

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОЦЕСУ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ ЯБЛУЧНОГО СОКУ ТА ЙОГО ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІД ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ

Досліджено вплив попередньої обробки яблучного соку протеолітичним ферментом і комплексом ферментів (пектолітичної, амілолітичної й протеолітичної дії) на процес ультрафільтрації та його якісні показники. Встановлено, що обробка соку комплексом ферментів збільшує продуктивність ультрафільтрації та ступені видалення поліфенольних речовин, а також високомолекулярних сполук (за винятком білків). Ферментативна обробка яблучного соку перед ультрафільтрацією лише протеолітичним ферментом може розглядатися як альтернатива традиційній технології попередньої обробки ферментами пектолітичної та амілолітичної дії.

Свіжий яблучний сік, отриманий після пресування яблук, має високу в'язкість, містить велику кількість колоїдних і баластних речовин та схильний до утворення осаду в процесі зберігання. До складу колоїдів, які обумовлюють каламутність соку, входять пектинові речовини, крохмаль, поліфенольні сполуки, білки та деякі інші. Вважається [1], що пектинові речовини діють як стабілізатори колоїдної системи, затримуючи випадання завислих частинок в осад.

Ряд авторів [2, 3] стверджують, що основними компонентами, які утворюють осад в плодово-ягідних соках (із яблук, груш тощо), є окисні форми фенольних сполук і, крім того, білки, вуглеводи, мінеральні речовини. Визначено, що найбільш чутливими компонентами, які утворюють каламуть в яблучному соку, є фенольні сполуки і білки.

Виробництво стабільного освітленого яблучного соку, що не мутніє, потребує видалення як суспензованих частинок, так і речовин, що потенційно можуть брати участь у формуванні каламуті, осаду під час зберігання. Тому технологія виробництва освітленого соку включає в себе дестабілізацію колоїдної системи соку з метою примусового переведення таких речовин в осад.

Останнім часом значна увага приділяється ультрафільтрації як альтернативі традиційним технологіям освітлення. Очищення за допомогою мембран має значні переваги за рахунок низьких енергетичних затрат, зменшення часу обробки та високої якості освітленого соку [4, 5]. Ультрафільтраційна обробка соку дає змогу видалити з нього як нерозчинені, так і розчинені речовини, в тому числі пектин, крохмаль, білки, конденсовані форми поліфенолів. Ультра-

фільтраційне освітлення соків більш ефективно порівняно з традиційними способами. При ультрафільтрації із яблучного соку видаляється 19—32 % пектинових, 9,5—18,4 % білкових сполук, 38,5—45 % — колоїдів [6]. Видалення із яблучного соку високомолекулярних сполук у зазначених кількостях дозволяє отримувати освітлений сік із високими органолептичними та харчовими якостями.

Однак при ультрафільтрації колоїди яблучного соку утворюють на поверхні мембрани щільний гелевий шар, який перешкоджає нормальному перебігу процесу освітлення. Дослідження осаду, утвореного на ультрафільтраційних мембранах, показали, що його основну частину складають поліцукри — пектин і крохмаль [7, 8]. Крім того, гелевий шар містить поліфеноли та білки [9].

Для нормального перебігу процесу ультрафільтрації яблучний сік попередньо обробляють пектолітичними та амілолітичними ферментами з метою розщеплення пектинових речовин та крохмалю, що призводить до зменшення в'язкості соку та уповільнення процесу утворення гелевих шарів на поверхні мембрани [10].

Неполімеризовані поліфеноли в процесі ультрафільтрації соку проходять через мембрану і нестійкі поліфенольні сполуки можуть полімеризуватися, утворюючи таніни, які взаємодіють із білками, сприяючи появі вторинних помутнінь [9, 10]. При традиційних способах освітлення ці сполуки, зазвичай, видаляються обробкою соку бентонітом.

Очевидно, іншим способом підвищення стабільності обробленого соку є ефективно видалення білків ультрафільтрацією. Крім того, в останні роки з'явилися свідчення про значний вплив

фенольних речовин і білків на гідравлічний опір гелевих шарів [9]. Отже, контроль вмісту білків в сокові, що підлягає ультрафільтраційному освітленню, є важливим як з точки зору стабільності освітленого соку, так і продуктивності процесу ультрафільтрації.

Метою даної праці є визначення впливу попередньої обробки яблучного соку ферментними препаратами пектолітичної, амілолітичної та протеолітичної дії на склад яблучного соку та процес ультрафільтрації.

Умови експерименту

В дослідженні був використаний яблучний сік із сортосуміші (сортів середніх та пізніх термінів досягання) урожаю 1999 року (вміст сухих речовин — 11,4 %; рН — 3,4; титрована кислотність — 0,60 %).

