

Ю. Я. Хлібишин<sup>1</sup>, І. Я. Почапська<sup>2</sup>, О. І. Нестор'як<sup>1</sup>

Національний університет "Львівська політехніка",

<sup>1</sup> кафедра технології органічних продуктів,

<sup>2</sup> кафедра цивільної безпеки

## ОДЕРЖАННЯ СПИРТОВИХ ДИСТИЛЯТІВ ІЗ ВІТЧИЗНЯНОЇ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ

<https://doi.org/10.23939/ctas2020.01.142>

Розглянуто основні вимоги до сировини для одержання міцних алкогольних напоїв. Зроблено аналіз сировинної бази України для отримання спиртових дистилятів. У результаті аналізу сировинної бази України підтверджено наявність якісної сировини для отримання спиртових дистилятів. Досліджено особливості та компонентний склад одержаного продукту залежно від способу реалізації процесу. Розглянуто вплив способу дистиляції та органолептичні характеристики зернового дистиляту. Досліджено вивчення впливу тривалості нагріву зброженого суслу на фізико-хімічний склад спиртових дистилятів, показано їх істотну відмінність у біохімічному складі від виноматеріалів.

**Ключові слова:** дистилят, сировина, зернові культури, сусло, фізико-хімічний склад.

### Вступ

За останнє десятиліття в Україні значно розширився асортимент міцних алкогольних напоїв, а відповідно є тенденція до зміни пріоритетів споживачів при їх виборі. Спостерігається значна цікавість до напоїв на основі дистилятів, під час виготовлення яких визначальними є органолептичні властивості вихідної сировини. В цьому сегменті ринку вітчизняна продукція представлена, переважно, коньяками та бренді, при цьому деяка частина вироблена з імпортних коньячних спиртів. Однак в Україні є достатня сировинна база, зокрема, значні посіви зернових культур, які можуть використовуватись для виробництва міцних дистилятних напоїв. Аналогічна продукція вітчизняного виробництва на нашому ринку практично відсутня. Відповідно перспективною і актуальною є організація виробництва вітчизняних дистилятних спиртних напоїв на основі злакових культур.

Оскільки собівартість сировини та її якісні показники, в кінцевому підсумку, впливають на якість та конкурентну здатність готової продукції, то під час вибору зернової сировини для виробництва спиртових дистилятів виробники повинні орієнтуватися на можливість забезпечення підприємства сировиною. Саме тому потрібно оцінити:

– кількість сировини в країні й відсутність гострої конкуренції з іншими суміжними галузями;

– особливості біохімічного складу сировини, що дасть змогу досягнути необхідних для продукту органолептичних показників;

– допустимі витрати на сировину в загальній собівартості кінцевої продукції, що забезпечить випуск конкурентоспроможного за даним показником продукту.

В Україні, як відомо, основними зерновими культурами є пшениця, жито та ячмінь. Відповідно до вимог нормативної документації м'яку і тверду пшеницю і жито випускають за чотирма класами, а ячмінь – за двома класами.

М'яка і тверда пшениці відрізняються одна від одної за багатьма показниками, тому м'яку пшеницю використовують для отримання хлібопекарського борошна, а тверду – для макаронного борошна та крупи.

Товарна класифікація пшениці [1] ґрунтується на показниках, що характеризують борошномельні (натура, скловидність) та хлібопекарські властивості (сорт, кількість і якість клейковини, вміст пророслих і фузаріозних зерен, ступінь знебарвлення).

Зазначені показники обумовлюють цільове призначення пшениці певного класу. До перших трьох класів (вищого, першого, другого) м'якої пшениці зараховують пшеницю, яку можна використовувати не тільки самостійно для хлібопечення, а й для поліпшення слабких пшениць; таку

пшеницю називають сильною. Пшениця третього класу належить до цінної сировини, адже вона використовується самостійно для хлібопечення і не потребує поліпшення. До четвертого класу належить пшениця, яка має бути покращена сильною, і тільки після цього може бути використана для хлібопечення. Пшеницю п'ятого класу використовують як фуражну. Вона не має обмежень за обсягами використання під час розроблення рецептур кормових продуктів.

