить кофеїн, теобромін та теофілін, які мають стимулюючі властивості, а також органічні кислоти, що відповідають за смак та аромат кави. Крім того, арабіка містить багато мінералів, важливих для здоров'я. Процеси виробництва, такі як миття, термічна обробка та змелювання, можуть впливати на якість та смак кави, а отже і на властивості. Миття кавових бобів може зменшити вміст органічних кислот та ароматичних сполук, що згодом обов'язково призведе до більшого ступеню гіркоти в кавовому напої.

Робуста - це ще один вид зеленої кави, який відрізняється від Арабіки більшим вмістом кофеїну, менш приємним смаком та ароматом. Хімічний склад

Робуста також інший, вона містить менше олій та цукрів, але більше води та кислот. Це дає їй більше гіркий та менш ароматний присмак порівняно з Арабікою. Однак, Робуста має переваги: вона більш стійка до обробки та транспортування, тому використовується у промисловому виробництві кавових зерен. Крім того, Робуста є популярним складником для виробництва еспreso та інших кавового питва, які вимагають більш насиченого та гіркого смаку. Також, Робуста має більший вміст кофеїну, що робить її більш звабливою для людей, які в пошуках більше енергії. Робуста також чудово росте в областях з високою вологою та іншими негостинними погодними умовами, що робить її стійкішою до шкідників та хвороб. В цілому, вивчення хімічного складу та властивостей Робуста допомагає виробникам кави покращувати якість своїх виробів.



Рис.1 Зелені зерна кави сорту Арабіка і Робуста.

У світі існує безліч різних сортів зеленої кави, таких як Ліберіка, Ексцельса та Сторрідж, кожен з яких має свої унікальні властивості. Наприклад, кава Ліберіка, що вирощується в Південно-Східній Азії та Африці, має більші листки та висоту, ніж інші сорти. Зерна цієї кави мають винятковий гіркуватий смак з присмаком фруктів та карамелі. Сорт кави Ексцельса має чіткий аромат з присмаком ягід, цитрусових та легкий смак бадилля. Сорт кавових зерен Сторрідж - це рідкісний

та майже невідомий сорт, що походить з Індії, відомий своїм особливим смаком та пахощами. Кожен з цих сортів кави має свою власну родючу землю, на якій він вирощується, що робить їх відомим в різних куточках світу.

Один з маловідомих сортів кави, кава Марагоджип, вирощується в Бразилії. Цей сорт відрізняється великими зернами з низькою кислотністю та солодким смаком з легким присмаком шоколаду та лісових горіхів. Неординарним сортом є кава Black Ivory, що виготовляється з кавових бобів, що пройшли травлення в шлунку слонів. Цей процес надає напою неповторний смак та аромат. Кава Black Ivory є одним з найдорожчих і екстраординарних сортів кави в цілому світі.

Зелена кава має багато корисних властивостей для здоров'я. Вона може допомогти знизити рівень цукру в крові, регулювати апетит, покращувати травлення та метаболізм, збільшувати енергію та зменшувати сонливість. Крім того, зелена кава містить хлорогенову кислоту, яка знижує рівень холестерину в крові та зменшує ризик розвитку серцево-судинних захворювань. Зелена кава використовується як засіб втрати ваги, оскільки вона допомагає збільшити темп обміну речовин, зменшити апетит та спалювати калорії. Зелена кава містить багато антиоксидантів, які борються зі стресом та захищають клітини від вільних радикалів. Вона також має в своєму складі вітаміни та мінерали, які підтримують імунну систему.

1.2. Способи виділення ароматних сполук з кави

Ефірні олії - це складні змішання хімічних речовин, що мають високу леткість та ніжний запах. Вони містяться в різних частинах рослин(в листях, квітах, корені і стеблі), та мають головну роль у фізіології рослин, приваблюючи комах та відштовхуючи шкідників. Ефірні олії можуть застосовуватися в фармацевтиці, парфумерії, харчовій промисловості і в ароматерапії, де натуральні пахощі використовуються для покращення психологічного та фізичного стану людини.

У складі ефірних олій містяться різноманітні хімічні речовини, серед яких терпени, альдегіди, феноли та кетони. Кожна з цих речовин відповідає за певний аромат та має корисні властивості. До прикладу, поодинокі ефірні олії можуть мати антимікробні властивості, допомагати послабляти нервову систему, поліпшувати настрій та зміцнювати імунну систему.

Існує декілька способів отримання пахучих речовин з кавових зерен, включно з екстракцією, дистиляцією і мікроенциматичними методами. Кожен з даних способів має свої переваги і недоліки, але вибір методу залежить від індивідуальної ситуації та жаданого результату. Для отримання ефірних олій переважно використовують парову дистиляцію.

Ефірні олії містять особливі хімічні компоненти, що робить їх корисними в різних галузях. До прикладу, лимонна ефірна олія містить в своєму складі лімонен, який знаходить застосування в різних галузях промисловості, від побутових мийних засобів до косметики та медицини. Евкаліптова ефірна олія має в собі евкаліптол, який має застосування заспокійливого засобу. Кожна ефірна олія містить в собі особливі складові, які надають їм різноманітні властивості і застосування.

У каві містяться ефірні олії, які відповідають за її пахощі та смак. Ці олії складаються з різних хімічних речовин, які є унікальними для кожного виду кави. Видобуток ефірних олій з кавових зерен є досить складним та трудомістким процесом, який потребує спеціальної кваліфікації та дотримання технологічних процесів.

Дистиляція – основний спосіб отримання пахучих компонентів з кавового порошку, який полягає у використанні пари для виділення пахучих сполук. У процесі дистиляції каву підігрівають, щоб виділити ароматичні компоненти, а згодом пару охолоджують, щоб вона стала рідиною. Це має назву гідродистиляція.

Мацерація - це інший метод отримання ефірної олії із зерен кави. Цей процес передбачає занурення кавових зерен в особливу рідину, таку як етанол, на кілька годин чи днів, щоб речовини перейшли в рідину. Після цього отриману суміш відфільтровують, щоб відокремити ефірну олію від рідини.

Екстракція - це один з найпоширеніших способів отримання ефірної олії з кави. Для цього використовують розчинники, зокрема вода, етанол, ефіри та хлороформ, які допомагають виділити пахощі з напою. Екстракцію ще можуть проводити за допомогою традиційних методів(варіння, дифузії чи завдяки екстракторам).

Існує ще один метод отримання ефірної олії з кави - мікроенциматичний, в якому використовують ферменти, такі як терміназа. Цей метод передбачає змішування зерен кави з ферментами і відстоювання на певний час, щоб ферменти змогли розщепити компоненти, що відповідають за пахучість. Незалежно від використаного способу, остаточним результатом є есенція кави (концентрована рідина, що містить ароматні складові кави).

Абсолютний екстракт - це тип екстракту, що отримують з рослин чи квітів, що містять в собі масляні жири або ж воски. Цей тип екстракту має більше розчинних компонентів, ніж прості екстракти, і має насиченіший аромат та кольоровий відтінок. Його використовують у парфумерії, косметичці та інших промислових галузях як натуральний ароматизатор, що є інтенсивнішим і стійкішим, ніж прості екстракти.

Холодне пресування – це спосіб отримання олій з джерел рослинного походження, який застосовують для збереження якості та корисних властивостей олії. Цей спосіб полягає у пресуванні матеріалу під дуже високим тиском без попереднього нагрівання, що дозволяє в свою чергу зберегти всі поживні

речовини та корисні властивості олії. Холодне пресування використовують для отримання олій з різних джерел, включаючи насіння льону, коноплі, соняшнику, гарбуза та інших рослин, а також для отримання олій з олійних риб та морських водоростей. Цей метод є ефективним, бо не вимагає використання хімічних розчинників і термічної обробки, що можуть негативно вплинути на якість олії.

Мікрохвильова екстракція без використання розчинників є більш екологічно чистим методом одержання ефірних олій, фенольних сполук, антиоксидантів та інших корисних компонентів з рослин. У цьому методі рослинна сировина поміщається в контейнер, який піддається мікрохвильовому випромінюванню, яке утворює високочастотне електромагнітне поле. Дане поле породжує зіткнення молекул у рослині, що спричиняє до виділення корисних речовин. Інтенсивність мікрохвильового випромінювання і довготривалість екстракції мають змогу бути модифіковані для отримання оптимальної кількості корисних речовин.

MWSME має декілька переваг порівняно з традиційними методами екстракції. По-перше, він не потребує використання розчинників, що зменшує відходи та ризик забруднення довкілля. По-друге, MWSME є більш швидким методом екстракції порівняно з традиційними методами, що дозволяє значно зменшити витрати часу та енергії на процес.

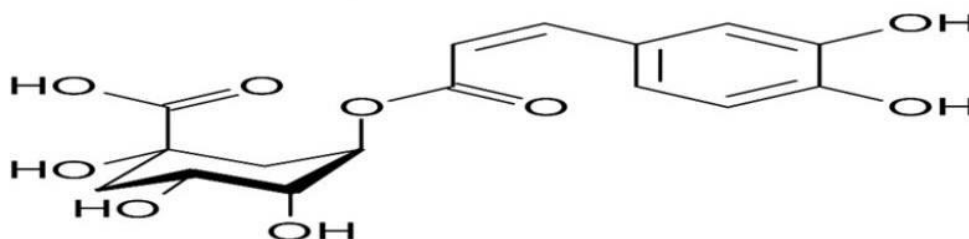
MWSME - метод екстракції, що має кілька переваг стосовно традиційного методу. Перш за все, він є більш екологічно чистим, оскільки не використовує розчинники, що уменшує забруднення навколишнього середовища. Крім того, MWSME є швидшим методом, який економить час та енергію.

Отож підсумовуючи можна перелічити такі методи, які можна використовувати для одержання ефірних олій та пахучих речовин з рослин. До них належать: мацерація, екстракція розчинником, пародистиляція, холодне пресування та отримання живиці і смоли з різних натуральних продуктів. Вибір конкретного методу залежить від складу та кількості ефірної олії, а також від особливостей рослини, з якої проводиться екстракція.

1.3. Хімічний склад чорної кави.

Українці знають свою пристрасть до кави, але ця пристрасть може бути досить дорогою. Якщо врахувати середню ціну за чашку кави (приблизно 30 гривень) та кількість кави, яку люди зазвичай випивають за день (2-3 чашки), то можна витратити від 1800 до 2700 гривень на каву щомісяця. Більшість людей обожають каву і готові платити великі суми, щоб насолоджуватися цим напоєм. Проте, багато хто навіть не задумується, які ж компоненти містяться в кавових зернах та що надає напою такого аромату.

Кава складається з декількох основних компонентів, таких як кофеїн, танін, жир, вуглеводи, цукор, полісахариди, білки і клітковина. Кава містить 2-3% кофеїну, 3-5% таніну, 13% білків і 10-15% жирних олій. Кофеїн міститься у бобах кави у вигляді хлорогенової кислоти.



Крім кави, кофеїн також міститься в інших рослинах, таких як чай, гуарана і деякі інші види кави, але саме в зернах кави його найбільше. Зараз кофеїн можна отримати шляхом екстракції чайного порошку або синтезувати синтетично. Перші спроби синтезу кофеїну були зроблені ще сто років тому, у 1861 році.

Кава має характерний смак, який можна описати як злегка гіркуватий і приємний з різними відтінками, такими як кислий чи винний. При термообробці кавових зерен кофеїн, тригонелін, хлорогенова кислота та клітковина створюють карамелізований смак. У готовий напій додається невелика кількість цукру та молока чи вершків для збалансування злегка гіркуватого присмаку кави. Науковці досліджували вміст кафеолу в обсмаженій каві, який може досягати до 1,5%, хоча спочатку німецький хімік Ердманн встановив, що його вміст становить лише 0,0557%.

Кава є складною сумішшю різних речовин. Німецький хімік Ердманн виявив понад десять різних сполук у складі кави, включаючи оцтову кислоту, метиловий спирт, ацетальдегід, метилмеркаптан та фурфурілмеркаптан.

У 1930-х роках було виявлено понад 70 компонентів у каві. Американські дослідники продовжили цю роботу в 1960 році і виділили дві групи продуктів, які створюють аромат кави. Перша - ароматична есенція, яка концентрується з газів, що відчуваються під час термічної обробки зеленої кави. Друга - створена з дистилату обсмажених зерен. Автори виділили лише п'ятнадцять органічних кислот з більш ніж сотні компонентів, що відбираються для аромату кави. Дослідники Ф. Готші та М. Вінтер використали нові методи дослідження в 1967 році і знайшли понад 220 компонентів, які створюють аромат кави. Різні компоненти мають різні рівні важливості: ацетальдегід у кафестолі становить близько 20%, ацетону - 18,7%, валер'яни - 7,3%, а тіофену, етантіолу та етилформіату - тільки 0,1%.

Кава має складну хімічну структуру, яка визначає її смак. Основні складові кави, які впливають на її смак, це алкалоїди, кислоти та цукри. Кофеїн є головним алкалоїдом у каві і надає їй стимулюючу дію. Солодкий смак кави залежить від наявності різних цукрів, таких як сахароза, фруктоза і глюкоза, але це може змінюватися залежно від багатьох факторів, таких як сорти кави, рівень смаження та спосіб приготування. Також в каві утворюються інші алкалоїди, які мають подібні властивості. Кислоти, що містяться в каві, відповідають за її кислий або гіркий смак, а також мають антиоксидантні властивості, корисні для здоров'я.

Запах кави складається з багатьох складових частин, включаючи летючі олії, аміни, кислоти та інші речовини. Найбільш значимими компонентами запаху кави є летючі олії, які включають ароматичні сполуки, такі як карбоніли, феноли та аміни. Серед складових летючих олій можна виділити:

Найбільш важливі компоненти запаху кави - це летючі олії, які містять ароматичні сполуки, такі як карбоніли, феноли та аміни. Карбоніли, зокрема 2-фурфураль і 2,3-бутандіон, надають каві солодкий аромат карамелі та запах

масла та ванілі відповідно. Феноли (гуаякол та 4-етилгуаякол), додають каві характерний димний аромат. Аміни, такі як метиламін та диметиламін, забезпечують каві насичений аромат. Ще кава містить кислоти, такі як хлорогенова кислота та квіннова кислота, які впливають на смак та пахощі кави. Кава також містить різні мінерали, зокрема, калій, натрій та магній. Вони також впливають на сприйняття смаку напою.

У цілому, хімічний склад пахощів та смаку кави є дуже складним та багатограним. Залежить від багатьох факторів, таких як: сорт кави, спосіб обробки, ступінь обжарювання, температури, час приготування, і особистих переваг смаку та запаху особистості.

Знання про склад кавового напою є корисним для людей з багатьох причин. Наприклад, для людей, які люблять готувати каву, знання про склад точно стане у пригоді в підборі складових речовин, які найкраще підходять для отримання бажаного аромату та смаку кави. Це допоможе значно скоротити процес приготування та досягнути високого результату.

Деякі компоненти кави можуть впливати на здоров'я, настрій та енергію людини. Наприклад, кислоти, які присутні в каві, можуть впливати на шлунково-кишковий тракт особи, тому є люди, що можуть відчувати дискомфорт після вживання напою. Також знання про склад кави є необхідним для тих людей, які стежать за своїм здоров'ям та дієтою, через те що вони можуть враховувати склад улюбленого напою при плануванні свого раціону.

Отже, можна зробити висновок, знати склад кави є корисним для покращення процесу приготування напою та підвищення рівня споживання, а ще для збереження якості здоров'я і одночасно підтримки здорового способу життя.

1.4. Методи обсмажування кави та її приготування

Приготування кави включає в себе змелення кавових зерен та їх варіння з водою або іншим рідким компонентом з метою екстрагування кавових смаків і ароматів. Якість напою залежить від багатьох факторів, таких як дозування кави, умови зберігання кавових зерен, температура та жорсткість води, її склад тощо.

Основні методи приготування кавового напою:

1. Еспересо

Метод приготування кави еспресо полягає у швидкому проходженні гарячої води під високим тиском через змелені зерна кави. Цей спосіб готування кави є популярним та швидким і забезпечує більше аромату та смаку кави, оскільки він дозволяє зберегти більше речовин з кавових зерен.