Сік обробляли ферментними препаратами пектолітичної, амілолітичної та протеолітичної дії за схемами: 1) комплексом ферментних препаратів пектолітичної, амілолітичної дії ($\tau = 2$ год, $T = 50$ °C) і додатково протеолітичним ферментним препаратом із різним часом обробки: 1, 2, 4 і 5 год; 2) протеолітичним ферментним препаратом при 55 °C із часом обробки: 1, 2, 4 і 5 год.

Використані такі ферментні препарати:

- пектолітичної дії: Gammapect LC (активність 1000 од./г; фірма GAMMA CHEMIE GmbH, Німеччина); Pectinase 2000L (активність 1100—1200 од./г; фірма Jahnckes Fruchtgarten GmbH, Німеччина); Пектофоетидин Г20Х (активність 2000 од./г; державне підприємство “Ензим” м. Ладижин, Україна); Вінозим Г (активність 3000 од./г; фірма Novo Nordisk Ferment, Данія); Ультразим Г (активність 1000 од./г; фірма Novo Nordisk Ferment, Данія);
- амілолітичної дії: Gamylo 300L (активність 900 од./мл; фірма GAMMA CHEMIE GmbH, Німеччина);
- протеолітичної дії: N-proteasa (активність 500 од./мл; фірма Jahnckes Fruchtgarten GmbH, Німеччина).

Дози ферментних препаратів варіювали в інтервалах, рекомендованих фірмами-виробниками (табл. 1).

Доза амілолітичного ферментного препарату Gamylo 300L 35 мкл/дм³ була обрана відповідно до рекомендацій фірми-виробника.

Дозу протеолітичного ферментного препарату N-proteasa варіювали в межах від 20 до 100 мг/дм³ відповідно до рекомендацій фірми-виробника.

Фільтрування соку проводили в режимі проточної ультрафільтрації з використанням плоскокамерної модульної установки, що складається з 10 мембранних елементів. Робоча поверхня мембран кожного елемента — $1,2 \times 10^{-2}$ м², загальна площа мембран — 12×10^{-2} м²; лінійна швидкість потоку соку над мембраною — 1 м/с.

Ультрафільтрацією освітлювали як сік, оброблений протеолітичними ферментними препаратами, так і сік, оброблений комплексом ферментних препаратів пектолітичної, амілолітичної та протеолітичної дії.

Температура соку в усіх ультрафільтраційних експериментах становила 20 ± 2 °C.

В досліджах були використані мембрани типу УАМ-300, УАМ-1000 (м. Володимир, НВО “Полимерсинтез”, Росія).

Якість соку характеризували за такими показниками і методами: пектинові речовини (карбазольним методом); білки (методом Полака-Шахтарле), поліцукри (фенол-сірчаною реакцією); фенольні речовини (реакцією з реактивом Фоліна-Чокальтеу); коефіцієнт світлопропускання (фотометричним методом); якісна реакція на пектин (спиртовий тест); якісна реакція на крохмаль (йодний тест).

Попередні спиртовий та йодний тести вихідного яблучного соку вказали на наявність в ньому пектину та відсутність крохмалю. Однак відомо, що амілопектин, який може міститися в сокові, не дає з йодом кольорової реакції, що не дозволяє контролювати його наявність за допомогою йодної реакції [10]. Тому разом з обробкою соку пектолітичним ферментом проводили обробку ферментом амілолітичної дії.

Таблиця 1

Дози пектолітичних ферментних препаратів

Назва ферменту	Доза 1	Доза 2	Доза 3
Gammapect LC, мкл/дм ³	15	27,5	40
Pectinase 2000L, мкл/дм ³	10	30	50
Пектофоетидин Г20Х, мг/дм ³	5	10	15
Вінозим Г, мг/дм ³	5	12,5	20
Ультразим 100Г, мг/дм ³	10	20	30

Вплив доз ферментів на результати спиртового тесту, питому швидкість фільтрування, коефіцієнти світлопропускання соку, обробленого різними пектолітичними ферментами

Назва ферменту	Результати спиртового тесту соку			Питома швидкість фільтрування соку, $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$			Коефіцієнти світлопропускання соку, %		
	Доза 1	Доза 2	Доза 3	Доза 1	Доза 2	Доза 3	Доза 1	Доза 2	Доза 3
Gammapect LC	+	—	—	26,6	41,8	41,8	97,0	97,2	97,6
Pectinase 2000L	+	+	—	29,3	32,5	36,6	97,2	97,4	97,6
Пектофестидин Г20Х	+	+	—	20,9	24,4	29,3	97,6	97,8	98,2
Вінозим Г	+	+	—	20,9	24,4	26,6	98,0	98,0	98,4
Ультразим 100Г	+	—	—	24,4	29,3	36,6	98,0	98,0	98,0

Після цього було проведено вибір ферменту пектолітичної дії, який би мав найкращі технологічні показники при обробці соку (негативний результат спиртового тесту, найвища питома продуктивність фільтрування, найвищий показник коефіцієнта світлопропускання). Тестування проводили в непроточній комірці з перемішуванням; мембрана УАМ-1000; робочий тиск — 0,1 МПа).

