

УДК 664.1.038:634.11

ПОГРЕБНЯК В.Г., ПЕРКУН І.В., ПОГРЕБНЯК А.В.

Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського

ПАРАМЕТРИ ФЛОКУЛЯЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ПІДВИЩЕННЯ СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ЯКІСТЬ ЯБЛУЧНОГО СОКУ ПІД ЧАС ОСВІТЛЕННЯ

Механізм підвищення флокулюючої здатності флокулянтів в умовах турбулентного освітлення яблучного соку, який було виявлено, дозволив розробити способи поліпшення споживних властивостей і флокулянту, і яблучного соку в процесі освітлення. На основі проведених досліджень запропоновано новий спосіб обробки яблучного соку, який полягає у використанні безпечного флокулянту ПЕО, здатного збільшувати швидкість і ступінь освітління яблучного соку.

Ключові слова: яблучний сік, флокуляція, товарознавча оцінка.

Погребняк В.Г., Перкун И.В., Погребняк А.В. Параметры флокуляционного процесса, обеспечивающие повышение потребительных свойств и качества яблочного сока при осветлении. Выявленный механизм повышения флокулирующей способности флокулянтов в условиях турбулентного осветления яблочного сока позволил разработать способы улучшения потребительных свойств флокулянтов и соков. На основе проведенных исследований предложен новый способ обработки яблочного сока, состоящий в использовании безопасного флокулянта ПЭО, способного увеличивать скорость и степень осветления яблочного сока.

Ключевые слова: яблочный сок, флокуляция, товароведная оценка.

Pogrebnyak V.G., Perkun I.V., Pogrebnyak A.V. FLOCCULATION PROCESS PARAMETERS TO ENSURE INCREASE OF CONSUMER PROPERTIES AND QUALITY OF APPLE JUICE UNDER CLARIFICATION. The revealed mechanism of increase in the flocculating ability of flocculants under conditions of turbulent clarification of apple juices made it possible to develop methods of improvement in consumer properties both of flocculants themselves and juice.

Key words: apple juice, flocculation, commodity estimation.

Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Сучасний попит на сокову продукцію в Україні, а також на світовому ринку спонукає до вирішення питання інтенсифікації сокового виробництва. Широкого поширення у світі набуло переважне виробництво освітлених плодових соків через вагомі переваги

(технологічні і споживні) порівняно з неосвітленими, оскільки освітлені соки мають підвищену біохімічну стабільність (це сприяє збільшенню терміну зберігання), тривалу прозору стійкість, краще втамовують спрагу.

Аналіз ринку і статистичних даних свідчить, що основною сировиною для виробництва сокової продукції в Україні є яблука, і, відповідно, сік із яблук посідає перше місце серед соків з інших плодових і ягідних культур. Тому в роботі розглянуто питання освітлення саме яблучних соків.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми.

У практиці технології освітлення яблучних соків застосовують, як правило, фізичні (проціджування, відстоювання, сепарування), біохімічні (обробка за допомогою ферментів та інших біологічно-активних речовин) та фізико-хімічні способи (обробка за допомогою бентоніту, органічних або синтетичних флокулянтів та ін.). Якщо фізичні та біохімічні способи поліпшення споживних властивостей яблучних соків під час освітлення достатньо вивчені, то фізико-хімічні способи вимагають додаткових досліджень. Насамперед це стосується освітлення соків із використанням синтетичних флокулянтів, таких як поліетиленоксид (ПЕО) і гідролізований поліакриламід (ГПАА) [1].

Аналіз вітчизняної та зарубіжної наукової і патентної інформації свідчить, що сучасне уявлення про формування товарознавчих властивостей плодових соків під час освітлення, далекі від досконалості. Це зумовлює нерозуміння досліджуваних явищ, особливо під час освітлення соків за допомогою флокуляції, і часто породжує багато непорозумінь і помилок в інтерпретації експериментальних результатів.