2. Кава по-східному

Метод приготування кави по східному, відомий як турецька кава, полягає у варінні дрібно змелених кавових зернах в мідному чайнику. Цей спосіб дозволяє зберегти всі смакові властивості кави, бо кавові зерна не обертаються і не зазнають впливу високої температури. Крім того, метод приготування кави по східному має естетичний вигляд, оскільки подача гарячої кави в турецьких чашках має приголомшений вигляд та може вражати гостей.

3. Аеропрес

Метод приготування кави аеропрес полягає у використанні спеціальної колби з порожнинним поршнем та фільтром. Для приготування кави потрібно додати свіжо обсмажені і подрібнені кавові зерна та гарячу воду до колби, зачекати 30 секунд, а потім повільно витиснути каву через фільтр за допомогою поршня. Цей метод дозволяє зберегти всі смакові якості кави і налаштувати процес приготування залежно від вподобань користувача, змінюючи кількість кави та води, час настоювання та тиск поршня. Головною перевагою цього методу є можливість отримати різні смакові варіації кави.

4. Френч-прес

Метод приготування кави френч-прес є одним з популярних способів заварювання кави. Для його застосування потрібна спеціальна скляна кавоварка

з поршнем. Суть методу полягає в настоюванні, тільки-но, помеленої кави у гарячій воді, після чого поршень опускається, відділяючи каву від води та утворюючи кавовий напій.

5. Пуровер

Метод приготування кави пуровер є дуже зручним для приготування кави вдома. Його особливістю є пропускання гарячої води через кавове зерно декілька разів, що дозволяє витягнути більше смаку та аромату з кави. Крім того, цей метод можна налаштовувати, змінюючи температуру води та швидкість її протікання, щоб досягнути вишуканого смаку кави.

Для заварювання кави необхідна кавова машина, яка зможе нагрівати воду до температури від 90 до 100°C та утворювати тиск до 9 атмосфер. Для заварювання кави дрібного помелу поміщують у перфорований кошик та очікують певний час. Частинки меленої кави злипаються завдяки тонкого шару олії, що утворює лабіринт дрібних шляхів. Гідравлічний опір цього шару втрамбованих мелених кавових зерен має бути меншим за тиск пари, що дозволяє воді проходити через кавові зерна зі швидкістю 1 мл в секунду. Якщо використовувати рекомендований час заварювання в 25-30 секунд, то кількість кави, яку ми отримаємо, буде приблизно від 25 до 30 мл.

Піна на каві може допомогти оцінити якість приготування, але не є основним критерієм. Якщо піна має рівномірну текстуру та гладку поверхню, це може вказувати на правильне приготування. Під час приготування еспресо може утворюватися крапельна піна - вершок, який повинен бути темно-коричневого кольору і займати до 1/8 частини об'єму кави. Якщо вершок занадто тонкий або занадто густий, то це може бути одною з ознак неправильного приготування. Але головним критерієм якості кави є її смак та аромат, тому їх також слід оцінювати при приготуванні та споживанні кави.

У результаті приготування кави отримуємо колоїдну систему, в якій молекули води знаходяться в колі повітряних бульбашок, крапель олії та твердих часток, кожна з яких менше 5 мкм. Ця дисперсія має колоїдну природу, яка надає напою в'язкість і знижує поверхневий натяг.

Якщо перевищити рекомендований час заварювання кави, який становить близько 30 секунд, то можна отримати небажані та менш розчинні ароматні речовини, які зберігаються в каві. Це може призвести до появи гіркоти та неприємного присмаку в еспресо, які ослаблюють всі інші смакові та ароматні характеристики кавового напою та його властивості.

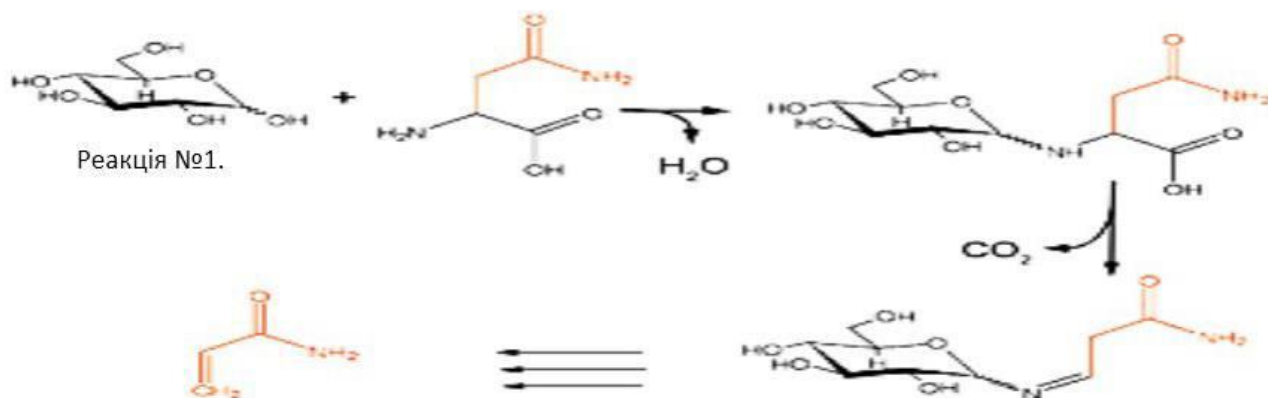


Рис.2. Реакція №1 є одним з початкових стадій реакції Маєра: перетворення аспарагіна в акриламід.

Реакція Маєра складається з декількох етапів. Першим етапом є реакція карбонільної групи цукрів з амінокислотами, що призводить до утворення нестабільного N-заміщеного глюкозаміну та води. Другим етапом є перетворення глюкозаміну в кетозоамін за допомогою альдо-кетозного перегрупування Амадора. Нарешті, в ході подальших реакцій кетозоаміни можуть перетворитися на редуکتони, діацетил, аспірин, пірувальдегід або на бурі азотовмісні полімери та меланоїдини (що додає напою карамельний колір та смак).

Різні види вуглеводів та цукрів мають різну реактивну здатність, з пентозою, гексозою та дисахаридами, відповідно, відзначаються збільшенням активності. Реакція Маєра призводить до утворення складних продуктів з часто невідомою структурою, і може бути спричинена обсмажуванням харчових продуктів, таких як м'ясо, хліб або кава. Це призводить до формування карамельного кольору, запаху та смаку у приготовлених продуктах, включаючи каву. Під час реакції у каві можуть утворюватися органічні похідні піридину.

1.5. Склад і властивості кавових зерен після карамелізації

Карамелізація - це термічний процес, за якого відбувається розклад компонентів продукту та створення нових ароматичних речовин і кольорових продуктів темно-коричневого відтінку.

У продуктах з великою кількістю вуглеводів, зокрема цукру, може відбуватися карамелізація. Цей процес дозволяє розвинути різноманітні смакові відтінки, підвищити кількість ароматів та поліпшити зовнішній вигляд продукту. Під час карамелізації молекули цукру розкладаються на молекули водню, кисню та вуглецю, при цьому утворюються нові ароматичні сполуки та змінює колір продукту на карамельний. Результат карамелізації залежить від багатьох факторів, таких як температура та тривалість процесу.

Карамелізація кавових зерен відбувається під час обсмажування і полягає в тому, що високі температури сприяють вивільненню води, глюкози та фруктози, які наявні в кавових зернах. Під дією тепла ці речовини поступово карамелізуються, тобто перетворюються на карамель. Різний ступінь обсмажування кави, що визначається тривалістю обсмажування та температурою, впливає на смак та аромат кави. Чим довше та темніше зерна обсмажуються, тим більше в них утворюється карамелізованих цукрів, а отже, кава має більш насичений та глибокий смак з вираженою гіркотою та меншою кислотністю. Коли кавові зерна обсмажуються, висока температура вивільняє воду, глюкозу та фруктозу, які присутні в зернах. Під дією температури ці речовини полімеризуються-карамелізуються, іншими словами перетворюються на карамель. Цей процес впливає на смак та аромат кави. Чим довше та темніше зерна кави обсмажуються, тим більше карамелізованих цукрів утвориться в них, що призводить до більш насиченого смаку кави з присмаком гіркоти та меншою кислотністю.

Різні сахариди мають різну температуру карамелізації. Наприклад:

Глюкоза: 160-180°C

Фруктоза: 110-120°C

Сахароза: 160-186°C

Лактоза: 160-170°C

У процесі карамелізації сахарози використовуються два методи: сухий та вологий. Під час сухої карамелізації цукри розподіляють тонким шаром на нагріваючій поверхні та приводять його до карамельного кольору без додавання води. Для зміни смаку карамелі часто додатково розплавляють масло або ванільний екстракт. Волога карамелізація передбачає додавання води до цукру та підвищення температури, щоб вода випарувалася і утворилася карамель.

У процесі карамелізації сахару вологим способом, сахароза перетворюється на карамельну масу, яка є компонентом карамелі. Для досягнення цього процесу, прозорий цукровий сироп, що містить 60-65% сахарози, нагрівається до 100°C і кипить, поки він не стане в'язкою речовиною при 103-105°C, з'являться бульбашки при 110-112°C, а коричневий колір він набуває при 151-160°C. При 166-175°C утворюється тверда карамель, яка містить карамелан($C_{24}H_{36}O_{18}$), карамелен($C_{36}H_{50}O_{25}$), та гумінові олігомерні речовини типу карамелін($C_{125}H_{188}O_{80}$). Однак, якщо температура досягне близько 200°C, сахароза почне горіти, що спричинить її повну деструкцію з утворення вуглецю.

Хімічний склад цукрової карамелі досі не повністю вивчений, але відомо, що цей процес складається з послідовності складних реакцій дегідратації, зневоднення та полімеризації, які ведуть до утворення складних полімерів. На початкових етапах молекули сахарози втрачають воду та об'єднуються, утворюючи складні, розгалужені та зшиті сполуки. В залежності від температури та інших умов можуть утворюватися сотні хімічних сполук, таких як карамелан, карамелен та карамелін, які відповідають за колір карамелі(рис.1.3). При обробці продуктів високими температурами можуть утворюватися різні хімічні сполуки, наприклад: β -глюкозан ($C_6H_{10}O_5$) та α -глюкозан ($C_6H_{10}O_5$), а також ангідриди та ангідроцукори. Ці сполуки можуть утворюватися при температурах від 100 до 160°C та відрізнятися за структурою.

При підвищенні температури відбувається перетворення цукрів, зокрема α -D-глюкози, у β -таутомери, які можуть згодом зв'язуватися між собою, утворюючи димери, тримери та полімери. Крім того, відбувається розкриття

оксіранового кільця та часткове окислення бічних груп. Цей процес може призвести до утворення молочної кислоти, гідроксиметилфурфуролу та інших сполук, включаючи токсичний гідроксиметилфурфурол. При підвищенні температури до 190°C може утворюватися ізосахарид, а при 150-160°C - ізомальтоза. Після цього утворюються олігомерні продукти, включаючи карамелан, карамелен і карамелів. Цей процес карамелізації може призводити до утворення спряжених подвійних зв'язків, які надають продуктам темно-коричневий колір. Карамель може утворюватися в більш складних циклічних полімерних системах.



Рис.3. Карамель

1.6. Способи та прилади для термічної обробки зелених зерен кави

Обсмажування зеленої кави - це процес, під час якого змінюються характеристики кавових зерен з метою поліпшення якості кави. Під час нагрівання кавові зерна піддаються розкладу структурних складників та утворенню нових хемічних складних речовин, що сприяє розвитку ароматичних та смакових якостей, зниженню кислотності та збільшенню кількості кофеїну. Крім того, обсмажування впливає на забарвлення зерен, що змінюється від світло-зеленого до темно-коричневого.

Обсмажування кави зазвичай проводять у спеціальних пристроях, які нагрівають повітря та вентилують кавові зерна. Температура та час

обсмажування залежать від виду кави та бажаного результату. Зазвичай температура коливається від 180 до 240 градусів Цельсія, а час - від 10 до 20 хвилин.

Під час обсмажування зелених зерен кави відбувається розклад кислот, що забезпечує зменшення кислотності кави, збільшення кількості цукру та глікозидів, а також утворюються нові ароматичні сполуки. Зменшення кислотності та збільшення кількості цукру під час термічної обробки також допомагає зберегти кавові боби на довший термін.

Обсмажування кавових зерен проводяться у спеціальному обладнанні, яке називають ростером. Він призначений для термічної обробки кави та різних культур. Ростер складається з металевого барабана, який обертається навколо своєї осі. Зерна кави поміщаються в барабані, який згодом нагрівається. Під час термічної обробки зерна кави безперервно перемішуються для забезпечення рівномірного обсмажування.

Існують два основних типи ростерів для обсмаження кавових зерен: барабанні і повітряні. Барабанні ростери є традиційними і мають велику ємкість для великих партій кави, зерна поміщаються в барабан і обертаються, забезпечуючи рівномірне обсмаження зерен. Повітряні ростери - новіша технологія, в якій зерна розташовуються в верхній частині ростера і обсмажуються повітрям, яке циркулює крізь зерна кави. Ці ростери мають меншу ємкість і підходять для менших партій кави, але можуть бути точнішими в керуванні процесом термообробки. Також відомі насадкові, тангенціальні та відцентрові жаровні зеленої кави.

Кожен тип обсмажувального пристрою має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного залежить від багатьох факторів, таких як кількість кави, яку необхідно обсмажити, бюджет, наявність вільного простору та інші фактори.

Насадкові жаровні циркулюють гаряче повітря через зерна кави, обсмажуючи їх рівномірно. Ці пристрої мають велику продуктивність і підходять для використання на великому промисловому масштабі.

Тангенціальні жаровні працюють на основі обертового диска, на який розміщують невелику кількість зерен кави, що обсмажуються шляхом тертя з іншими зернами та нагрівальною поверхнею.

Відцентрові жаровні працюють за принципом обертання камери, в якій розміщують зерна кави.

Під час обсмажування кавових бобів у ростері можна виділити декілька важливих етапів. Спочатку необхідно налаштувати ростер на потрібну температуру, швидкість обертання та потік повітря. Далі зерна завантажують у ростер у певній кількості. Слідом за цим розпочинається стадія сушіння, під час якої зерна втрачають вологу, а температура піднімається. Після близько 3-5 хвилин на зернах з'являються жовті плями, що свідчить про початок обсмажування. Потім боби починають значно збільшуватися та стають темнішими, появляються крапельки олії. Останнім етапом є видалення кавових зерен з ростера та їх охолодження. Важливо дотримуватись певного часу та температури для кожного типу кави, щоб забезпечити рівномірне обсмаження всіх зерен.

Існує чотири способів обсмажування зеленої кави в промисловості: тепловий, діелектричний, радіаційний, інфрачервоними променями. Інфрачервоне випромінювання також використовують для термічної обробки зелених кавових зерен, оскільки воно допомагає забезпечити рівномірне і ефективне нагрівання зерен та зменшити час обсмажування та енергоспоживання. Проте, його використання вимагає спеціального обладнання, яке ймовірно дорожче, ніж традиційні ростери.

Існує декілька пристроїв для вимірювання процесу обсмажування кави. Термопарами є електронні пристрої, які вимірюють температуру кави під час термічної обробки. Колориметри є популярними пристроями, які вимірюють колір кавових бобів. Газові хроматографи являють собою пристрої, які аналізують газові продукти, які виділяються з кавових зерен під час обжарювання. Електронні носії запахів - це легкі у використуванні пристрої, які аналізують запах кави при обсмажування. Також можуть бути використані

сенсорні панелі, де люди, навчені визначати ступінь обсмажування та якість кави, можуть допомогти підтвердити дані, отримані від інших пристроїв.