Дані табл. 2 свідчать, що найбільш ефективними є пектолітичні ферментні препарати Gammapect LC та Ультразим 100Г, які не дають позитивної реакції в спиртовому тесті при менших дозуваннях і забезпечують найкращі показники світлопропускання та продуктивності процесу ультрафільтрації. З точки зору забезпечення найбільшої продуктивності ультрафільтрації для подальших експериментів вибрали пектолітичний ферментний препарат Gammapect LC (доза 3).

Дозу протеолітичного ферментного препарату визначали за допомогою пробної обробки, контролюючи такі показники: спиртовий тест, коефіцієнт світлопропускання, питома швидкість фільтрування та ступінь видалення білків. Обробка протеолітичним ферментом, як і слід було чекати, не впливає на пектинові речовини (позитивний спиртовий тест — табл. 3). Продуктивність ультрафільтрації, коефіцієнт світлопропускання соку та ступінь видалення білка були пропорційні дозі протеолітичного ферменту (табл. 3). В подальших експериментах нами

використовувалася доза ферментного препарату 100 мг/дм³, через те, що вона забезпечує найбільш швидкість фільтрування, показник коефіцієнта світлопропускання та ступінь видалення білка.

Результати ти їх обговорення

Процес ультрафільтрації яблучного соку проходить в гелевому режимі [11]. Формування гелевого шару призводить до значного падіння продуктивності порівняно з фільтрацією води. Тільки попередня ферментативна обробка яблучного соку дозволяє проводити ультрафільтрацію із технологічно прийнятною продуктивністю.

З метою визначення впливу попередньої обробки яблучного соку протеолітичним ферментом на процес його ультрафільтрації було проведено експеримент за схемою 2. Як контрольний варіант була проведена обробка соку комплексом ферментів (пектолітичної, амілолітичної і протеолітичної дії) за схемою 1.

Загалом попередня обробка яблучного соку за схемою 1 (комплекс ферментів) забезпечує більшу продуктивність процесу ультрафільтрації, ніж при обробці за схемою 2 (протеолітичний фермент) (рис. 1—4). Однак слід відзначити, що обробка соку тільки протеолітичним ферментом забезпечує відносно високу продуктивність ультрафільтрації і не суттєво впливає на пектинові речовини, які є стабілізаторами колоїдної системи соку.

Таблиця 3

Підбір дози ферментного препарату протеолітичної дії

Назва показника	Доза ферменту, мг/дм ³				
	20	40	60	80	100
Спиртовий тест	+	+	+	+	+
Питома продуктивність фільтрування, $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$	20,9	21,5	22,5	22,5	24,4
Коефіцієнти світлопропускання, %	60,2	62,7	65,4	68,6	69,8
Ступінь видалення білка, %	20,6	26,2	35,8	41,9	46,2

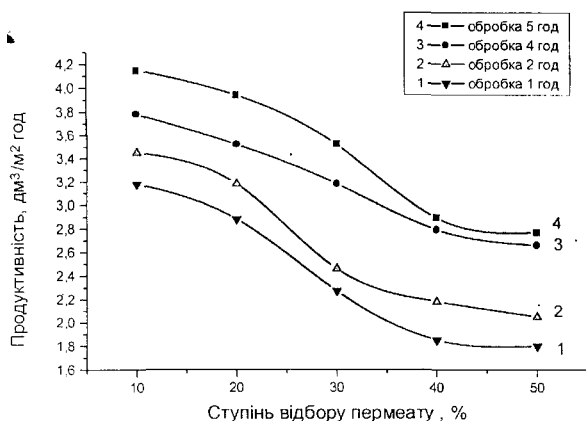


Рис. 1. Залежність продуктивності УФ соку через мембрану УАМ-300 від ступеня відбору пермеату при різному часові обробки комплексом ферментів