У зв'язку з цим у роботі наведено практичне обґрунтування нового явища щодо можливості використання впливу турбулентності на флокулюючу здатність ПЕО (це безпечна речовина, яку дозволено використовувати в харчовій промисловості [2]) і тим самим збільшувати швидкість і ступінь освітлення колоїдних систем, зокрема яблучних соків, що сприятиме поліпшенню їх споживних властивостей і забезпеченню їх якості. Усе вищезазначене і зумовлює актуальність даної роботи і дозволяє сформулювати наступну **мету даного дослідження** - на основі експериментальних досліджень визначити параметри флокуляційного процесу, що забезпечують підвищення споживних властивостей та якість яблучного соку під час освітлення.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Сировиною для отримання яблучного соку були яблука різних сортів і термінів визрівання: Джонатан (зимовий сорт), Кальвіль сніговий (ранньозимовий сорт), Слава переможцям (осінній сорт), Уелсі

(зимовий сорт), а також флокулянти (ПЕО – «WSR», США; Praestol - ЗАТ «Москва-Штокхаузен-Перм», Росія; Штокгополь - «Штокхаузен», Німеччина) і бентоніт (компанії «Bento Group Minerals», Росія), використані для освітлення яблучного соку.

Для дослідження показників якості яблучних соків використовували традиційні та сучасні методи: фізико-хімічні, мікробіологічні, біохімічні, реологічні. Органолептичні дослідження дослідних зразків соків здійснювали з використанням 5-бальної шкали з урахуванням коефіцієнтів вагомості для всіх показників. Зміну сенсорних властивостей оцінювали за допомогою методу багатократних порівнянь. Також були використані й оригінальні методи та устаткування, які було нами розроблено.

У межах загальної методики дослідження, яка полягала в комплексному підході щодо використання флокулянтів у різних галузях народного господарства для освітлення колоїдних систем, прозорість яблучного соку оцінювали за оптичною густиною за допомогою фотоколориметричного методу на КФК-3 при $\lambda_{\text{макс}} = 540\text{нм}$. Вплив гідродинамічного поля на флокулюючу здатність молекул флокулянту визначали як

$$\Phi = \left(\frac{n_{c_0} - n_{c_{\dot{\varepsilon}}}}{n_{c_0}} \right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

де n_{c_0} і $n_{c_{\dot{\varepsilon}}}$ – оптична густина яблучного соку з флокулянтом без дії гідродинамічного поля і після гідродинамічної активації відповідно ($n_{c_0} \equiv n_{c_{\dot{\varepsilon}}}$ при $\dot{\varepsilon} \rightarrow 0$), а флокулюючий ефект Φ при $\dot{\varepsilon}, \text{Re} = \text{const}$ визначали за формулою (1) зі зміною n_{c_0} на $n_{o_{\dot{\varepsilon}}}$ – оптичну густина яблучного соку без флокулянту.

Комплексну оцінку якості яблучних соків, освітлених за допомогою гідродинамічно-активованих флокулянтів, розраховували згідно з принципами кваліметрії, видокремлюючи з-поміж властивостей соків необхідні групи та достатню кількість показників із кожної. Контрольними зразками були яблучні соки, освітлені за допомогою бентоніту, а також неосвітлені.

В роботі [3] з використанням експериментального доказу нами було встановлено механізм підвищення флокулюючої здатності молекул флокулянтів в умовах турбулентної течії яблучного соку. Природа цього механізму полягає в сильній деформуючій дії турбулентності за рахунок виникнення автоколивального режиму зворотних процесів розгортання макромолекул флокулянту під дією квазірегулярно виникаючих поздовжніх градієнтів швидкості, яка спричиняє

підвищення їх флокулюючої ефективності за рахунок збільшення розмірів молекулярних клубків флокулянту.

Теоретично доведено, що дворазове підвищення розмірів молекул флокулянту за рахунок їх розгортання під дією гідродинамічного поля, повинно зумовлювати підсилення інтенсивності флокуляції в дисперсній системі більш ніж на порядок [4]. Тому ефективність освітлення яблучних соків повинна збільшуватися під дією гідродинамічного поля на молекули флокулянту і, тим самим, поліпшувати споживні властивості, і флокулянту, і яблучних соків.