Натомість, жито відповідно до [2] буває чотирьох класів: жито 1–3-го класів належить до групи А (жито продовольче), а 4-го – до групи Б (жито фуражне). Основний показник, що визначає приналежність жита до певного класу – число падіння (с). Цей показник для жита 1, 2, 3 і 4-го класів становить відповідно більше за 200 с; 200–141 с; 140–80 с і менш ніж 80 с. Число падіння характеризує стан вуглеводно-амілазного комплексу сировини, і, насамперед, активність  $\alpha$ -амілази жита.

Основний споживач продовольчого жита – борошномельна промисловість, яка використовує для вироблення житнього борошна, переважно, жито 1 і 2 класів. Продовольче жито 3 класу, а також фуражне жито 4 класу застосовують як компонент для виробництва комбі-кормів. Однак потреби в цій сировині обмежені через підвищений вміст, так званої, сирої клітковини, яка погано засвоюється тваринами. Також жито використовують під час виготовлення квасу та іншої безалкогольної продукції і в технології харчового етилового спирту.

Підвищена активність амілаз жита, як відомо, знижує якісні характеристики (сортність) житнього борошна. Натомість, у технологіях бродильних виробництв підвищена активність амілаз є позитивним фактором, оскільки дає змогу при раціональних режимах переробки жита здійснювати частковий гідроліз крохмалю за рахунок власних ферментів сировини, що особливо актуально у разі впровадження низько температурних способів отримання зернового суслу.

Ячмінь відповідно до [3] залежно від якості буває двох класів. Ячмінь 1 класу призначений для використання в продовольчих цілях, 2 класу – для вироблення солоду в спиртовому виробництві, комбікормів і на кормові цілі. Продовольчий ячмінь використовують для виготовлення ячмінної (ячної) крупи. Пивоварний

ячмінь, що відповідає встановленим показникам якості, використовують для виробництва ячмінного солоду, який є основною сировиною в пивоварній галузі. Використання ячменю, як і жита, в тваринництві обмежене через підвищений вміст сирої клітковини.

Отже, серед трьох зернових культур тільки фуражне жито (або продовольче 3 класу) і ячмінь в повному обсязі забезпечують власний зерновий ринок України. Вони не мають високої конкуренції серед споживачів інших галузей і їх можна рекомендувати, виходячи з вказаних параметрів, для вироблення спиртових дистилатів.

### Мета дослідження

Одержати дистилати зброджуванням зернової сировини та порівняти їхні якісні характеристики за різних способів дистилляції.

### Матеріали та методи досліджень

На процес виробництва та якість спиртових дистилатів істотно впливає хімічний склад сировини. Наведений в табл. 1 [4] хімічний склад пшениці, жита і ячменю, дає змогу оцінити зерно з позиції виходу кінцевого продукту і рекомендованих технологічних параметрів за стадіями переробки.

Особливості біохімічного складу жита [5] дають змогу отримувати зерновий дистилат із високими органолептичними показниками (ароматичними властивостями). Отже, порівняльна оцінка біохімічного складу трьох основних видів сировини показує перевагу жита для виробництва спиртових дистилатів.

Для проведення досліджень використовували сировину, яка за хімічним складом є подібною до характеристик зерна, приведених у табл. 1.

Таблиця 1

### Основні показники хімічного складу зернових

Вуглеводні, %			Білки, %	Зола, %
Крохмаль	Клітковина	Геміцелюлоза		
Ячмінь				
43–55	4,0–5,0	9,0–13,0	9,0–11,0	2,5–3,0
Пшениця				
48–57	1,5–2,5	4,5–7,5	11,0–13,0	1,0–1,5
Жито				
46–53	1,5–2,5	8,0–10,0	7,5–10,0	1,0–1,5

Відомо, що залежно від температурних режимів переробки зернової сировини способи виробництва оцукреного сусла принципово проводять при “жорстких режимах” (тобто під час розварювання), і “м’яких режимах” (за температур, що не перевищують 100 °С). Недоліки першого способу переробки сировини полягають у використанні обладнання, що працює під тиском; значних енерговитратах при отриманні сусла; втратах зброджуваних вуглеводів за рахунок нагріву технологічної маси при високій температурі. Це впливає на вихід дистиляту з одиниці сировини, яка переробляється. Тому далі розглянемо другий спосіб – при “м’яких режимах”.