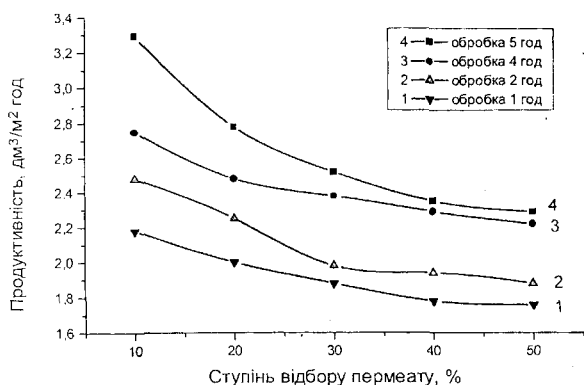


Рис. 2. Залежність продуктивності УФ соку через мембрану УАМ-300 від ступеня відбору пермеату при різному часові обробки N-протеазою

При ультрафільтрації соку, обробленого комплексом ферментів (схема 1), спостерігається більш різке падіння продуктивності залежно від ступеня відбору пермеату (рис. 1, 3), ніж при обробці за схемою 2 (рис. 2, 4). Очевидно, що в результаті деструкції біополімерів під дією комплексу ферментів на поверхні мембрани утворюються більш рухливі гелеві шари, ніж у тому випадку, коли сік оброблений протеолітичним ферментом. Такі шари сильніше ущільнюються під тиском, але з часом їх гідравлічний опір стає практично постійним (при ступені відбору пермеату близько 50 %). У той же час, гелеві шари, що утворюються на поверхні мембрани при ультрафільтрації соку, обробленого за схемою 2, є більш щільними з самого початку і менше ущільнюються під дією тиску, що забезпечує практично стаціонарний потік, особливо при малому часові обробки (рис. 2, 4; криві 1, 2).

Збільшення часу обробки протеолітичним ферментом при обробці соку за обома схемами призводить до підвищення продуктивності ультрафільтрації, особливо при відносно невеликих ступенях відбору пермеату, що свідчить про сут-

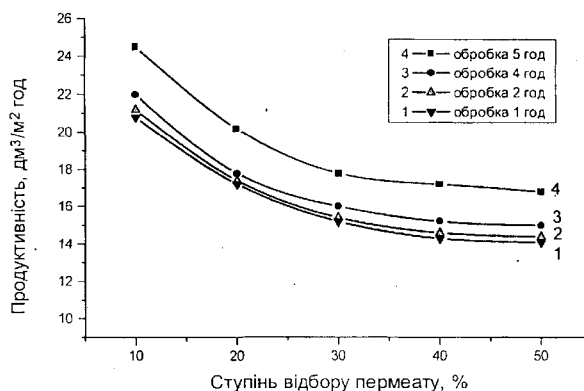


Рис. 3. Залежність продуктивності УФ соку через мембрану УАМ-1000 від ступеня відбору пермеату при різному часові обробки комплексом ферментів

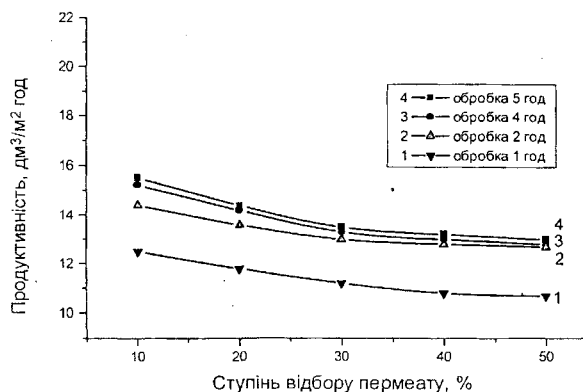


Рис. 4. Залежність продуктивності УФ соку через мембрану УАМ-1000 від ступеня відбору пермеату при різному часові обробки N-протеазою

тєвий вплив білкових речовин на структуру гелевих шарів, які формуються під час ультрафільтрації яблучного соку. При значному часові (5 год) обробки соку (рис. 1—3; крива 4) спостерігається суттєвий спад продуктивності ультрафільтрації до ступеня відбору фільтрату 40 %, що підтверджує зниження молекулярної маси полімерних речовин і пов'язану з цим зміну структури й щільності гелевих шарів.