Під час обсмажування кави звуковий сигнал може бути використаний як індикатор температури. Технологи на ростерах визначають початок для двох звукових «тріщин», або температурних порогів: першого розтріскування приблизно в 196 градусів Цельсія і другого розтріскування приблизно в 224 градусів Цельсія. Перше розтріскування означає початок легкого обсмажування, під час якого волога з кави випаровується, а зерна збільшуються в розмірі. Друге розтріскування символізує руйнування структури кави, і якщо обсмажувати занадто довго, кава може згоріти. Зелені зерна кави мають температуру 22 градусів Цельсія і перебувають у фазі сушіння. Під час цієї фази зерна можуть зберігатися до 12-18 місяців, після чого вони переходять у фазу першого розтріскування.

Після того, як кава досягла потрібної ступені смаження, її потрібно охолодити. Зазвичай це відбувається за допомогою навколишнього повітря. У промисловому процесі, коли кава повністю просмажена, її охолоджують водою до того, як проводити повітряне охолодження. Охолодження водою зупиняє процес обжарювання, коли досягнуто певну температуру продукту або колір кави. Це може призвести до підвищеного вмісту вологи в бобах, але також може бути використано для отримання певної зволоженості кави.

Щоб отримати високоякісний продукт, кавові зерна проходять спеціальний магнітний пристрій, який дозволяє виявити металеві домішки. Після цього зерна очищають від камінчиків у машині. Після термічного обжарювання каві потрібно дати обов'язково відпочити, тоді вона набуває насиченого аромату і може змінювати колір. Купажування кави або ж сортування допомагає досягти ідеального балансу смаку, аромату та міцності. Фасування та упаковка кави є важливим етапом, який забезпечує її якість. Каву розфасовують в герметичні пакети з харчового паперу, полімерів або інших матеріалів, які в свою чергу допомагають зберегти насичений аромат кавових зерен. Якщо ж це

поліетиленові пакети, то вони повинні містити характерний клапан для виходу газу, який накопичується в пакеті.

У смажених кавових зернах вуглекислий газ відіграє одну з найважливіших ролей у захисті від окислення, яке може спричинити черствіння і зміну ароматичних компонентів. Проте, після обжарювання кавових зерен, якість може погіршуватися під впливом вологості, дуже високих температур та світла, що прискорює процес окиснення. Тому, для збереження максимальної якості кавових зерен, необхідно обмежувати час її зберігання.

РОЗДІЛ 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1. Установка для дистиляції ароматів кави водяною парою

Парова дистиляція є методом розділення компонентів речовин з різною температурою кипіння. В процесі перегонки тепло від водяної пари використовується для переведення розчину у газоподібний стан, де він розділяється на компоненти з різними температурами кипіння. Після цього газ з компонентами конденсується і компоненти зберігаються окремо.

Закон Дальтона стверджує, що загальний тиск газової суміші є сумою парціальних тисків кожного окремого газу, який утворює цю суміш (дистильованого компонента А і води В):

$$P = P_A + P_B \quad (2.1)$$

Значення загального тиску парової суміші завжди вище, ніж тиск окремих компонентів, і температура кипіння такої суміші нижча, ніж у найнижчого за температурою кипіння чистого компонента. Склад отриманого дистиляту залежить не від загальної кількості вихідної сировини, а від співвідношення парціальних тисків речовин у суміші. Така умова не виконується абсолютно точно, оскільки речовини можуть бути в певній мірі розчинні.

Підвищуючи температуру, тиск пари води та інших речовин, які не змішуються з нею, зростає приблизно незалежно один від одного. Кипіння речовин починається при температурі, яка нижче 100°C (звичайному атмосферному тиску), коли сума парціальних тисків є рівною атмосферному тиску. Здатність до перегонки водяної пари не є особливою характеристикою ніяких речовин, але є характерологічною для речовин, що мають достатні значення тиску пари при даній температурі в наявності води.

Перед проведенням перегонки матеріалу його спершу висушують і випробовують на летючість. Це роблять шляхом додавання компонента в 1-2 мл води і доведення суміші до кипіння у дистиляційному приладі, пробірці Еміха або малій склянці, що накрита годинниковим склом (вона використовується в

якості холодильника). Якщо конденсована пара має каламутний вигляд, то речовину дозволено перегнати з водяною парою.

Установка для парової дистиляції

Установка для перегонки з парою містить кілька компонентів, зокрема парогенератор, дистиляційну пляшку, холодильник, водопровідну трубу та ресивер.

Випарник - це прилад, який використовується в хімії для випаровування розчинів. Цей пристрій дозволяє видалити з розчину різні речовини шляхом нагрівання та випаровування рідини. Його можуть виготовляти з металу або жаростійкого скла. Випарник обладнаний паропроводами для вирівнювання тиску запобіжних труб, які досягають дна. Це захищає систему від раптового підняття тиску при сильному нагріванні, коли вода піднімається назовні, а повітря приходить при остудженні пари. Крім того, металевий випарник містить скляний водомір.

Для проведення дистиляції речовин використовують круглодонну колбу, яку закривають міцно пробкою з двома трубками: одна з'єднана з випарником через трійник, а інша приєднує колбу до холодильника. Щоб уникнути потрапляння дистиляту в приймач, краще використовувати перегінну колбу з довгим горлом, заповнюючи рідину не більше ніж на $1/3$ ємності, і під'єднуючи трубку до холодильника. Для зберігання вологої пари використовують скляний трійник з гумовою трубкою з гвинтовим затискачем, який виконує роль водовіддільника. Вода, що накопичується під час дистиляції, зливається з часом, оберігаючи дистиляційну колбу від переповнення. [17]

Проведення перегонки

Під час очищення речовини, парогенератор заповнюється водою до рівня між $1/2$ та $2/3$ ємності, а дистиляційна колба наповнюється трохи водою. Потім, після підключення пристрою, одночасно починається нагрівання парогенератора та дистиляційної колби. Як тільки вода в парогенераторі закипить та рідина в колбі нагріється до приблизного кипіння, трійник затискається, щоб пара, яка

пройшла через суміш в колбі та забрала речовину, потрапила в холодильник, де збирається у вигляді конденсату. Щоб не допустити конденсації водяної пари в колбі, її нагрівають, а горловину колби терmostатують термоізоляцією. Після закінчення перегонки затискач на трійнику відкривається, а нагрівання зупиняється. За потреби дистилят від'єднується за допомогою ділильної воронки. Щоб речовини вивільнилися від зайвої вологи, рідини зберігаються над доцільним осушувачем, а тверді компоненти в сушарці або духовці при визначеній температурі. Сирець можна виокремити із стійкої емульсії засолюванням або розділенням органічними розчинниками. [9]

2.2. Підготовка зерен кави для дослідження

2.2.1 Термічна обробка зерен зеленої кави із застосуванням НВЧ печей

Потрібна конкретна кількість теплової енергії для досягнення достеменного температурного профілю кави, але ця кількість залежить від типу кави, ступеня термообробки та вмісту води в каві. Кавові зерна мають різні фізичні властивості, такі як провідність температури, теплопровідність і теплоємність, які модифікуються під час термічної обробки.

Діелектричне обсмажування - це один з методів обсмажування кавових зерен, при якому використовується високочастотне електричне поле (рис.1. MHLR). Завдяки ефекту діелектричного нагрівання хвилями УВЧ, кавові зерна нагріваються за рахунок надвисоких частот коливань (НВЧ-випромінювання— електромагнітне випромінювання, що включає в себе сантиметровий і міліметровий діапазон радіохвиль (від 30 см — частота 1 ГГц до 1 мм — 300 ГГц). Високочастотне електричне поле збуджує молекули води, які знаходяться у зернах кави, і тим самим нагріває їх. Цей процес забезпечує більш точний контроль температури та часу термообробки, що позитивно діє на якість кави.

Мікрохвильове обсмажування кави здійснюється за допомогою хвиль УВЧ, які однаково проникають в усі зерна, тому ефективність обсмажування зерен кави не залежить від їхнього розміру. Цей спосіб обсмажування дозволяє зберегти багато екстракту і збільшити якість кави, оскільки зерна не контактують з нагрівальною поверхнею.



Fig 1. Microwave reactor for Solid-phase reactions , model : flexiWAVE Advanced Flexible Microwave Platform ,producer: Milestone srl, Italy

Рис.4. Мікрохвильовий лабораторний ротаційний реактор для твердофазних реакцій, який використовується для термовакуумної обробки кавових зерен з автоматичним контролером.

Мікрохвильовий лабораторний ротаційний реактор складається з кількох компонентів, зокрема:

- мікрохвильової печі, яка генерує мікрохвильову енергію;
- камеру реакції, де здійснюється обробка сировини;
- систему автоматичного керування реактором, яка включає датчики температури, тиску та інші параметри реакції;
- систему охолодження, яка містить в собі вентилятори або системи подачі холодної води;
- систему ротації, яка надає рівномірне обертання та перемішування матеріалу під час обробки.

Є декілька ступенів термічного обсмажування. Вони подані у табл.1.

Таблиця 1.

Ступені термічного обсмажування зелених кавових зерен

<i>Ступінь обсмажування</i>	<i>Властивості кави</i>	<i>Втрата ваги, %</i>	<i>Температура, °C</i>	<i>Ознаки</i>
Несмажена	Сирі зерна, 12% вологості.	0,0	Кімнатна	Зелені і гладкі зерна.
Коричнева	Виділення пару спричинює збільшення кавового зерна.	13,0	93-135°	Світло-коричневе забарвлення. Легка насиченість смаку, слабкий аромат із запахом хліба.
Американська	Кавові зерна продовжують збільшуватись в розмірі. Можна почути „перший тріск”. Вміст кислоти більший, ніж цукру.	14,0	168-190°	Помірно світло-коричневе забарвлення, із сухою поверхнею, з «кислотністю», відмінності між зернами, властиві зеленій квасолі, зберігаються. Збільшення розміру.
City (міська)	Сильне збільшення розмірів кавового зерна. Закінчується стадія „першого тріску”.	15,0	198-218°	Зерна тріщать, чути (тріск) від виділення газів.
Full City (повна міська)	Зерна сильно збільшуються. Баланс кислот і цукру. Початок стадії „другого тріску”.	16,5	223-229°	Коричневого забарвлення середньої насиченості, переважно з сухою поверхнею, місцями з’являються сліди жиру. Збалансована кислотність та відчувається повна насиченість смаку.
Віденська	Втрачена більша кількість газу, завершення стадії „другого тріску”.	17,0	229-235°	Яскраво коричневого забарвлення, поява крапель жиру на поверхні зерен, з’являється солодко-гіркий смак. Приглушена кислотність, сильне насичення.

Espresso (Еспресо)	Аромат стає менш виразнішим, карамелізація цукру.	18,0	235-240°	Темна блискуча поверхня з жирними плямами. Переважає солодко-гіркий смак. Кислотність приглушена.
Французька	Різка зменшення кислотності, карамелізація цукру.	19,0	240-246°	Темного чорного забарвлення, кавові зерна покриті жиром. Відчувається запах горілого жиру. Переважає гіркий смак.
Італійська	Кавове зерно позбувається характерного аромату кави.	20,0	246-262°	Чорного забарвлення, суха блискуча поверхня. Переважає гіркий палений смак.

Існує ще одна номенклатура ступенів обсмаження кави, головні з них: світлий, середній, середньо-темний та темний. При обсмажуванні до світло-коричневого кольору, зерна зберігають більше кислотності та фруктових нот і отримують назву "Light". Каву, обсмажену до коричневого кольору зі слабкими плямами, вважають "Medium", яка зберігає більшу частину кислотності, але також має додаткові нотки солодкості та горіхів. Якщо зерна обсмажуються до темно-коричневого кольору зі значними плямами, їх називають "Medium-Dark", тут менше кислотності, але більше гіркуватості та карамелізованих нот. Кава, обсмажена до глибокого коричневого або чорного кольору з великими плямами на поверхні, вважається "Dark" і має найменшу кислотність та найбільше гіркуватості.

2.2.2. Методи та умови подрібнення обсмаженої кави

Подрібнення кави - це процес змелювання кавових зерен на менші фрагменти за допомогою спеціального обладнання. Правильне помелювання має велике значення, оскільки розмір частинок впливає на процес витягування пахощів та смаку кави під час заварювання.

При помелу кави, незалежно від методу приготування, головною метою є розкриття внутрішньої частини зерна, щоб можна було витягти більше олій та ароматів. Після помелу, кава має більшу площу поверхні, ніж кавові зерна цілком, що дає воді контактувати з великою кількістю кави при заварюванні, що в свою чергу впливає на якість та смак напою.

Помел кави впливає на інтенсивність заварки: більш дрібний помел забезпечує більш інтенсивну заварку, а грубе помелення - менш інтенсивну. Однак, якщо каву подрібнити надто дрібно, то заварка буде в'язучою, а занадто грубе помелення може дати слабку заварку без аромату. [19]

Крім звичайного подрібнення кави, існують інші способи подрібнення, такі як використання лабораторного подрібнювача НС-150 (зображеного на рис. 5), або розтертя кави у дрібний порошок за допомогою ступки та маточки.



Рис. 5. Лабораторний високошвидкісний млин(подрібнювач НС-150)

Турецька кава. Для турецької кави необхідний досить дуже дрібний порошок, який добре екстрагується і заварюється. Кавове зерно подрібнюється на кавомолці для задирок, що містить два обертові елементи - задирки, які здійснюють подрібнення кави до кавового порошку. Кавомолки з колесами для задирок швидше забиваються, ніж конічні ножеві кавомолки, тому швидкість помелу може бути нижчою, зазвичай менше 500 обертів на хвилину. Суспензія

кави(фус), яка утворюється при заварюванні, опускається на дно чашки і, здебільшого, не споживається.

Кавомолки з конусними ножами зберігають аромат кави завдяки меншій швидкості помелу, яка виробляє менше тепла. Це дозволяє не спотворювати якість смаку кави. Також, для подрібнення кави в меншу гущу, важливо знизити швидкість обертів ножів, щоб не нагрівати кавову гущу. Кавомолки зі змінною швидкістю перемикання передач є оптимальним вибором для подрібнення кави для різних цілей. Це дозволяє зменшити швидкість помелу кави при достатньому крутному моменті, щоб запобігти засміченню конічних задирок чи ножів.

Правила подрібнення обсмажених кавових зерен:

1. Для правильного приготування кави необхідно вибирати правильний тип помелу, який відповідає методу заварювання.

2. Не можна порошок подрібненої кави і зберігати її відкрито – втрачається аромат, тому краще змелити лише ту кількість кави, яку потрібно для приготування, і зберігати її в мішках з непрозорого матеріалу в прохолодному і сухому місці до моменту подрібнення.

3. Також важливо регулярно очищати кавомолку від залишків кави та олії, щоб запобігти забиванню і зберегти якість та аромат кавового порошку.

Щоб вибрати правильний тип помелу кави, необхідно знати, що існують різні розміри помелу. Основні розміри помелу кави включають дуже грубий, грубий, середній, дрібний та дуже дрібний помел. Вибір розміру помелу кави залежить від методу заварювання та ваших особистих уподобань щодо смаку. Наприклад, для турецької кави потрібен дуже дрібний помел, для фільтрування кави використовують середній помел, а для еспресо - дуже дрібний помел. Такий вибір допоможе отримати бажаний смак та аромат кави.

2.2.3. Методи дистиляції ароматних речовин з подрібнених зерен кави

Щоб приготувати каву в перегінній колбі, потрібно дотримуватися декількох кроків. Спочатку потрібно налити воду в парогенератор до рівня, що становить від $1/2$ до $2/3$ його ємності. Далі, потрібно змішати 50 г подрібнених кавових зерен з 100 мл дистильованої води в перегінній колбі місткістю 250 мл. Після цього, потрібно з'єднати елементи обладнання та почати нагрівати парогенератор та перегінну колбу разом. Коли вода в парогенераторі досягне кипіння, а рідина в перегінній колбі буде кипіти, треба закрити трійник за допомогою гвинтового затискача(рис. 6). Під час перегонки, водяна пара з парогенератора(позначно 5), що стоїть в СВЧ печі-(позначено 1), проходить через суміш з меленої кави колбі реакторі(позначено 4), що дозволяє їй забирати ароматні та пахучі речовини з подрібненої кави. Суміш потім переноситься в холодильник(позначено 3), згодом у вигляді конденсату - в приймач(позначено 6). Щоб не допустити конденсації водяної пари в колбі, її нагрівають, горловину термостатують теплоізоляцією та дефлегматором(позначено 2). Після завершення перегонки необхідно відкрити затискач на трійнику та зупинити нагрівання.