Встановлений нами механізм гідродинамічного управління флокулюючою здатністю флокулянту і його розуміння дозволило розробити 3 способи і 4 пристрої [5] для поліпшення споживних властивостей флокулянту і яблучних соків під час освітлення. Для подальших досліджень було вибрано найбільш простий, але достатньо ефективний флокулятор з активацією флокулянтів за допомогою турбулентності, наведений на рис.1.

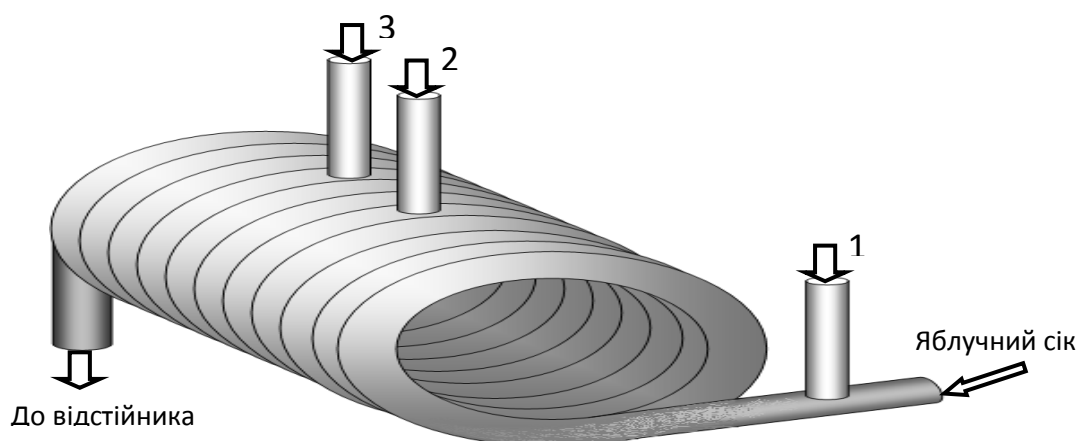


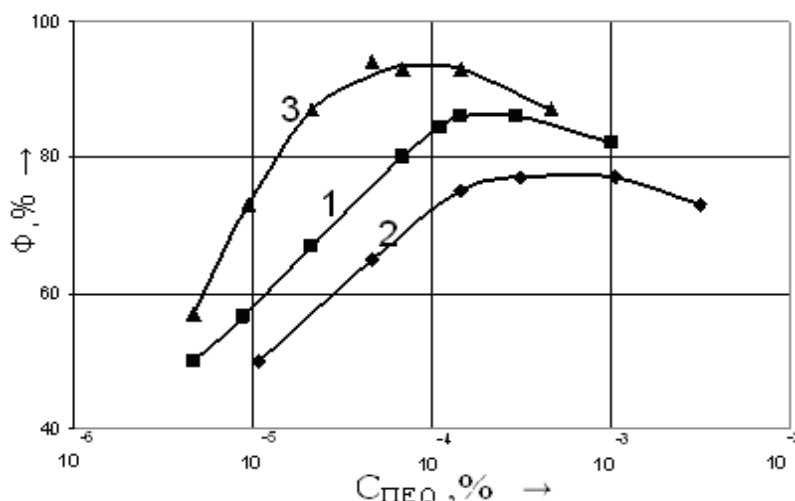
Рис. 1. Трубчатий флокулятор з активацією за допомогою турбулентності системи флокулянт-яблучний сік: 1 - ввід для бентоніту (1-а порція інжекції); 2 і 3- вводи для ПЕО (2-а та 3-я порції)

Виявлення основних властивостей флокулянтів і умов поліпшення їх параметрів дозволило використати інноваційні флокулянти як чиник оптимізації процесу освітлення й очистки яблучного соку.

Доказовою базою інтенсифікації процесу освітлення яблучного соку з використанням ПЕО, ГПАА (Praestol, Штокополь) послуговували дані, які наведено в табл.1 й на рис.2-4.