Загалом при виборі технологічних режимів отримання зернового сусла враховують три фактори, а саме: ступінь розчинення полімерів сировини; максимальне збереження власної ферментативної активності зерна; вибір оптимальних температурних умов для дії мікробних амілаз, протеаз та цитаз.

Аналіз літературних даних [5, 6] дає змогу рекомендувати настійний спосіб для виробництва і неосвітленого, і освітленого сусла, призначеного для вироблення спиртових дистилятів, які є основою спиртних напоїв із злаків. Зазначений спосіб використано для отримання сусла із витримкою за температури 70–75 °С, рН 6,5–7, час витримки 60 хв. У цьому разі використовували суміш зернових, що складається із жита і ячмінного солоду (співвідношення 1:1), техніко-економічний вибір якої обгрунтований у роботі [7]. Для збродження застосовували сухі спиртові дріжджі Fermiol – селекціонований штаб *Saccharomyces Cerevisiae*, штаб № DY 7221 колекції DSM, який відібрано завдяки високій стійкості до підвищеної концентрації алкоголю і термостабільності до 38 °С, а також дає змогу працювати в умовах коливань рН [8, 10].

Для одержаних фракцій проводили хроматографічний аналіз.

#### Результати досліджень та їх обговорення

Технологічні параметри дистиляції, як і якість сировини, належать до визначальних чинників органолептичних властивостей готової продукції. Пряма перегонка (дистиляція) полягає в концентруванні етилового спирту з направленим регулюванням складу летких компонентів, які формують якість кінцевого продукту.

Як відомо, залежно від принципу дії все обладнання для проведення дистиляції умовно можна поділити на дистиляційні установки безперервної дії і періодичної дії. Великі виробники для забезпечення масштабів виробництва використовують установки безперервної дії, натомість, невеликі виробники крафтових сортів дистильованих напоїв застосовують установки періодичної дії з двократною чи трикратною перегонкою.

Хімічні перетворення, які відбуваються під дією високої температури в кубі перегінної установки, істотно впливають на склад і якість одержуваних дистилятів. Про це свідчать і багаторічний виробничий досвід, і результати наукових досліджень у галузі коньячного виробництва та отримання дистилятів із різних видів рослинної сировини [11, 12].

У табл. 2 подано дані, що характеризують склад і вміст основних летких компонентів у зброженому суслі і отриманому після першого етапу дистиляції спирті-сирці. Встановлено, що сумарний вміст летких компонентів у спирті-сирці, порівняно з вмістом у зброженому суслі, в перерахунку на абсолютний спирт, знижується приблизно на 6 %, насамперед, за рахунок зниження кількості фенілетилового спирту (більш ніж на 70 %) і вищих спиртів (приблизно на 8 %). При цьому, вміст ацетальдегіду, метанолу та фурфуролу навпаки є вищим.

Таблиця 2

#### Склад і вміст основних летких компонентів у зброженому суслі (ЗС) та спирті-сирці (СС)

Леткі компоненти	Вміст, мг/дм <sup>3</sup>	
	Зброжене сусло (міц. 8,25 об.%)	Спирт-сирець (міц. 27,5 об.%)
Ацетальдегід	41,0	198,6
Етилацетат	8,3	28,7
Метанол	4,1	15,9
Вищі спирти, зокрема:	311,3	987,5
1-пропанол	53,7	125,4
ізобутанол	87,6	277,0
ізоамілол	192,0	548,4
фенілетиловий спирт	38,9	41,1
Фурфурол	0,9	1,8
Сума летких компонентів	428,4	1285,3

Встановлено, що спосіб дистиляції впливає на міцність фракцій і визначає втрати спирту (табл. 3). У результаті подвійної дистиляції хоча і зростає міцність спирту, однак підвищуються втрати спирту, які збільшуються з 1,8 до 5,1 %.