Після перегонки необхідно відкрити затискач на трійнику та зупинити нагрівання.



Рис. 6. Лабораторна установка для видалення кавових ароматів із подрібнених кавових зерен водно-спиртовими парами за допомогою мікрохвильової печі Delfa D20MW -1, Зворотного скляного холодильник-дефлегматор -2, прямого водяного холодильника -3, трьохгорлої колби для перегонки з водяним паром-4, парогенератора пари-в печі НВЧ-5, приймальної колби для відгону кавових смаків і ароматів-6, магнітна мішалка з підігрівом-7.

Під час перегонки, пара проходить через суміш з меленої кави, що дозволяє їй забирати ароматні речовини з подрібненої кави. Суміш потім переноситься в холодильник, згодом у вигляді конденсату - в приймач. Щоб не допустити конденсації водяної пари в колбі, її нагрівають, горловину терmostатують. Після завершення перегонки необхідно відкрити затискач на трійнику та зупинити нагрівання.

Температура перегонки залишається незмінною на рівні 96 °С. З 50 г подрібненої кави можна отримати приблизно 170-200 мл дистиляту з насиченими кавовими пахоцями. Час дистиляції складає дві години.

РОЗДІЛ 3

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1. Результати термічного обжарювання зеленої кави в НВЧ печах

У мікрохвильовій ізотермічній печі мікрохвильовій ізотермічній камері MWR-SPR «Microwave reactor for Solid-phase reactions, Milestone, Italy» можна жарити кавові «боби» різноманітних сортів за різних температур та інтервалів часу.

Таблиця 2.

Умови термічного обжарювання зелених зерен кави Арабіка в мікрохвильовій ізотермічній камері MWR-SPR «Microwave reactor for Solid-phase reactions, Milestone, Italy».

№	Ступінь обжарювання	Властивості кави	Швид- міш.	Час Термо- оброб.	Втрата ваги.	Темпе- рат- ура.	Потуж- ність випрмN	Ознаки
			об/хв	Хв.	%	°C	вт	
1	Зелена кави, сорту Арабіка, виду "Brasil Santos" фірми «Salvia Paradise» розф. в Чеській респуб.	1.Стадія сушки: Сирі зерна, зеленої кави(блідо-зелені з майже без запаху). Сушка кавових зерен від вологості (при 60°C 15 хв.) при відкритій на повітрі ємності для сушки.	250	15	0,5-2,5	20-60	300	Зелені (зелені з сіруватим відтінком) неприємний запах і гладенькі кавові зерна. Трохи кавових зерен біля маг. мішалки пожовкли і стали темнішими до темно жовтого кольору, колба помутніла від випар. води. Певною мірою зник неприємний запах зеленої кави.
2	Brown, коричневого кольору арабіка, виду "Brasil Santos" фірми «Salvia Paradise» розф. в Чеській респуб.	2. Після стадії сушки №1 (при 60°C, 15хв. втр.=1,9%). Прожарювання із зворотнім холодильником та дефлегматором: випаровування пари зумовлює розширення кавового зерна.	250	+20= 35	2,8	35-105°	300	Рівномірно від жовтого до світло-коричневого ко- льору. Зник запах зеленої кави. Легка насиченість смаку, слабкий аромат з хлібним запахом. Відпадиння верхньої обо- лонки (шелухи) від поверхні кави. Відсутність масел кави на поверхні.
3	Brown, арабіка, виду "Brasil Santos" фірми «Salvia Paradise» Бразилія розф. в Чеській респуб.	3.Після стадії сушки проходить підсма- жування з викорис- танням зворотнього холодильника та дефлегматора, при збільшеній потужності СВЧ реактора.	250	+20= 35	4,8	35-125°	400	Помірно темно-коричневого кольору, з сухою повер- хнею. З'явився запах сма- женої кави. Відпадиння верньої оболонки (шелухи) від поверхні кави. Зерна продовжують набухати і збільшуватися. Чутно «перший тріск».

4	Brown , арабіка, виду "Brasil Santos" фірми «Salvia Бразилія розф. в Чеській респуб.	4.Після стадії сушки проходить підсмажування в ізотермічному режимі з використанням дефлегматора і зворотного водяного холодильника в коніч. колбі. і маг. мішалкою при збільшеній потужності СВЧ реактора.	250	+20=40 хв.	3,5	20-135	600	Коричнева кава з особливим запахом, відмінно прожарених кавових зерен (запах печеного хліба). Є різниця між кавовими зернами. Збільшуються в 1.5 рази, де-не-де утворюються сліди кавової олії. Повністю відходить лушпиння з поверхні кавових зерен.
5	Americana , арабіка, виду "Brasil Santos" фірми «Salvia Paradise, Бразилія розф. в Чеській респуб.	5.Після стадії сушки проходить підсмажування з використанням дефлегматора і зворотного водяного холодильника з коніч. кол. і маг. мішалкою, при збільшеній потужності СВЧ реактора.	250	20	13,5	20-145	700-800	Темно Коричнева кава зі специфічним запахом добре прожареної кави. Збільшуються в розмірах в 1.5 рази, де-не-де помітні сліди жиру. Лушпиння з поверхні кавових зерен відходить.
		5.1 Після стадії сушки Без перерви проходить Прокалювання з використанням дефлегматора і зворотного водяного холодильника з коніч. колбою на 250мл з магнітною мішалкою. Теор. Втрати=15,0%	250	20	13,5	20-145	700-800	Чорна підсмажена кава. Зерна тріщать (2 тріск) від виділення газів. Коричневого кольору середньої насиченості, Збільшуються в розмірах 2 рази, помітні сліди олії на поверхні зерен. Етап «спікання» та частково обвуглення закінчується.
		Сумарно	250	$\Sigma = 40$	15-16 %	20-145 °C	300-800	Чорна підсмажена кава з приємним кавовим запахом і смаком.
4	Americana , арабіка «Salvia»		250	$\Sigma = 40$	15-16 %	20-145 °C	300-800	

Після термічної обробки проводяться вимірювання температури, часу, втрат ваги кавових зерен, швидкості обертання і потужності СВЧ печі і реєстрування результатів, які можуть є відображені у таблиці (2) зі спостереженнями.

У підсумку експериментів було встановлено оптимальні технологічні параметри термічного обжарювання кавових бобів арабіки "Brasil Santos" і робусти "Vietnam" у мікрохвильовій ізотермічній печі MWR-SPR «Microwave reactor for Solid-phase reactions, Milestone, Italy»- рис.4. Ці параметри включають час обжарки від 15 до 20 хвилин, втрату маси кави після обжарювання ($\Delta M = 15$ -

18%), температуру 20 - 145 - 195 градусів Цельсія та потужність мікрохвильової печі 300-800 Ват. Ці умови розходяться від традиційних випікання зерен на вогнищі чи електричному обігріві, в якому температура термічного обжарювання значно вища становить 220-260 градусів Цельсія, а час обсмажування теж збільшується до 30 хв.

3.2. ДТА метод дослідження обжарювання зелених зерен кави

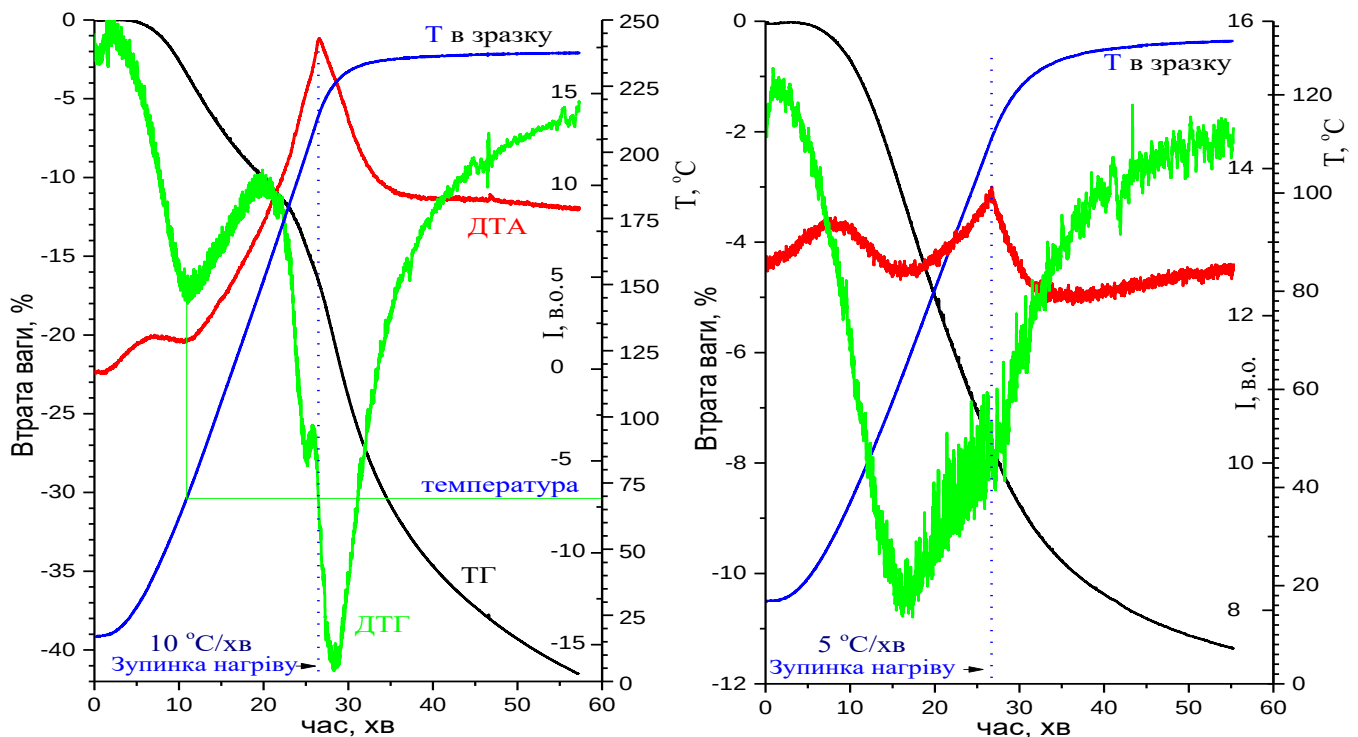
Табл. 3. Дослідження ДТА кривих зелених зерен кави сорту Арабіка.

№	Швид-кість нагрі-ву v °C/хв	Час нагріву t , хв	Темпера-турний діапазо-н нагріву T , °C	T_1 max Швидко-сті дегідра-тації, °C	T_2 max Швид-кості прожа-рюван-ня °C	ΔT_1 , діапазон дегідрата-ції °C	Час дегідра-тації Δt_1 , хв	Середня швидкість дегідрата-ції v_1 %/хв	Δm ; Втрати маси Кави, %		ΔT_2 , діапазо-н прожар-ювання °C	Час прожа-рюван-ня Δt_2 , хв	Сер. Швид-кість прожа-рювання v_2 %/хв
									Дегідра-тація Δm_1 , %	Про-жар-юван-ня Δm_2 , %			
1	10	28	20-240	70	230	20-150	16	0.625	10	32	150-230	36	0.88
2	5	28	18-130	66	115	18-130	28	0.22	11,5	-	-	-	-
3	5	52	20-240	50	245	20-130	33	0.42	14	51	130-230	70	0.53

Аналіз проводився з використанням методу ДТА на дериватографі Q-1000D MOM (Paulik-Erdey), де зразки кави (92,4 і 99,9 мг відповідним чином) нагрівали з планованою швидкістю (5 і 10°C/хв) до двох заданих температур (125 і 250°C належним чином).

Для експерименту зелених зерен кави сорту Арабіка було проведено дослідження з використанням методу ДТА на дериватографі Q-1000D MO, де зразки зерен нагрівали із заданою швидкістю до вище згаданої температури. Дані про кривих ТГ, ДТГ, ДТА і Т в зразку були записані протягом пів години до досягнення стабільних значень. Криві ДТА та рисунки табл. 3. і рис. 7. показують, що при обжарці зелених зерен формуються та виділяються низка ароматичних сполук. Після завершення нагрівання дані були збережені протягом

ще півгодини до того моменту, коли крива ДТА прийняла постійну форму. Для кожного зразка залежність ТГ, ДТГ, ДТА та Т від часу була записана. Крива ТГ була переведена в % для зручності порівняння. З табл. 3. та рис. 7 (а, б, с) видно, що підсмажування зерен формується з двох процесів: ендотермічних процесів відволоження вологи з діапазоном температур 20-130 градусів Цельсія, що тривають 10-15 хвилин, і екзотермічного процесу спікання зелених зерен від 130 до 200 градусів Цельсія. Цей процес спричинюється реакцією Майєра між глюкозою, фруктозою та амінокислотами. Швидкість даного процесу, яка становить 0,53-0,88 мас.%/хв, перевершує швидкість сушки-деградатції зерен, яка становить 0,22-0,62 мас.%/хв (табл. 3).



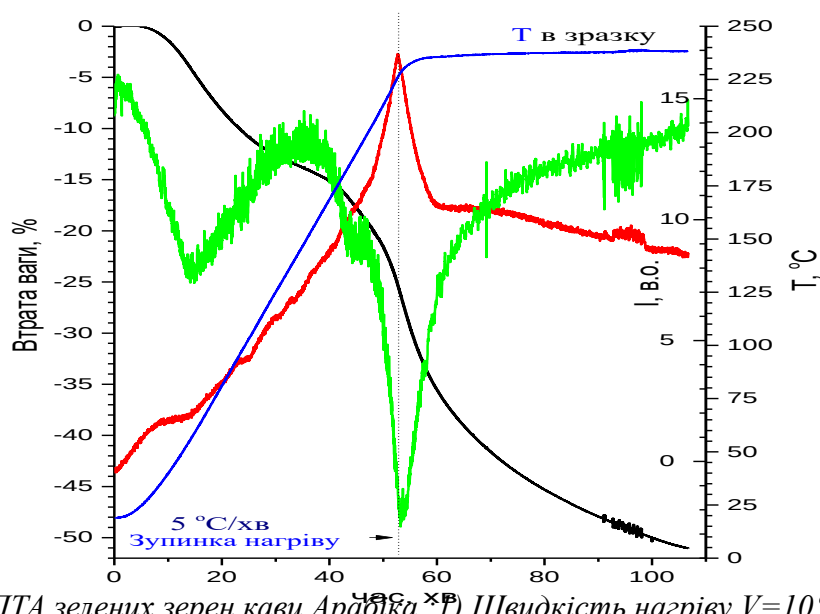


Рис. 7. Криві ДТА зелених зерен кави Арабіка :1) Швидкість нагріву $V=10^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ до 250°C
 Швидкість нагріву $V= 5^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ до 130°C . 3) Швидкість нагріву $V= 5^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ до 250°C

3.3. Алгоритм виокремлення ароматних сполук з кави дистиляцією водяною парою водяною парою

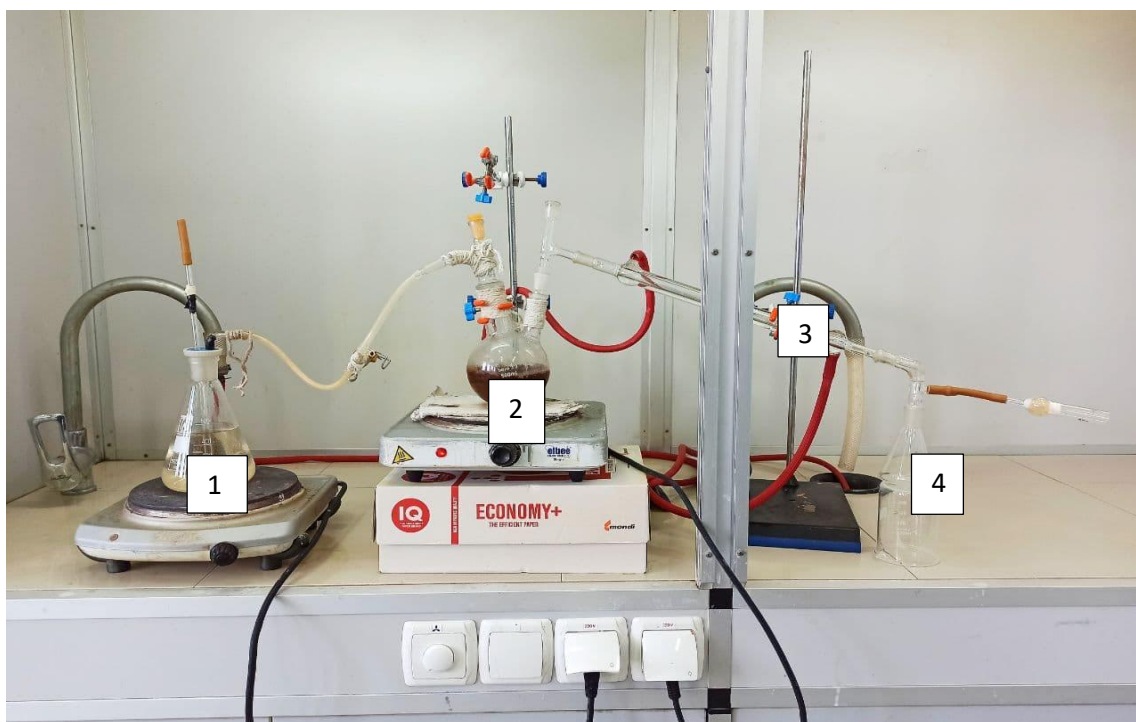


Рис. 8. Лабораторна установка для екстракції кавових ароматів водно-спиртовими парами, на лабораторній установці з колбою генератором пари та електроплитці-поз.1, колба для екстракції кави парою на електроплитці –

поз.2,прямий водяний холодильник- поз.3, приймальна колба відгону смаків і ароматів кави-поз.4

У експерименті було проаналізовано каву різних сортів, а саме «Арабіка», «суміш Арабіки та Робусти (США)», «зелені зерна кави (Колумбія)» та «LAVAZZA Crema e Gusto». З цих сортів виділили пахучі компоненти, які були розібрані за декількома показниками, такими як:

1. вміст сухого залишку після сушки екстрактів,
2. показник заломлення,
3. оптична густина,
4. рН середовища
5. органолептичні показники.