Відомо, що обробка соку ферментами пектолїтичної та амілолїтичної дії призводить до значної дестабілізації колоїдної системи за рахунок видалення основних стабілізуючих речовин — пектину та крохмалю [1]. Отже, при обробці за схемою 1 протеолїтичним ферментом видаляється значно більше поліцукрів (12—16,9 %), ніж за схемою 2 (0,8—2,4 %) (табл. 4). Основна частина поліцукрів при обробці яблучного соку за схемою 1 видаляється внаслідок дії ферментних препаратів і лише незначна частина (від 4,9 % для мембрани УАМ-1000 до 11,5 % — для мембрани УАМ-300) видаляється в результаті ультрафільтрації. При цьому затримка поліцукрів зменшується із часом обробки про-

Вміст поліцукрів та пектинових речовин на різних стадіях технологічної обробки

Таблиця 4

60

Найменування технологічних етапів	Поліцукри, мг/дм ³				Пектинові речовини, мг/дм ³			
Вихідний сік	2522,8				1367,0			
Освітлення соку ультрафільтрацією з обробкою комплексом ферментних препаратів – Схема 1								
Сік після обробки (А+П) ¹	2093,3/17				844,7/38			
Сік після обробки N-протеазою ²	Обробка N-протеазою, год							
	1	2	4	5	1	2	4	5
	<u>1790,6</u> 12	<u>1738,3</u> 14	<u>1674,2</u> 16,6	<u>1665,1</u> 16,9	<u>639,4</u> 22,9	<u>605,5</u> 25	<u>597,8</u> 25,5	<u>578,9</u> 26,6
Сік після ультрафільтрації на мембрані УАМ-300	<u>1500,2</u> 11,5	<u>1482,3</u> 10,2	<u>1441,7</u> 9,2	<u>1423,5</u> 9,6	<u>392,5</u> 15,1	<u>377,8</u> 13,9	<u>357,1</u> 14,6	<u>338,1</u> 14,7
Загальний ступінь видалення, %	40,5	41,2	42,8	43,5	76,0	76,9	78,1	79,3
Сік після ультрафільтрації на мембрані УАМ-1000	<u>1634,4</u> 6,2	<u>1602,7</u> 5,5	<u>1551,7</u> 4,9	<u>1533,5</u> 5,3	<u>447,8</u> 11,7	<u>430,2</u> 10,7	<u>380,4</u> 13,2	<u>368,6</u> 12,8
Загальний ступінь видалення, %	35,2	36,5	38,5	39,2	72,6	73,7	76,6	77,4
Освітлення соку ультрафільтрацією після обробки лише протеолітичним ферментним препаратом – Схема 2								
Сік після обробки N-протеазою ²	Обробка N-протеазою, год							
	1	2	4	5	1	2	4	5
	<u>2501,4</u> 0,8	<u>2489,7</u> 1,3	<u>2473,7</u> 1,9	<u>2461,4</u> 2,4	<u>933,8</u> 42,9	<u>900,7</u> 44,9	<u>892,2</u> 45,5	<u>883,1</u> 46
Сік після ультрафільтрації на мембрані УАМ-300	<u>1828,7</u> 26,7	<u>1745,4</u> 29,5	<u>1663,2</u> 32,1	<u>1651,4</u> 32,1	<u>435,2</u> 30,5	<u>421,4</u> 29,3	<u>411,9</u> 29,3	<u>402,3</u> 29,4
Загальний ступінь видалення, %	27,5	30,8	34,0	34,5	73,4	74,2	74,8	75,4
Сік після ультрафільтрації на мембрані УАМ-1000	<u>2113,5</u> 15,4	<u>2108,5</u> 15,1	<u>2071,2</u> 16	<u>2049,6</u> 16,4	<u>756,4</u> 10,8	<u>728,6</u> 10,5	<u>582,9</u> 18,8	<u>567,3</u> 19,3
Загальний ступінь видалення, %	16,2	16,4	17,9	18,8	53,7	55,4	64,3	65,3

¹ Сік оброблявся пектолітичним ферментним препаратом Gammapect LC із активністю 900—1000 од./г і амілолітичним ферментним препаратом Gamylo 300L із активністю 900 од./мл фірми ГАММА СХЕМІЕ GmbH (Німеччина).

² Сік обробляли протеолітичним ферментним препаратом N-proteasa із активністю 500 од. актив./мл фірми "Янкес Фрухтгартен ГмбХ" (Німеччина).

В чисельнику наведені кількісні показники вмісту речовин, в знаменнику — ступінь видалення речовин (%)