Таблиця 3

**Вихід та вміст спирту за різних способів дистиляції**

Показники	Одноразова дистиляція	Дворазова дистиляція
Головна фракція (ГФ):		
об'єм, см <sup>3</sup>	100	100
міцність, % об.	86,1	89,9
Середня фракція (СФ):		
об'єм, см <sup>3</sup>	800	800
міцність, % об.	83,0	88,1
Хвостова фракція (ХФ):		
об'єм, см <sup>3</sup>	250	150
міцність, % об.	21,0	33,0
Втрати спирту, % від початкового в збродженому суслі	1,8	5,1

Вміст летких компонентів у суслі відповідав їх кількісному вмісту в відповідному об'ємі безводного спирту, отриманого в результаті дистиляції збродженого суслу відповідної міцності. Під час розрахунку кількості компонентів у спирті-сирці і фракціях враховувався обсяг спирту-сирцю, окремих фракцій і їх міцність.

Представлені в табл. 4 та 5 дані балансу летких компонентів показують, що під час дистиляції збродженого зернового суслу, в температурному режимі дистилатора 100–110 °С тривалістю 2 год, основний вміст такого важколетючого компонента як фенілетилловий спирт залишається у відході виробництва – барді. Сумарний вміст фенілетилового спирту у фракціях при одноразовій дистиляції становить приблизно 22,3 % від його кількості в суслі, при дворазовій – близько 18,7 % від його вмісту в спирті-сирці, при цьому концентрується він, переважно, в хвостовій фракції.

Встановлено, що процес одноразової дистиляції збродженого зернового суслу характеризується вищим вмістом летких компонентів, ніж перегонка за схемою дворазової дистиляції. У першому разі їх кількість більша на 12,9 %, у другому – лише на 2,8 %, порівняно з вихідним сулом. Це може бути пов'язано зі скороченням тривалості оброблення вихідного збродженого суслу на стадії отримання спирту-сирцю.

у другому – лише на 2,8 %, порівняно з вихідним сулом. Це може бути пов'язано зі скороченням тривалості оброблення вихідного збродженого суслу на стадії отримання спирту-сирцю.

Таблиця 4

**Склад і вміст основних летких компонентів у суслі та окремих фракціях (одноразова дистиляція)**

Леткі компоненти	Вміст, мг/дм <sup>3</sup> безводного спирту			
	<sup>1</sup> ЗС	ГФ	СФ	ХФ
Ацетальдегід	455	539	15	3
Етилацетат	96	91	32	3
Метанол	41	5	33	5
Вищі спирти, зокрема:	3810	205	3972	207
1-пропанол	651	34	385	15
Ізобутанол	1114	73	995	31
Ізоамілол	2312	122	2421	167
Фенілетилловий спирт	415	23	27	91
Фурфурол	5	–	1	6
Сума летких компонентів	4851	832	4013	278

Примітки: ЗС – зброджене сусло, ГФ – головна фракція, СФ – середня фракція, ХФ – хвостова фракція.

Таблиця 5

**Склад і вміст основних летких компонентів у суслі та окремих фракціях (дворазова дистиляція)**

Летучі компоненти	Вміст, мг/дм <sup>3</sup> безводного спирту			
	<sup>1</sup> СС	ГФ	СФ	ХФ
Ацетальдегід	716	714	6	—
Етилацетат	98	95	27	—
Метанол	53	9	41	2
Вищі спирти, зокрема:	2979	80	2607	552
1-пропанол	473	15	312	59
Ізобутанол	1017	49	801	66
Ізоамілол	2031	33	1619	411
Фенілетилловий спирт	118	—	65	31
Фурфурол	7	—	4	4
Сума летких компонентів	4562	890	3031	571

Примітка. СС – спирт сирець, інші як у попередній таблиці.