Таблиця 4.

Результати відгонки водяною парою ароматних сполук з кави

Аналітичні показники		Дистильована вода	Арабіка	Арабіка + Робуста (США)	Зелена кави (Колумбія)	Кава сорту LAVAZZA
Сухий залишок, С	г	0,0004	0,0021	0,003	0,0012	0,006
	%	0,00404	0,02135	0,03386	0,012122	0,0607
Показник заломлення, n		1,333	1,3328	1,3329	1,333	1,3327
Оптична густина, світлопропускання T,%		100	100	94	>100	90
Водневий показник, рН		6,97	3,40	3,83	3,43	3,65

У даній роботі проведено порівняльний аналіз характеристик екстрактів кави та дистильованої води, яка використовувалась для їх приготування. Отримані результати цього порівняння представлені в таблиці 4 та на рисунку 6.

Для визначення висушених залишків у зразках дистилату, використовували метод видалення 10 мл аліквот з кожного зразка і їх висушування в сушильній шафі при температурі 105 градусів Цельсія упродовж двох годин, як описано в джерелах [24,25].

З дослідницьких даних видно, що частка сухого залишку змеленої кави підросла з 0,0021 до 0,006 від арабіки до LAVAZZA, що становить збільшення в 3 рази. Це досягнуто завдяки використанню вищої доброти змеленої і обжареної кави, а ще збільшеному вмісту пахощів.

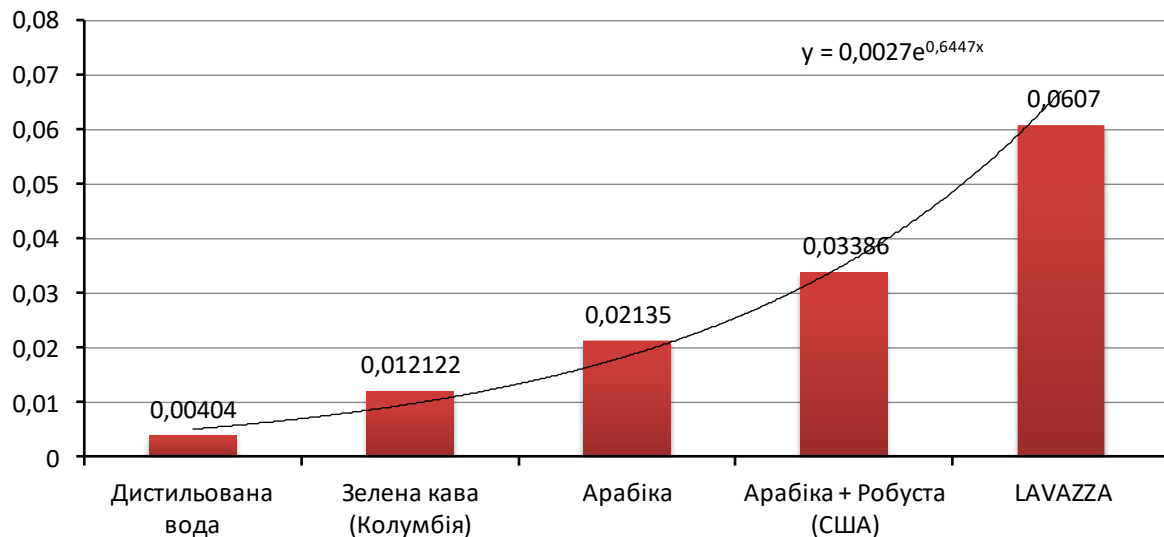


Рис. 9. Залежність сухого залишку екстракту подрібненої кави різних сортів, отримана способом парової сушки і дистиляції

Результати вимірювання рН екстрактів кави вимірювання подані у табл. 4 та рис. 10. Дослідження рН середовища дистиляту показало, що наявність пахучих компонентів впливає на формування кислого середовища, особливо карбонових та ароматних кислот і їх похідних в каві. Підсумок підрахунків можна знайти в таблиці 4 та на рисунку 10.

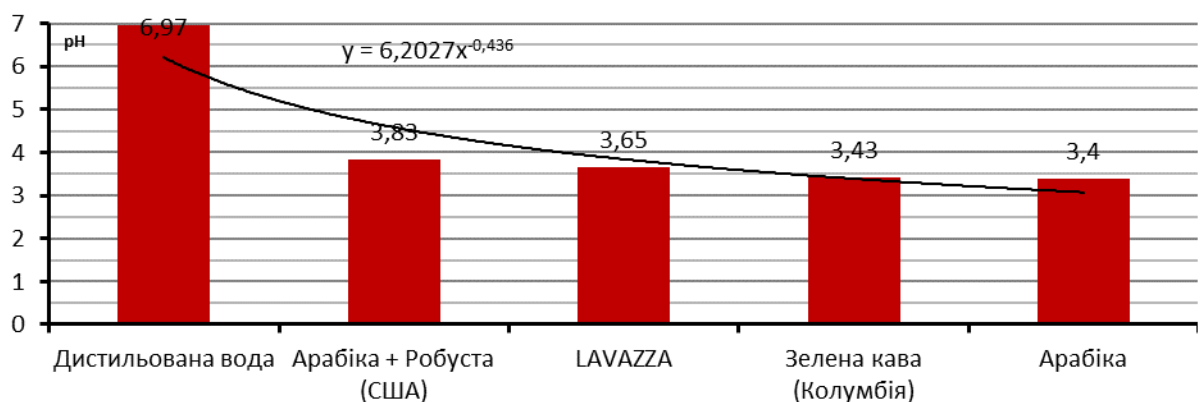


Рис.10. Водневий показник (рН) одержаних дистилятів напою в H_2O

Під час дослідження було встановлено, що в ході перегонки дистиляту з пахучими речовинами вага показника заломлення мало що змінюється. Інформація про ці результати подана в таблиці 4.

За допомогою проведених досліджень можна підтвердити наявність пахучих та олійних компонентів у кавових дистилятах різних сортів, зокрема Арабіки, Робусти (США) та LAVAZZA.

3.4. Методологія виокремлення ароматних компонентів з кави дистиляцією з етанолом

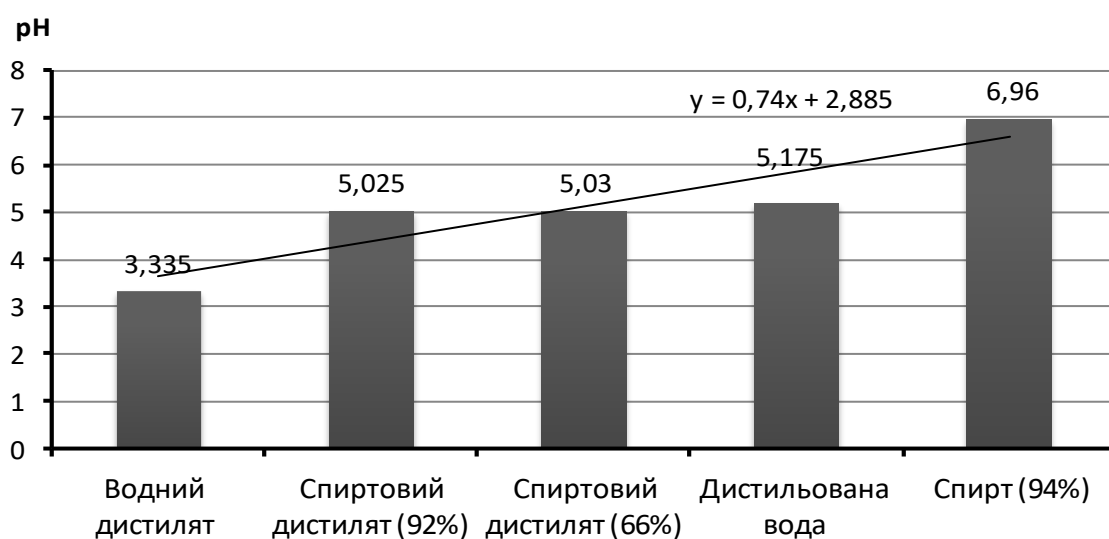
Для покращення результативного видалення пахоців було вивчено застосування розбіжних концентрацій етилового спирту (C_2H_5OH) у водному розчині натомість H_2O під час варіння кави еспресо. Підсумок дослідження були занесені до таблиці. 5.

Це видно з експериментальних даних, представлених у таблиці 5. та рисунку 4, використання добавки етанолу (спиртового розчину) у воду підвищило значення водневого індексу екстрактів до нейтральних значень, що відрізняло їх від кислих водних екстрактів кави (табл. 5.), можливо, через більш високий рН. Чистий спирт і органічні екстракції майже не змінюють рН водних розчинів. [25,27]

Таблиця 5.

Підсумок відгонки пахучих складників з кави парами C_2H_5OH

Показник		Дистильована вода	Водний екстракт кави	Спиртовий екстракт (66% спирту)	Спиртовий екстракт (92% спирту)	Спирт етиловий (96%)
Водневий показник, рН		5,175	3,335	5,03	5,025	6,96
Показник заломлення, n		1,333	1,3125	1,3645	1,361	1,364
Оптична густина, світлопропус. Т, %		100	99,75	100	99,5	99,5
Сухий залишок	г	0,0007	0,0046	0,0032	0,0055	0,001
	%	0,007	0,0464	0,0368	0,07	0,013

Рис. 11. Водневий показник (рН) витяжки кави з різним вмістом C_2H_5OH

При цьому показник заломлення кавового водно-спиртового екстракту близький до етанолу. При дослідженні водно-спиртових еліксирів виявлено, що їх показник заломлення був подібним до показника заломлення C_2H_5OH . (рис. 8).[27]

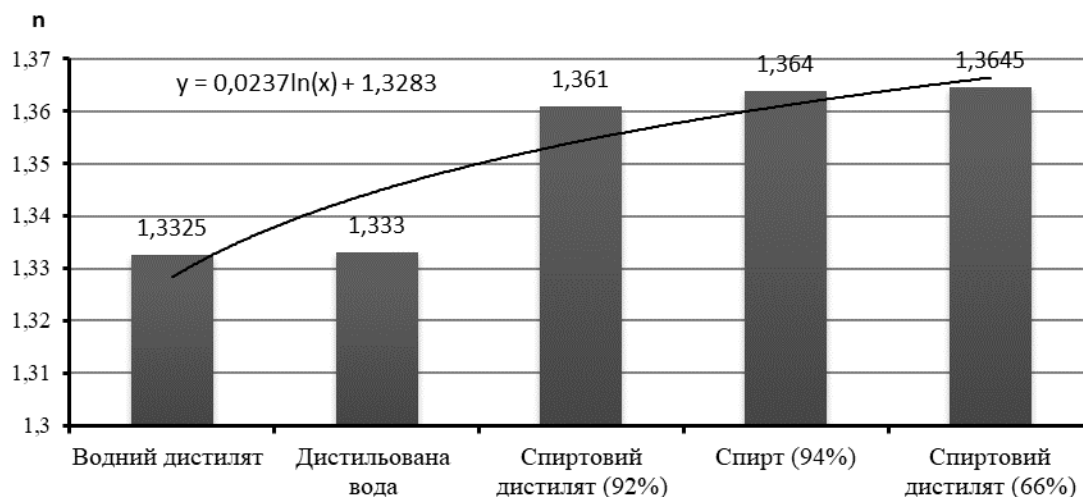


Рис. 12. Показник заломлення (n) досліджуваних рідин, еліксирів кави з C_2H_5OH

З експерименту було встановлено, що додавання C_2H_5OH до кавової витяжки знижує оптичну щільність та коефіцієнт пропускання, що свідчить про більш високе видалення пахучих і маслянистих складових з кави. Цей висновок підтверджується збільшенням сухої витяжки. (Рис. 13) [24,26,29].

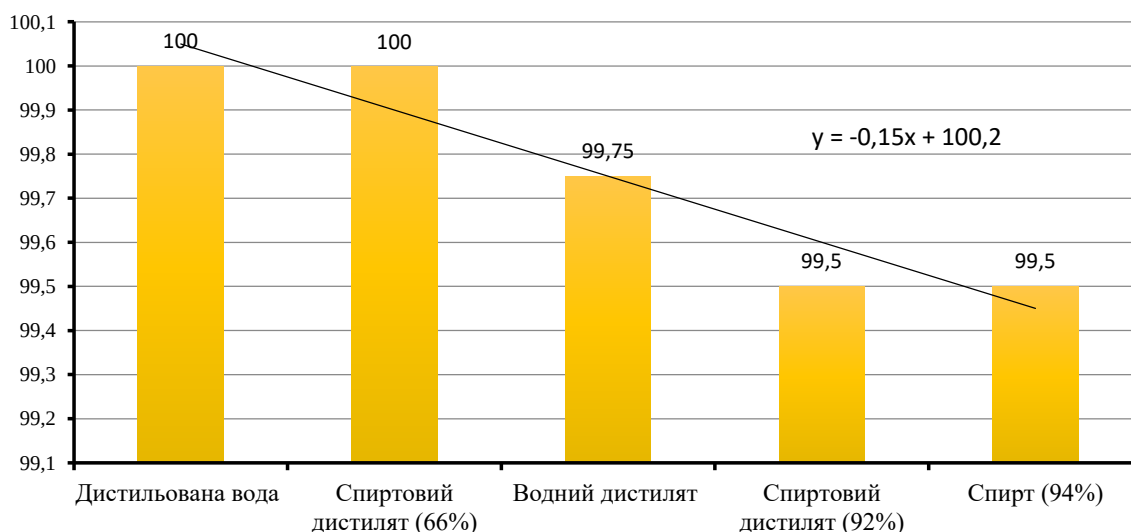


Рис. 13. Світлопропускання (T, %) фракцій кави з різною концентрацією C_2H_5OH

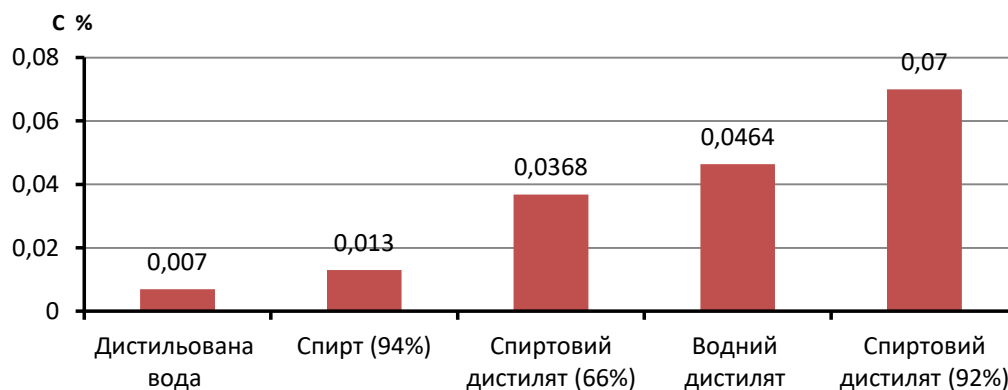


Рис. 14. Сухі рештки (C,%) висушених фракцій кави з різною концентрацією етанолу.