Вміст білків та фенольних речовин на різних стадіях технологічної обробки

Найменування технологічних етапів	Білки, мг/дм ³				Фенольні речовини, мг/дм ³			
Вихідний сік	470,8				74,85			
Освітлення соку ультрафільтрацією з обробкою комплексом ферментних препаратів – Схема 1								
Сік після обробки (А+П) ¹	349,5/25,7				72,02/3,7			
Сік після обробки N-протеазою ²	Обробка N-протеазою, год							
	1	2	4	5	1	2	4	5
	<u>253,1</u> 20,5	<u>217,6</u> 28,0	<u>176,3</u> 36,8	<u>165,3</u> 39,1	<u>70,9</u> 1,5	<u>68,65</u> 4,5	<u>67,49</u> 6,1	<u>65,41</u> 8,9
Сік після ультрафільтрації на мембрані УАМ-300	<u>133,2</u> 25,5	<u>112,7</u> 22,4	<u>100,2</u> 16,2	<u>97,3</u> 14,5	<u>38,08</u> 43,9	<u>35,06</u> 44,9	<u>31,7</u> 47,8	<u>30,24</u> 46,9
Загальний ступінь видалення, %	40,5	41,2	42,8	43,5	76,0	76,9	78,1	79,3
Сік після ультрафільтрації на мембрані УАМ-1000	<u>172,8</u> 17,0	<u>164,3</u> 11,4	<u>153,2</u> 4,9	<u>147,1</u> 3,9	<u>53,74</u> 23,0	<u>51,26</u> 23,3	<u>50,34</u> 22,9	<u>48,78</u> 22,2
Загальний ступінь видалення, %	63,3	65,1	67,5	68,8	28,3	31,5	32,7	34,8
Освітлення соку ультрафільтрацією після обробки лише протеолітичним ферментним препаратом – Схема 2								
Сік після обробки N-протеазою ²	Обробка N-протеазою, год							
	1	2	4	5	1	2	4	5
	<u>121,2</u> 74,2	<u>115,6</u> 75,4	<u>112,3</u> 76,1	<u>110,7</u> 76,4	<u>71,2</u> 4,8	<u>70,08</u> 6,3	<u>69,34</u> 7,3	<u>68,25</u> 8,8
Сік після ультрафільтрації на мембрані УАМ-300	<u>94,6</u> 5,7	<u>92,8</u> 4,8	<u>71,3</u> 8,7	<u>68,6</u> 9,0	<u>39,94</u> 41,8	<u>32,39</u> 50,4	<u>29,61</u> 53,1	<u>28,3</u> 53,3
Загальний ступінь видалення, %	79,9	80,2	84,8	85,4	46,6	56,7	60,4	62,1
Сік після ультрафільтрації на мембрані УАМ-1000	<u>109,4</u> 2,5	<u>104,2</u> 2,4	<u>100,3</u> 2,5	<u>98,3</u> 2,7	<u>67,4</u> 5,1	<u>65,2</u> 6,5	<u>63,8</u> 7,4	<u>60,04</u> 10,9
Загальний ступінь видалення, %	76,7	77,8	78,6	79,1	9,9	12,8	14,7	19,7

¹ Сік оброблявся пектолітичним ферментним препаратом Gammapect LC із активністю 900—1000 од./г і амілолітичним ферментним препаратом Gamylo 300L із активністю 900 од./мл фірми GAMMA CHEMIE GmbH (Німеччина).

² Сік обробляли протеолітичним ферментним препаратом N-proteasa із активністю 500 од. актив./мл фірми "Янкус Фрухтгартен ГмбХ" (Німеччина). В чисельнику наведені кількісні показники вмісту речовин, в знаменнику — ступінь видалення речовин (%).

протеолітичним ферментом, тобто самозатримуюча здатність гелевих шарів щодо поліцукрів зменшується. Ці дані узгоджуються з результатами дослідження впливу обробки соку протеолітичним ферментом на продуктивність ультрафільтрації, яка при цьому зростає.

При ферментативній обробці соку за схемою 2 поліцукри видаляються практично тільки за рахунок ультрафільтрації. Але при цьому слід очікувати, що видаляються лише високомолекулярні фракції поліцукрів. У цьому випадку зменшення щільності гелевих шарів в результаті дії протеази не погіршує затримки високомолекулярних фракцій поліцукрів.

Більший вміст поліцукрів у фільтраті після ультрафільтрації соку, обробленого протеолітичним ферментом (схема 2), пояснюється, в першу чергу, більш високим їх вмістом у сокові, що підлягає ультрафільтрації (2460—2500 мг/дм³ проти 1650—1790 мг/дм³ у випадку ферментації за схемою 1). При більш високому коефіцієнті затримки поліцукрів їх вміст в ультрафільтраті є вищим, ніж у випадку ферментації за схемою 1. Але, враховуючи більш високий гідравлічний опір гелевих шарів, що формуються на мембрані після обробки лише протеолітичним ферментом, такі гелеві шари повинні затримувати речовини з меншою молекулярною масою. Отже, незважаючи на більш високий вміст поліцукрів у сокові, після його обробки лише протеазою і ультрафільтрацією, їх молекулярна маса може дорівнювати молекулярній масі поліцукрів після обробки комплексом ферментів або бути навіть меншою. А саме високомолекулярні фракції погіршують стабільність соку.