Дані, подані у табл. 4 і 5, показують вплив способу дистиляції на баланс розподілу летких компонентів за фракціями. Так, ацетальдегід концентрується в головній фракції. Це компонент із високою леткістю, підвищений вміст якого може негативно позначитися на органолептичних характеристиках дистиляту. Причому дворазова дистиляція з позиції виділення даного компонента є кращою. Також оцінка способу дистиляції за вмістом вищих спиртів показує переваги дворазової дистиляції. У середній фракції (при такому способі) концентрується 74,2 % вищих спиртів, а при одноразовій дистиляції – 99,3 %.

Таблиця 6

**Вміст основних летких компонентів у зразках 1 та 2, отриманих одно- та дворазовою дистиляцією**

Показники	Вміст, у мг/дм <sup>3</sup> спирту	
	1	2
Спирти		
Метанол	36,0	55,6
1-пропанол	463,6	421,4
Ізобутанол	1218,8	1026,1
1-бутанол	16,2	7,2
Ізоамілол	2834,4	2123,8
2-пропанол	0,6	1,1
2-бутанол	–	0,4
Гексанол	2,9	2,6
Фенілетилловий спирт	8,4	13,1
Ефіри		
Етилацетат	32,1	33,1
Ізоамілацетат	11,1	7,3
Етиллактат	–	1,7
Етилкапроат	5,3	4,3
Етилкаприлат	13,2	13,1
Етилкапрат	25,2	25,8
Карбонільні сполуки		
Ацетальдегід	16,1	12,1
Ізобутиральдегід	0,6	0,5
Ацетон	0,5	0,4
Фурфурол	1,3	6,0
Загальний вміст	4742,8	3486,1

Оцінка якісного і кількісного складів летких компонентів у зразках спиртових дистилятів, отриманих із використанням одно- та двократною дистиляції (табл. 6), дозволила виявити основні відмінності. Так, у зразка 2 нижчий вміст 1-пропанолу, ізобутанолу й ізоамілолу (в сумі на 25 %), що підтверджує гіпотезу, що двократна дистиля-

ція є кращою, оскільки отримуємо дистилят зі збалансованими ароматичними та утворюючими смак компонентами, хоч і вищим вмістом метанолу приблизно в 1,5 рази.

Водночас зразок 2 містить більше фенілетилового спирту, фурфуролу і ацетону. Перші два компоненти в певних концентраціях позитивно впливають на органолептичні властивості кінцевого продукту, останній – їх погіршує.

Узагальнюючи вищенаведені результати, рекомендується для отримання зернового дистиляту дворазова схема дистиляції, яка хоч і не спрощує технологічний процес, та незначно зменшує вихід дистиляту, проте знижує вміст важколетких компонентів.

Гіпотеза була підтверджена в процесі органолептичної оцінки зразків, які показали, що тривале попереднє нагрівання збродженого зернового суслу, особливо двогодинне, негативно впливає на якість одержуваного дистиляту – в ароматі з'являються тони вареного та підгорілої хлібної шкірки, невластиві цьому виду продукту [13, 14].

**Висновки**

У результаті аналізу сировинної бази України підтверджено наявність якісної сировини для отримання спиртових дистилятів. А саме – ячмінь (солод) та жито, які наявні на ринку в достатній кількості. В результаті проведених досліджень встановлено вміст та розподіл летких компонентів по фракціях та показано, що подвійна дистиляція має переваги над одноразовою дистиляцією під час одержання дистилятів із зернової сировини. Крім цього, органолептичні характеристики одержаного дистиляту вказаним способом будуть кращими і підкреслюватимуть смак, притаманний вказаному продуктові.

**References**

1. Tehnichnyy komitet zi standartizatsiyi “Zernovi kulturi ta produkti yih pererobki”. (2019). Pshenitsya. Tehnichni umovi. DSTU 3768:2019.
2. DP DAK “Hlib Ukrainini” (2006). Zhito. Tehnichni umovi. DSTU 4522:2006.
3. Kiyivskiy Institut hliboproduktiv (1998). Yachmin. Tehnichni umovi. DSTU 3769-98.
4. Kozmina, N. P. Biohimiya zerna i produktov ego pererobki (1976). Moskva: Kolos, 374.
5. Oganesyants, L. A., Kobelev, K. V., Peschanskaya, V. A., Ryabova, S. M. (2014). Sravnitel'naya