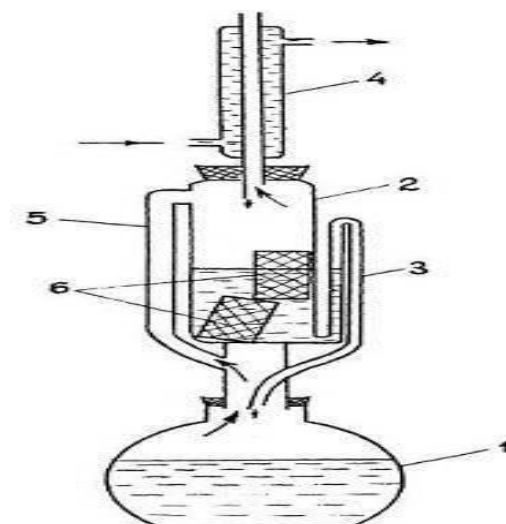


Рис. 15. Апарат Сокслетта складається з:

1. Термостійка колба зі шліфом.
2. Апарат Сокслета для витяжки.
3. Переливна трубка.
4. Зворотний холодильник.
5. З'єднувальна трубка.
6. Зразок (кава).



Рис. 16. Зображення зважування порошку кави після витяжки в апараті Сокстлетта на визначення сухого залишку (С,%) у H_2O та винному спирті. Результати після витяжки кави:

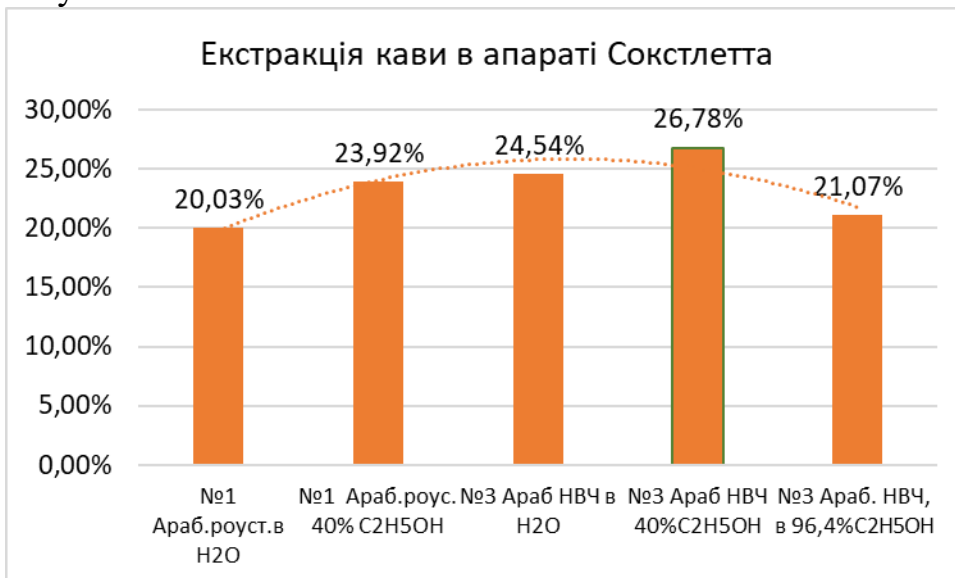


Рис. 17. Гістограми залежності продуктивності вилучення кави від методу термічного обжарювання у ростері чи в печі НВЧ, і природи екстрагента у воді та етанолі.

З рисунку 17 можна підсумувати, що обжарювання зерен в печі НВЧ збільшує кількість екстрагованих складників у H_2O і етанолі на чотири відсотки проти традиційного обжарювання у ростері. Це означає, що за деяких умов обробка зерен кави в печі НВЧ може дати більшу концентрацію кавових компонентів у водних і спиртових розчинах, а також менші втрати бобів, ніж при обжарюванні у ростерах.

3.5. Вивчення якісного і кількісного складу водно-спиртових дистилятів кави

3.5.1. Визначення мікро розмірів частинок кави з її дистилятів у H_2O та C_2H_5OH

У процесі дослідження величини частинок пахучих молекул у каві було використано спеціальний пристрій для лазерного кутового розподілу на водних і спиртових витяжках NANODS CILAS. Результати показали, що розмір молекул у водних еліксирах коливається у діапазоні 9000 нм, тоді як для кавової витяжки у винному спирті величини набагато менші - 150-1200 нм (рис. 18). Можливо, саме це і є основним наслідком того, що кава має відмінний аромат в водних та спиртових розчинах.

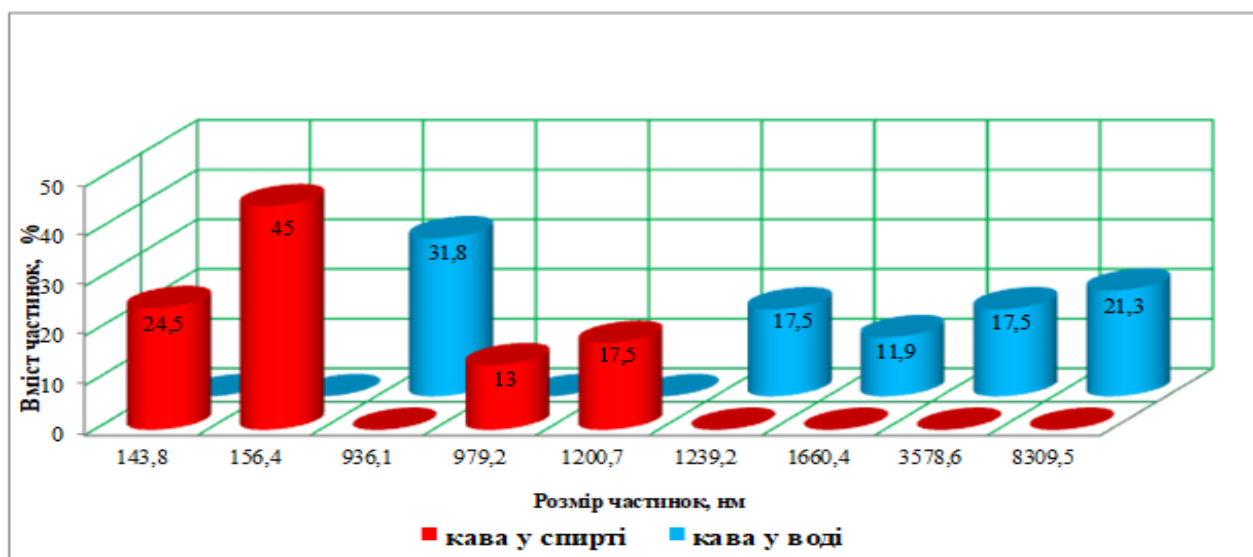


Рис. 18. Графік процентного вмісту витяжки кави у H_2O (голубі гістограми) і C_2H_5OH (червоні гістограми).

3.6. ІК-Спектральний аналіз та мас-спектроскопія кави та її екстрактів у воді і етанолі

Одержано ІЧ-спектри витяжки кави ThermoScientific на спектрометрі FTIR Nicolet i S50, які показали наявність гуараніну в області 1600 см^{-1} , пахучих кислотних компонентів в області 1400 см^{-1} та складних кетонів чи альдегідів в області 1200 см^{-1} (див. рис. 19-20). Карамелізація бобів є процесом формування концентрованих (забарвлених) речовин, які мають які мають подвійні-спряжені зв'язки в молекулах речовин в каві і поглинають світло деякої довжини хвилі, надаючи каві коричневий відтінок. Ненасичені полімери формуються при

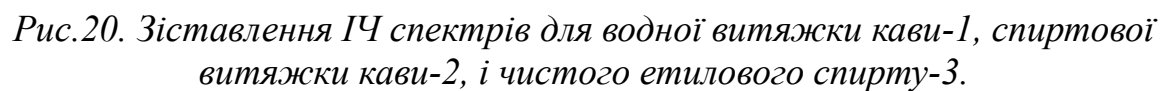
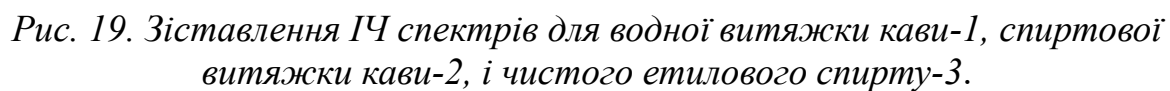
температурі 190-200 градусів Цельсія. У продуктах, таких як карамель і карамельний порошок, містяться складні органічні сполуки, такі як $C_{12}H_{18}O_9$, $C_{24}H_{36}O_{18}$ і $C_{36}H_{50}O_{15}$, які мають різні властивості. Ці сполуки можуть мати різний колір, смак та розчинність у воді та спирті, залежно від ступеня зневоднення. Також імовірно формування малої кількості гумінових полімерів, які мають темний колір та гіркий присмак.

1. Карамелан - речовина з температурою плавлення $145^{\circ}C$, кутом повороту світла $20D = 80$, легко розчинна в воді та 80% метанолі.
2. Карамелен - речовина з температурою плавлення $205^{\circ}C$, кутом повороту світла $20D = 64,5$, розчинна в воді.
3. Карамелін - не плавиться, кут повороту світла $20D = -$, розчинна в воді при кипінні.

Кожен новий ненасичений зв'язок ($-C=C-$) в карамелі спричинює збільшення її забарвлення і переміни кольору до темно коричневого відтінку (згідно з реакцією №2).

У ІЧ-спектрах, знятих на приладі FTIR spektrometer Nicolet та S50 у витяжці кави виявлено присутність кофеїну приблизно 1600 см^{-1} , а також інших пахучих кислотних сполук близько до 1400 см^{-1} та складу кетону чи альдегіду фактично 1200 см^{-1} (див. рис. 19), які свідчать про хімічний склад кави.

Для більш точного аналізу ми використовували метод кількісного аналізу спектрів МАС (матрична/лазерна матрична активація та лазерна десорбція/іонізація) з молекулярними вагами речовин, отриманими на приладі MALDI-TOF. Для цього, зразок у розчині чи зразок в матриці накладали на сталеву мішень та сушили при заданому шаблоні. Кожен даний спектр, одержаний протягом експерименту, складався з 200 особливих спектрів. Аналізатор застосовували у лінійному режимі, а діапазон експерименту був від 100 до 6000 Да. Матрицю MALDI-TOF для спектрометричного аналізу заготовляли шаблонним способом: розчинили дванадцять мг в одному мл вода-ізопропанол 1:1 і додавали один мкл трифторуксусної кислоти. Пристрій



В даному експерименті було проаналізовано три зразки кави Арабіка: 1) екстракт завареної у воді при температурі 90°C, 2) відгін з водяною парою при 100°C, та 3) відгін з парами етилового спирту при 82°C. Для кожного зразка був проведений аналіз молекулярно-масового розподілу складу компонентів завдяки МАС-спектроскопії.

За допомогою МАС спектроскопії було проведено аналіз 25 знаних та 10 незнаних компонентів у зразках. За отриманими даними були побудовані гістограми молекулярного розподілу цих речовин, які можна побачити на рисунку 21.

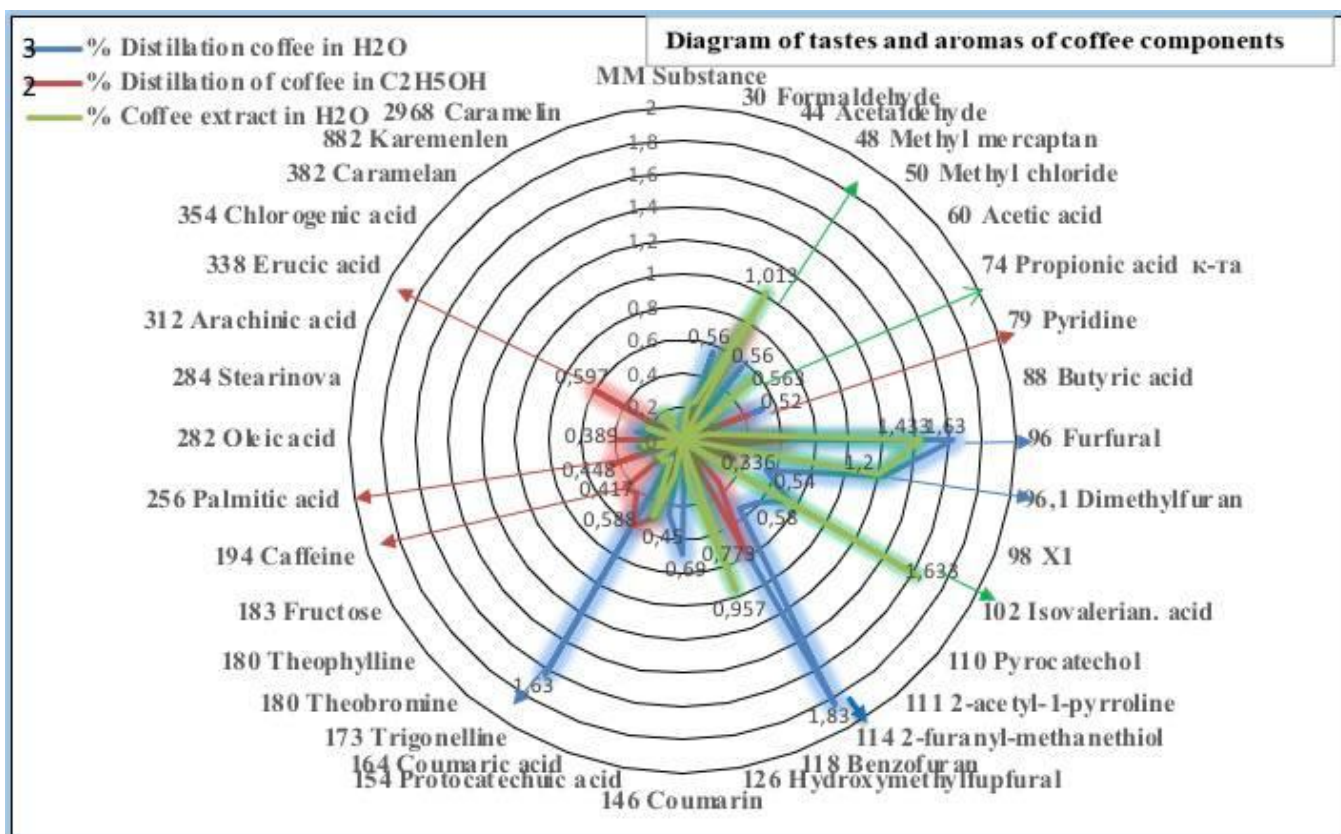


Рис. 21. Порівняльні діаграми смаку та пахоців зерен кави Арабіка за ММ розподілом складу сполук.