Ступені видалення пектинових речовин при ферментації соку за обома схемами та ультрафільтрації на досліджених мембранах значно вищі, ніж поліцукрів. Слід відзначити досить близькі значення ступеня видалення пектинів при обробці соку комплексом ферментів і ультрафільтрації на мембранах УАМ-300 та УАМ-1000. Це свідчить про високу молекулярну масу пектинових речовин, які затримуються приблизно однаково при ультрафільтрації на мембранах, продуктивності яких відрізняються майже на порядок.

Ферментативна обробка соку за схемою 2 не повинна впливати на вміст та молекулярно-масовий склад пектинових речовин. У результаті цього вміст пектинових речовин в сокові після його обробки тільки протеолітичним ферментом вищий, ніж після обробки комплексом ферментів. Але при ультрафільтрації на більш щільній мембрані УАМ-300 вміст пектинових речовин в ультрафільтраті, отриманому за схемою 2, відносно низький і наближається до вмісту в соко-

ві, обробленому за схемою 1, що пов'язано з високою молекулярною масою пектинових речовин.

У випадку мембрани УАМ-1000 та ферментації за схемою 2 вміст пектинових речовин в обробленому сокові досить високий. Це дозволяє одержувати сік з більшим вмістом пектинових речовин, які є стабілізаторами колоїдної системи, а значить можна сподіватися на більшу стабільність такого освітленого соку під час зберігання.

Як і слід було очікувати, підвищення ступеня гідролізу білкових речовин під дією протеолітичного ферменту призводить до збільшення їх видалення при ферментативній обробці за обома схемами та ультрафільтрації на мембранах двох типів (табл. 5). Звертає на себе увагу менший ступінь видалення білкових речовин після ферментативної обробки соку комплексом ферментів, ніж після використання тільки протеолітичного ферменту. Можна припустити, що більш низькомолекулярні пектинові речовини, що утворюються після обробки сумішшю ферментів пектолітичної та амілолітичної дії, взаємодіють з білковими речовинами і захищають їх від дії протеолітичного ферменту. У випадку більш високомолекулярних пектинових речовин (схема 2) зростає вірогідність їх контактної взаємодії з глобулами білкових макромолекул, внаслідок чого значна поверхня білкових молекул є доступною для протеолітичного ферменту. Отже, обробка яблучного соку тільки протеолітичним ферментом більш ефективно зменшує вміст білкових речовин. Слід відзначити, що в результаті цієї обробки вміст білкових речовин зменшується майже в 4 рази (з 470 мг/дм³ до 110—120 мг/дм³ залежно від часу обробки). При цьому залишок білкових речовин характеризується низькою молекулярною масою, про що свідчать малі коефіцієнти їх затримки (близько 2,5 % для мембрани УАМ-1000 та 5—9 % для мембрани УАМ-300). Водночас коефіцієнт затримки білкових речовин при ультрафільтрації соку після його обробки комплексом ферментів значно вищий, незважаючи на меншу щільність гелевих шарів, що формуються на поверхні мембрани у цьому випадку. Це є результатом меншого ступеня гідролізу білкових речовин, захищених низькомолекулярними пектиновими речовинами. При цьому коефіцієнт затримки зменшується з збільшенням часу обробки протеолітичним ферментом в результаті утворення менш щільних гелевих шарів.

Найбільший ступінь видалення білкових речовин досягається при ультрафільтрації соку, обробленого протеолітичним ферментом (схема 2), на мембрані УАМ-300.

Фенольні речовини є відносно низькомолекулярними речовинами і повинні вільно проходити крізь ультрафільтраційні мембрани, в тому числі, модифіковані гелевими шарами. Але в результаті взаємодії з високомолекулярними речовинами вони зв'язуються в частинки більш великих розмірів і можуть затримуватись ультрафільтраційними мембранами.

В цілому ферментативна обробка мало впливає на вміст фенольних речовин, викликаючи невелике його зниження в результаті дестабілізації системи (табл. 5). Ступінь видалення фенольних речовин суттєво залежить від типу ультрафільтраційної мембрани. У випадку більш тонкопористої мембрани УАМ-300 він значно вищий, ніж при ультрафільтрації на мембрані УАМ-1000, і практично однаковий для обох режимів ферментативної обробки. Менша межа молекулярно-масової затримки мембрани УАМ-300 та більш щільні гелеві шари, що формуються на її поверхні, забезпечують високу затримку речовин середньої молекулярної маси і фенольних речовин, з якими вони взаємодіють.

Високий ступінь гідролізу білкових речовин протеолітичним ферментом до низькомолекулярних похідних (схема 2) призводить до незначної затримки фенольних речовин при ультрафільтрації на широкопористій мембрані УАМ-1000. В цьому випадку фенольні речовини зв'язані з низькомолекулярними білками і вільно транспортуються через мембрану. При ферментації за схемою 1, як зазначалося раніше, ступінь гідролізу білків нижча, вони краще затримуються мембраною УАМ-1000, забезпечу-

ючи відносно високий ступінь видалення фенольних речовин, які взаємодіють з білками.

Висновки

Встановлено, що режим попередньої ферментативної обробки яблучного соку впливає не лише на продуктивність процесу ультрафільтрації, але і на якісний склад обробленого соку. В цілому обробка соку комплексом ферментних препаратів забезпечує більші продуктивності ультрафільтрації та ступені видалення поліфенольних речовин та високомолекулярних сполук (за винятком білків).

Обробка соку лише протеолітичним ферментом та використання для його ультрафільтрації широкопористої мембрани дає можливість видалити значну кількість білкових речовин і одержати освітлений сік з більшим вмістом пектинових речовин. Освітлений сік такого складу може бути більш стабільним і не мутніти під час зберігання. Білкові речовини, які це спричиняють, внаслідок їх взаємодії з фенольними речовинами, містяться в такому соку в невеликій кількості. При цьому високий вміст пектинових речовин є стабілізуючим фактором для освітленого соку. Після такої обробки у соковій утворюється велика кількість поліфенольних речовин, що є складовими кольору та аромату яблучного соку. Отже, ферментативна обробка яблучного соку перед ультрафільтрацією лише протеолітичним ферментом може розглядатися як альтернатива загальноприйнятій традиційній технології попередньої обробки ферментами пектолітичної та амілолітичної дії.

1. Alvarez, S., Alvarez, R., Rera, F. A., Coca, J. Influence of depectinization on apple juice ultrafiltration // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*.— 1998.— Vol. 138.— N 2—3.— P. 377—382.
2. Парагульгов О. Д., Липецкая А. Е., Бойцова В. И. // *Методы стабилизации плодово-ягодных вин*.— 1979.— Вып. 7.— С. 1—28.
3. Borneman Z., Gokmen V., Nijhuis H. H. Selective removal of polyphenols and brown colour in apple juices using PES/PVP membranes in a single-ultrafiltration process // *J. Membr. Sci.*— 1997.— Vol. 134.— N 2.— P. 191—197.
4. Sheu, M. J., Wiley, R. C., Schlimme D. V. // *Solute and enzyme recoveries in apple juice clarification using ultrafiltration* // *J. Food Sci.*— 1987.— Vol. 52.— P. 732—736.
5. Padilla, O. I., McLellan, M. R. // *Molecular weight cut-off of ultrafiltration membranes and the quality and stability of apple juice* // *J. Food Sci.*— 1989.— Vol. 54.— P. 1250—1255.
6. Брык М. Т., Голубев В. Н., Чагаровский А. П. Мембранная технология в пищевой промышленности.— Киев: Урожай, 1991.— 186 с.
7. Корастылева Н. Н., Юрченко В. Н., Троян З. А. Характеристика осадка на ультрафильтрационных мембранах при осветлении сока // *Пищевая промышленность*.— 1989.— № 9.— С. 37—38.
8. Чагаровский А. П. Ультрафильтрационное осветление яблочного и виноградного соков // *Изв. ВУЗов. Пищевая технология*.— 1988.— № 4.— С. 92—96.
9. Ken R., Benoit G., Robert W. Lencki Interaction responsible for fouling layer formation during apple juice microfiltration // *J. Agric. Food Chem.*— 1998.— Vol. 46.— P. 2458—2464.
10. Самсонова А. Н., Ушева В. Б. Фруктовые и овощные соки: Техника и технология.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Агропромиздат, 1990.— 287 с.
11. Луканин О. С., Брик М. Т., Нігматуллин Р. Р., Гунько С. М. Вплив ферментної обробки на ультрафільтрацію яблучного соку // *Вісник аграрної науки*.— 2000.— № 5.— С. 24—27.

Gunko S. N., Bryk M. T., Lukanin A. S., Nigmatullin R. R.

**THE INFLUENCE OF APPLE JUICE ULTRAFILTRATION
PROCESS AND ITS QUALITY
FROM DIFFERENT TREATMENT**

Study of influence of apple juice pretreatment by protease enzyme and enzymes complex (pectinase, amylase, protease) on the ultrafiltration process and juice quality has been carried out. It is established that the juice treatment by enzyme complex supports more productivity and removal levels of polyphenols and colloids (beside proteins). Fermentative treatment of the apple juice before ultrafiltration by only protease can be as an alternative to traditional technology of pretreatment by pectinase and amylase.