Дослідження кавових водно-спиртових витяжок показало, що вони мають близькі до нейтральних значень водневого показника 4-6, відмінно від кислих водних витяжок з водневого показника 3-4, немає значення від якого виду кавових зерен. Оптична густина етанольних витяжок кави була нижчою, ніж водних, що підтверджує про більш дієве відділення пахучих та маслянистих

сполук з кави етиловим спиртом. Це підтверджується збільшенням решток сухого компонента у винній каві у два - три рази. [6].

Аромат кавового напою є важливою складовою її смаку. Через те для дослідження кави було проведено МАС – спектральний аналіз з метою вираження 3 найважливіших компонентів, зосередження яких в витяжках кави і перегонки пахощів зерен у воді та винному спирті є найбільшою. Результати досліджень представлені на рис. 18 у вигляді гістограм з фоновим освітленням заданого забарвлення. Хоча склад напою змінюється відповідно до її термічного обжарювання, але склад пахучих і смакових складників кави не є вичерпно популярними та вимагають наступного дослідження. [22].

Таблиця 6.

Зіставлення хімічного складу вологих та обжарених зерен (г на 100 г продукту)

Речовина	У сирих зернах кави	У обобсмажених зернах кави
Кофеїн	0,70...2,50	0,63...2,25
Хлоргенова кислота	5,50...10,9	2,20...4,00
Дубильні речовини	3,60...7,70	0,50...1,00
Сахароза	6,00...10,0	0,56
Редукуючі цукру	0,70...1,00	2,22
Мінеральні речовини	3,60...4,05	5,00...7,00
Ліпіди	9,40...18,0	9,40...18,0
Білкові речовини	9,00...10,2	7,65...9,75
Органічні кислоти:		
-яблучна кислота	0,30	0,18
-щавлева кислота	0,05	0,042
-винна кислота	0,40	0,28
-лимонна кислота	0,30	0,13
Екстрактивні речовини	20,0...29,0	21,0...25,0

Отже, ми досліджували молекулярні маси деяких речовин, що містяться в каві сорту Арабіка після різних видів обробки та дистиляції. Для цього ми використовували МАС спектральний аналіз трьох зразків кави, які були піддані обжарці у реакторі НВЧ за певних умов. Конкретно, досліджувалися екстракт натуральної чорної кави Арабіка у воді при температурі 100°C, водно-паровий

відгон чорної кави Арабіка з води при температурі 90°C та спиртовий відгон з 96% винного спирту при температурі 78-82°C.

Табл.7. Методом МАС-спектроаналізу було встановлено молекулярні маси, походження пахучих і смакових властивостей розбіжних сполук, які були знайдені у витяжці і відгоні натурального напою.

№	Назва	Формула	ММ	Природне походження	Характеристика аромату і смаку
1	Формальдегід	CH_2O	30	Утворюється в природних умовах, при фотохімічному окисненні метану або метанолу, при атмосферному тиску	Безбарвний газ, різкий, характерний мурашиний запах, подразнює шкіру, очі і носоглотку і виявляється по запаху в кількості $0,05-1 \cdot 10^{-6}$
2	Ацетальдегід	CH_3COH	44	Ацетальдегід зустрічається в каві, в стиглих фруктах, хлібі, каві і синтезується рослинами з етанолу.	Безбарвний газ з різким запахом, схожим на запах прілого яблука, добре розчиняється у воді, спирті, ефірі.
3	Метилмеркаптан	CH_3SH	48	У газоподібному вигляді важчий за повітря. При високих концентраціях негативно впливає на центральну нервову систему. Метантіол утворюється при розкладанні	Безбарвний отруйний газ з сильним запахом, при малих концентраціях нагадує запах гнилої капуста. Поріг відчуття запаху метантіола при об'ємній концентрації 1 частина на мільйон
4	Хлористий метан	CH_3Cl	50	Велика кількість хлорметану виробляється природно в океані дією сонячного світла на біомасу.	Хлорметан безбарвний легко летучий прозорий газ з солодкуватим запахом.
5	Оцтова к-та	CH_3COOH	60	Оцтова кислота міститься в низьких концен-траціях у багатьох рослинних і тваринних сис-темах, синтезується як продукт ферментації вина набув консервант	Оцтова кислота за стандартного стану є безбарвною рідиною із різким запахом. При замерзанні, за температури 16,635 °C, вона перетворюється на прозорі кристали (льодяна оцтова кислота)[1].
6	Пропіонова к-та	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	74	Застосовують як <u>консервант</u> у продуктах для людини та тварин. У природі пропіонова кислота утворюється внаслідок <u>ферментації (пропіоновокисле бродиння)</u> .	Їдка рідина без кольору з різким олійним запахом, з хімічною формулою проявляє властивості жирних кислот.
7	Піридин	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	79	Без обмежень змішується з водою та практично з усіма органічними розчинниками. З водою (41,3 мас%) утворює азеотропну суміш з температурою кип 93,6 °C	Безбарвна рідина з характерним неприємним запахом.. косткового масла, отримують сухої перегонкой необжирених костей, Піридин токсичний, діє на нервову систему, шкіру
8	Масляна к-та	$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$	88	Масляна кислота і її ефіри в невеликих кількостях містяться у вершковому маслі і нафті.	Безбарвна рідина з різким запахом прогіржлого масла, Неприємний запах масляної кислоти зазвичай відчувається в концентрації вище 10 частин на мільйон, цей запах характерний
9	Фурфурол	$\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$	96	Отримують з кукурудзяних качанів, пшеничних висівок, рисового лущиння і соломки вівса, рису та ін. злаків, волокна конопель,	Рідина з запахом житнього хліба. Це безбарвна масляниста рідина, але на повітрі зразки швидко стають жовтими. Гідролізом рослинної сировини розведеними мінеральними кислотами з безперервною відгонкою продукту з парою.
10	Диметилфуран	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}$	98	2,5-диметилфуран отримують з біомаси. Речовина може бути отримана безпосередньо з рослин і фруктів, з глюкози.	<u>Має запах карамелі і використовується як харчовий ароматизатор</u>
11	Ізовалеріанова к-та	$\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-COOH}$	102	Міститься в кореневих валеріанах лікарської вільному вигляді, в складі борнізовалеріанат, у вигляді валепотріату - Також виявлена в чайному дереві, хмелі, ефірних маслах кави ряду цитрусових і ін.	Безбарвна розчинна у воді, розчинна в етиловому спирті, діетиловому ефірі, хлороформі виробляється анаеробними бактеріями в ході реакції бродиння білкового субстрату [1], обумовлюючи запах поту деяких сортів сиру.
12	Прокатехін	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$	110	Отримують при сухій перегонці екстракту з акації катеху пирокатехин, такі його похідні були знайдені в різних рослинах, в деревині і смолах, .	Безбарвні кристали з запахом фенолу. Сильний відновник На світлі і повітрі темніють до коричневого кольору.
13	2-Ацетіл-пірролін	$\text{C}_6\text{H}_9\text{NO}$	111	2-Ацетілпірролін і його структурний гомолог, можуть бути утворені шляхом реакцією Майяра при нагріванні харчових продуктів, таких як хліб підсмажування кави.	Ароматичну речовина і ароматизатор, який дає білий хліб, рис жасмину і рис басматі, специфічний запах. Запах, як схожий на «гарячу, змащену маслом попкорн», і
14	2-фуранил-метантіол	$\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2\text{S}$	114	Природний та Синтетичний ароматизатор. <u>Безбарвна масляна рідина перетворюється в темно-коричневий, при зберіганні, після розведення, стає приємний Кавовий аромат, карамель, солодкий</u>	Це прозора безбарвна рідина в чистому вигляді, але вона стає жовтим кольором при тривалому стоянні. <u>Він володіє сильним запахом смаженої кави і гіркою смаку.</u>
15	Бензофуран	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$	118	Бензофуран об'являють в каменноугольної смоли продуктах карбонізації	Бензофуран є безбарвною рідиною з ароматним запахом, розчинний у воді, етанолі, діетиловому ефірі. полімеризується.
16	Гідрокси-метил-фурфурол	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3$	126	Отримують зневодненням деяких <u>цукрів</u> , ^[2] в.т.ч. в каві з <u>біомаси деревини, целюлози та крохмалю</u> . ^[1] . Легко утворюється з <u>моносахаридів</u> при нагріванні <u>меду</u> .	Безбарвна рідина, при зберіганні отримує буре забарвлення. Легкоплавкі безбарвні або жовтуваті кристали
17	Тригонеллін	$\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2$	137	Тригонеллін - алкалоїд, що міститься в каві і деяких інших рослинах, інша назва - метілбетанінікотінова кислота, відноситься до пвітер-іонним з'єднанням. сіллю нікотинової та бетайнові кислот.	Наявність саме цього алкалоїду в каві обумовлює його запах при обсмажуванні тому, що при термічній обробці тригонеллін перетворюється в піридин.
18	Кумарин	$\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_2$	146	У вигляді глікозидів міститься в багатьох рослинах, серед них – пред-ставники сімейства Айстрові (гербера, ромашка, деревій), буркун, зубрівка, кориця .	Безбарвні кристали з запахом свіжоскошеної трави; тпл 70 ° C, t кип 291 ° C. Кумарин розчинний в спирті і ефірі, в воді - погано, Кумарин застосовується як ароматизатор

19	Протокаєтова к-та	$C_7H_6O_4$	154	У природі вільна протокаєтову кислота була виявлена в маслі асаї в складі кори босвелії в печерицях в шкірі цибулі (Allium sera), в лісовій підстилці.	Протокаєтову кислота - один з найпростіших представників так званих поліфенолів і має антиоксидантні властивості. Протокаєтову кислоту отримана нагріванням пірокатехіна
20	Кумарова к-та	$C_9H_8O_3$	164	Кумарову кислоту зустрічається в ряді їстівних рослин, арахіс, помідори, морква, базилік і часник. Разом з пилком рослин потрапляє в мед. [3]	Кристалічна тверда речовина, слабо розчинна у воді, добре розчиняється в етанолі і діетиловому ефірі. Глікозиди р-кумаринової кислоти знаходяться в хлібі, .
21	Теобромін	$C_7H_8N_4O_2$	180	Теобромін <u>алкалоїд</u> , метаболіт в орг. людини від кофеїну, міститься, У продуктах харчування, я у мате, чай, колі, гуарані та каві, какао.	Теобромін Безбарвні кристали гіркої смаку, нерозчинні у воді. Чим більша кількість какао-продуктів було використано при приготуванні шоколаду, тим більше в шоколаді буде теоброміну.
22	Теофілін	$C_7H_8N_4O_2$	180	Теофілін — <u>алкалоїд</u> , міститься в <u>листі</u> чайного куща.	Безбарвні кристали гіркої смаку, нерозчинні у воді.

23	Фруктоза	$C_6H_{12}O_6$	181	Фруктоза (плодовий цукор), $C_6H_{12}O_6$ — <u>моно-сахаридів</u> , що міститься в солодких плодах, меді[3];	Безбарвні кристали солодкої смаку (солодке сахарози в 1,5 рази і глюкози в 3 рази), t пл 102–104°C; розчинна у воді.
24	Кофеїн	$C_8H_{10}N_4O_2$	194	Кофеїн —міститься в бобах <u>кавового дерева</u> , у <u>листі чаю</u> , <u>мате</u> , ягодах <u>гуарані</u> , а також у <u>какао</u>	Кофеїн — безбарвна з гірким смаком кристалічна речовина, гетероциклічний алкалоїд пуринового ряду
26	Пальмітинов а к-та	$C_{15}H_{31}COOH$	256	Пальмітинова к-та входить до складу усіх гліцеридів органічних жирів та рослинних олій, деяких восків. І в кавовій олії- 25—35%.. який утворюється з вулководів..	Неприємний гірко запхлий запах пальмітинової кислоти зазвичай відчувається в концентрації вище 10 частин на мільйон.
26	Олеїнова к-т	$C_{17}H_{32}COOH$	282	Міститься в рослинних жирах і рослинних оліях[2].	Безбарвна рідина, без запаху.
27	Стеаринова к-та	$C_{17}H_{35}COOH$	284	Вміст стеаринової кислоти в рослинних оліях — до 10 % (пальмова олія); кавова і какао-олія та олія ши, в яких вміст стеаринової кислоти сягає 28-45 %	Є білою кристалічною речовиною, нерозчинною у воді і розчинною в діетиловому ефірі. Стеаринова кислота була відкрита в свинячому салі
28	Епікатехін	$C_{15}H_{13}O_6$	289	Міститься в білому чаю, в зеленому. У відчутніших кількостях вони виявлені в багатьох плодах і ягодах (кава, чорному шоколаді. Танін - полімері катехінів,	Специфічний запах Флавоноїди, поліфеноли, таніну.. Кава і Чай містить. Епігаллокатехін (EGC) — його антиоксидантні властивості у 25-100 разів вищі, ніж у вітамінів С і Е. Одна чашка зеленого чаю або кави містить 10-40 міліграмів поліфенолів..
29	Арахінова к Арахідонова	$C_{19}H_{39}COOH$ $C_{19}H_{31}COOH$	307- 312	В основному міститься в таких продуктах: арахісова олія (1,1 %–1,7 %/ кукурудзяна (3 %), та какао-олія	Арахідонова кислота — це поліненасичена жирна кислота, наявна з запахом арахісу.
30	Ізосахаран	$C_{12}H_{20}O_{10}$	324	Кава, мед, цукор, карамелізовані продукти,	При 160-165 °C в каві формуються димери, глюкозану та левулезану
31	Ерукова к-та	$C_{22}H_{42}O_2$	338	Мононенасичена Омега-9[ев] жирна кислота, міститься у насінні ріпаку олія містить до 54 %,	Білий твердий воскоподібний вигляд високий вміст ерукової кислоти у ріпаковій олії 42 % у гірчичній олії.
32	Сахароза	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342	Кава, мед, кава природні продукти	Кристалічна речовина, без запаху, солодкий смак
33	Хлорогенова к-та	$C_{16}H_{18}O_9$	354	Широко поширена в природі, в значних кількостях міститься в зернях кави, а також насінні соняшнику, листі чорниці,	Являє собою безбарвні кристали з температурою плавлення 206-210 С. Легко розчинна у воді і етанолі. Лужний розчин зеленіє на повітрі, звідси назва кислоти.
34	Карамелан	$C_{24}H_{36}O_{18}$ N=4-32	325- 624	Термооброблені моно та дисахариди: карамелан: tпл.= 145 °C, легко розчиняється у H2O та 80%	Карамелан коричневі порошки, гіркі на смак, карамелін – порошок жовтого кольору
35	Карамелен	$C_{36}H_{50}O_{25}$	882	Термооброблені дисахариди: карамелен: tпл.= 205 °C, розчиняється у H2O;	Карамелен – коричневі порошки, гіркі на смак, карамелін – порошок темно жовтого кольору
36	Карамелін (карамель)	$C_{125}H_{188}O_{80}$	2968	Термооброблені полісахариди: карамелін: не плавиться, , розчиняється у H2O при кип'ятінні	Кристалічні або в'язкі при нагріванні полімер подібні, гіркі на смак, темно коричневого кольору

Ми застосували метод мас-спектроскопії, щоб встановити молекулярні маси сполук у витяжках і відгонах кави, обжареної способом НВЧ. На основі цього методу, було упізнано 36 сполук, які відіграють ключову роль у формуванні її смаку та аромату. Отримані результати показані у вигляді карти смаків та пахоців.

3.7. Органолептичні характеристики заварювання і споживання кави, та сенсорний аналіз діаграм дистилатів кави

Ми провели дослідження складу кави і виявили тридцять шість різних компонентів у витяжках та відгонах кави, використовуючи методи мас-спектроскопії у водно-спиртових розчинах. За допомогою порівняльної діаграми смаків і пахоців кави, я виокремила головні компоненти, які утворюють ароматично-смаковий букет чорної кави. Загалом, пахоці і смак напою формується з чотирнадцяти найважливіших сполук.(рис. 21, табл. 7), такі як: 3-

метилмеркаптан(різкий запах), етанова кислота, фурфураль(запах житнього хліба), 2,5-диметилфуран(солодкий запах), ізовалеріанова кислота(запах валеріани), фуранінметантіол(запах обжареної кави), 2,3-бензофуран(різкий запах), триголенін(після обжарки зерен перетворюються у піридин), 2Н-хромен-2он(трав'яний запах), метилтеобромін(надає гіркості напою), гексадеканова та октадеценнова кислоти(запах олії), ерукова кислота(терпкий смак).

За результатами аналізу молекулярно масового розподілу сполук з витяжки завареного кавового напою Арабіки у воді при 90°C НВЧ і даними МАС спектроскопії на рисунку 5 показано, що склад компонентів розчиняється та утворює букет смаку і пахощів напою з кави. Діаграма на рисунку 18 порівнює смаки та пахощі кави, що були розкриті за даними розподілу складу сполук з витяжки у водному середовищі. У цій витяжці було визначено шість головних низькомолекулярних речовин з максимумом в молекулярній масі 118: 3-метилмеркаптан(різкий запах), етанова кислота(кислий смак), фурфураль(запах житнього хліба), 2,5-диметилфуран(солодкий запах), ізовалеріанова кислота(запахом валеріани) і 2,3-бензофуран(різкий запах).

Згідно з даними, поданими на рисунках, пахощі та смак кавового напою, що відганяється в воді, утворюється за рахунок п'яти інших, більш високомолекулярних сполук. З цих п'яти речовин лише дві з них є спільними з тими, які містяться в екстракті кави, розчиненій в воді: фурфураль(запах житнього хліба), 2,5-диметилфуран(солодкий запах), ізовалеріанова кислота(запахом валеріани), фуранінметантіол(запах обжареної кави), триголенін(після обжарки зерен трансформується у піридин), ММ = 137.

У випадку з пахощами кави, які виділяються під час відгону в етиловому спирті, утворюють аромат та смак кави, які містять 5 вищемолекулярних речовин. З них тільки 3 співпадають з тими, що були в водному відгоні напою: 3-метилмеркаптан(різкий запах), піридин(огидний запах), фурфураль(запах житнього хліба), 2,5-диметилфуран(солодкий запах), фуранінметантіол(запах обжареної кави), триголенін(після обжарки зерен трансформується у піридин).

Це може бути основним мотивом, чому кавовий напій містить відмінні пахощі в воді і розчинах спирту. У всіх зразках завжди дублюються смаки і пахощі двох речовин: 2,5-диметилфуран(солодкий запах) і фуранінметантиол(запах обжарених зерен). Тобто, саме дані сполуки дозволено признавати головними, які утворюють смак і пахощі кави в усяких середовищах.

Ще ми провели експерименти, щоб визначити вплив пахощів і смаку напою на метаболізм етилового спирту в людському організмі. Під час цього експерименту встановлено, що винний спирт, що потрапляє в організм, окислюється до оцтового альдегіду за допомогою ферментів АДГ-альдегіддегідрогенази. Далі, цей альдегід відновлюється через рівноважну реакцію:



У підсумку, проведені дослідження дозволили встановити вплив різних компонентів кави на кінетику розкладу винного спирту і етанолу.

Методом дослідження повітря, видиханого людьми, які споживали алкогольні напої, було встановлено, що збільшення порції спиртних напоїв відбивається на швидкість його метаболізму і час із застосуванням алкометра "Алкофор-105". Показано, що при застосуванні водно-спиртової витяжки натуральної кави метаболізм та трансформація етанолу і етанолу в організмі особи прискорюється на 1,5-2,5 рази швидше, ніж в простих спиртових та водних розчинах. Отже, видихуване повітря після вживання спирту і кавового напою має змогу уменшити концентрацію етилового спирту і етанолу у повітрі до дозволеного рівня для водіїв в Україні - 0,2% на проміле.



Рис. 22. Алкометр Алкофор-105 для визначення концентрації парів етилового спирту в повітрі видихуваної проби.

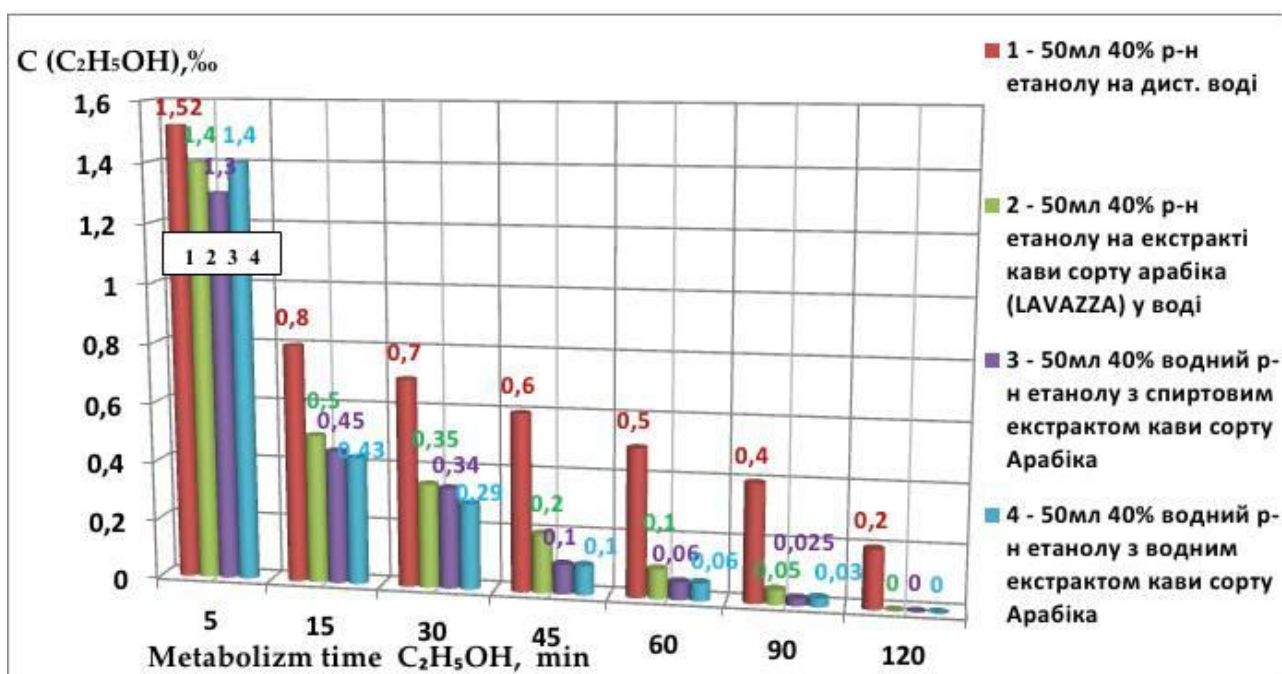


Рис. 23. Гістограми концентрації етилового спирту і етанолу у видихуваному повітрі репіцієнтом на алкометрі Алкофор-105 за часом та присутністю кавових пахоців в алкогольних напоях.

Висновки

1. В роботі було вивчено та випробували сучасні умови термообробки зернистої натуральної кави за допомогою мікрохвильового ізотермічного реактора MWR-SPR, який відмінний від звичайного обжарювання зерен на вогні або електро підігрівом за температури 220-260 °С. Під час такого обжарювання втрати по масі бобів знизилися на 25-50%, що може допомогти знизити втрати напою. Це досягнуто завдяки використанню спеціальної лабораторної установки. Результати залежать також від сорту та ефективності подрібнення зернистої кави.
2. Дослідженням способом ДТА встановлено, що хід обжарювання бобів формується з двох протилежних процесів: ендотермічної дегідратації зерен при температурах від 20 до 130 градусів Цельсія і екзотермічної реакції Майяра при температурах від 120 до 220 градусів Цельсія. При цьому швидкість дегідратації є на 1,5-2 порядки меншою, ніж швидкість реакції Майяра при обжарці кавових зерен.
3. Модернізовано спосіб застосування пахучих сполук в еспресо з вжитком мікрохвильових печей. Для цього була змінена конфігурація камери печі СВЧ таким чином, щоб зернятка кави проходили через дві сусідні мікрохвильові області потужності на бічній стінці камери. У другій конфігурації, боби пересуваються через максимуми енергії двох сусідніх мікрохвильових районів високої потужності. Діаметр зерен мікрохвильових печей для обжарювання рівниться половині довжини хвилі. Цей спосіб підвищує якість кави, тому що водяна пара меленої натуральної кави і різного вмісту етилового спирту мають смак кавового напою.
4. У спиртових витяжках кави водневий індекс майже нейтральний (близько до 5), що робить їх відмінними від кислих водних витяжок напою з водневим індексом приблизно 3. Також, в ІЧ-спектрах були наявні пахучих сполук у вигляді кетонів чи альдегідів, які потім були ідентифіковані завдяки МАС-спектроскопії.

5. У цьому дослідженні застосували метод мас-спектроскопії для вивчення сполук з кави. Ми розшифрували тридцять шість різних сполук, а з них було вибрано чотирнадцять головних, які відповідають за незабутній присмак та пахощі напою. Лише дві сполуки, 2,5-диметилфуран і фуранінметантіол, були знайдені у всіх зразках, незалежно від того, чи були вони екстраговані у воді, чи в етанолі.
6. За допомогою приладу з лазерним кутовим розподілом (NANODS CILAS) проведено мікроаналіз розміру частинок пахучих макромолекул в водних і спиртових витяжках кавового напою. Дослідження показали, що наночастинки в водних витяжках були значно більші за розміром (900-9000 нанометрів) порівняно з витяжкою у винному розчині (150-1200 нанометрів). Ці результати аргументуються даними мас-спектрів, що свідчить про те, що у воді відділяються і відганяються сполуки з більшою молекулярною масою, зокрема такі як карамелан(ММ=392), карамелен(ММ=882) та карамелін(ММ=2962), які відповідають за чорний відтінок витяжок натуральної обжареної кави.
7. Отже, за допомогою технології НВЧ можна створювати новинки марок натуральної чорної кави із налаштованим вмістом теїну і інших компонентів, а ще розчинної кавового напою збагаченим особливими пахощами з відгонів натуральної кави в воді і винному спирті. Це дозволяє утворювати харчові напої з природнім смаком та такими ж пахощами кавових бобів, які пришвидшують метаболізм етилового спирту в організмі особи до 0,2% проміле у 1,5-2,5 рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Shapovalova N.P., Kravchenko O.V. "Factors of formation and storage of the quality of naturally roasted coffee" // "Young scientist" No. 5 (32) May, 2016 - p. 272.
2. Moroz A.S., Yavorska L.P., Lutsevich D.D. Biophysical and colloid chemistry. – Vinnytsia: New book, 2007. – p. 453-457.
3. Dorokhova E.N., Prokhorova G.V. Analytical chemistry. Physico-chemical methods of analysis. M.: Higher School, 1991. - p. 185-190
4. Aleskovskiy V.R., Bardyn V.V. Physical and chemical methods of analysis. Practical guide. - L., Chemistry. 1988.
5. Bates R. Determination of pH. Theory and practice. 2 edition. Translation from English edited by Acad. B. P. Nikolskyi and Prof. M. M. Shultz. — L.: Chemistry. 1972.
6. Hrushinsky N.P. Gravimetry // Physical encyclopedia / Ch. ed. A. M. Prokhorov. — M.: Soviet encyclopedia, 1990. — T. 2 - Dobrotnost — Magneto-optics. — 704 p.
7. Zinchuk V.K., Levitska G.D., Dubenska L.O. Physico-chemical methods of analysis: Study guide. - Lviv: Ivan Franko LNU Publishing Center, 2008. - pp. 134-139.
8. Кампос-Вега, Р., Лоарка-Пінья, Г., і Вергара-Кастаньєда, Х. (2017). Кава Мексики: огляд її історії, вирощування та сенсорних властивостей. Напої, 3(3), 38.
9. Farah, A., Monteiro, MC, Calado, V., Franca, AS i Trugo, LC (2006). Korelacja między jakością filiżanki a właściwościami chemicznymi kawy brazylijskiej. Chemia żywności, 98(2), 373-380.
10. Voitkevich S. A. "The relationship between the structure of aromatic substances and their smell" // Journal of the All-Union Chemical Society named after D. I. Mendeleev. - 1969. - No. 2. - p. 196-203.

11. Shatalov, AA i Pereira, H. (2017). Związek między kwitnieniem drzew kawowych a czynnikami klimatycznymi: przegląd. *Meteorologia rolnicza i leśna*, 247, 231-241.
12. Grosso, G., Godos, J., Galvano, F. i Giovannucci, EL (2017). Kawa, kofeina i skutki zdrowotne: przegląd parasolowy. *Roczny przegląd żywienia*, 37, 131-156.
13. Liang, N., Kitts, D. D., & Role of chlorogenic acids in controlling oxidative and inflammatory stress conditions. *Nutrients*, 12(10), 2988.
14. Samsonov S. M. "How smells are perceived" // "Science and life". - 1988. - No. 4. - p. 12-18.
15. Camargo, M. C. R., et al. (2019). Determination of caffeine, theobromine, and theophylline in coffee by high-performance liquid chromatography coupled to diode array detector: comparison between individual and bulk sample preparation methods. *Food Analytical Methods*, 12(5), 1243-1253.
16. Yu.O. Lastukhin Chemistry of natural organic compounds: Study guide. – Lviv: Lviv Polytechnic National University, Intellect-West, 2005. – 560 p.
17. Del Castillo, M. D., Ames, J. M., & Gordon, M. H. (2002). Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3698-3703.
18. Othman, A., Ismail, A., Ghani, NA, Adenan, I., & Ismail, IS (2007). Zdolność przeciwutleniająca i zawartość związków fenolowych w ziarnach kakaowca. *Chemia żywności*, 100 (4), 1523-1530.
19. González-Rios, O., et al. (2007). Acrylamide content versus coffee roasting degree: an assessment by chemometric analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 6253-6261.
20. General practicum in organic chemistry: Education. manual For students high school education closing III-IV levels of accreditation / V.P. Chernykh, I.S. Hrytsenko, M.O. Lozynskyi, 3.I. Kovalenko; Under the editorship V.P. Black people – X.: Issued by NFAU; Golden pages, 2003. - p. 65-71.

21. Martinez-Tome, M., Jimenez, A. M., Ruggieri, S., Frega, N. G., & Strabbioli, R. (2001). Evaluation of antioxidant capacity of coffees by ORAC and TEAC methods. *European Food Research and Technology*, 212(3), 310-313
22. Kurta S. A., Khatsevich O. ., Yakubiak M.R. Nanostructural properties of extracts of aromatic substances of natural coffee // Abstracty. IV National Scientific Conference Nanotechnology in the face of the expectations of the 21st century. Lublin, December 13, 2019. Wydawnictwo Naukowe TYGIEL, Poland, p. 19.
23. Бічо, Н. К. та Мендонса молодший, Ф. Дж. (2018). Аромат кави: огляд. *Напої*, 4(3), 54.
24. Clarke, R. J., & Macrae, R. (2013). *Coffee: Volume 2: Technology*. Springer Science & Business Media.
25. Sergij Kurta, Maria Jakubiak, Olga Chacewycz. Udoskonalenie technologii prażenia i ekstrakcji kawy dla zachowania smaków i aromatów // Francusko-Ukraiński Journal of Chemistry Cz. 9 nr 1 (2021-07-01) s.31-43/<https://doi.org/10.17721/fujcV9I1P31-43> (Web of Science,) <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/artukul/widok /376>
26. Prof. Doctor of Technical Sciences Kurta S.A. Ph.D., Ph.D. Khatsevich O.M., associate professor of technical sciences Fedorchenko S.V. // IMPROVEMENT OF NATURAL COFFEE ROASTING AND EXTRACTION TECHNOLOGIES WITH PRESERVATION OF FLAVORS AND AROMAS. Abstracts of the All-Ukrainian Conference of Scientific Researchers, Lviv - September 20-25, 2021. Notes of the Ukrainian Scientific Research Association. UDC(001)+(54+61)+53.ISBN 978-617-10-0671-3.Lviv, LNU named after I. Franka, p. 38. <https://drive.google.com/file/d/1PkP84cUz40CKb5-6GTGcDFRK4JHnv5LG/view>