Значення оптимальних концентрацій ПЕО і ГПАА без гідродинамічної обробки системи флокулянт-яблучний сік та з гідродинамічною обробкою (на прикладі соку з яблук сорту Джонатан)

M _{ПЕО}	C ^{оп} , мг/л					
	без ГП	з ГП	M _{ГПАА}	ступінь гідролізу, %	без ГП	з ГП
6·10 ⁶	10	4,5	10 ⁷	14	0,5	0,35
4·10 ⁶	15	6,5				
3·10 ⁶	20	10	4,5·10 ⁶	5	1	0,75



M_{ПЕО}: 1 і 3 - 6·10⁶, 2 - 3·10⁶; 1 і 2 - Re < 2000; 3 - Re = 6000

Рис. 2. Залежність ефективності флокулюючої дії ПЕО від його концентрації в яблучному соці для різних режимів турбулентного впливу

Експериментальні дані дозволили встановити зв'язок молекулярної маси і оптимальної концентрації флокулянту для випадків без дії турбулентності на систему «яблучний сік - флокулянт ПЕО» (2) і з турбулентною дією (3) у вигляді:

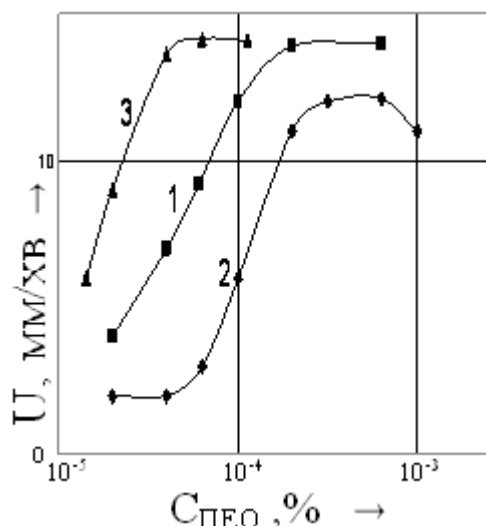
$$\frac{C_{\text{ПЕО}} M_{\text{ПЕО}}}{100\%} = 60, \quad (2)$$

$$\frac{C_{\text{ПЕО}} M_{\text{ПЕО}}}{100\%} = 26 \quad (3)$$

і довести, що саме такі оптимальні концентрації ПЕО та інтенсивність турбулентного потоку з числом Рейнольдса 7·10³ дозволяють одержати яблучний сік з кращими споживними властивостями.

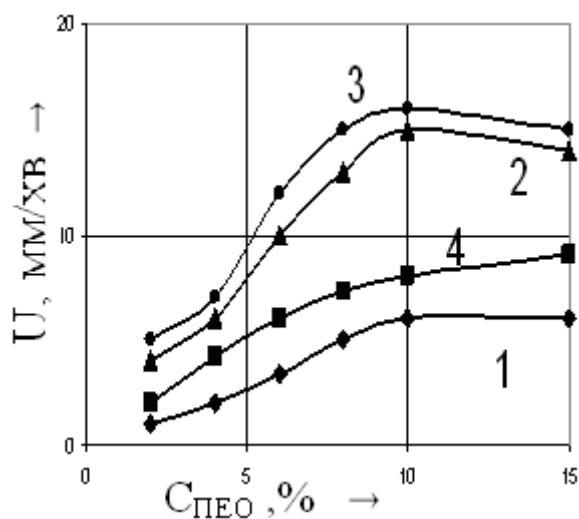
Досліди з освітлення яблучного соку за допомогою активованих флокулянтів засвідчили високу результативність методу трійної інжекції, спосіб реалізації якого ілюструє рис. 1. Оптимальна концентрація ПЕО становила (1,5+1,5) мг/л (концентрація бентоніту 340 мг/л), а прозорість яблучного соку досягала 95% (крива 3 на рис. 2) при Рейнольдсі $7 \cdot 10^3$ турбулентного потоку яблучного соку з проміжком часу між додаваннями порцій (інжекцією) реагентів ~ 5 хвилин.

Використання комбінованого методу освітлення яблучного соку в турбулентному потоці з використанням флокулянту ПЕО та бентоніту було зумовлено значним зниженням часу витримки соку на осад (в 3-5 разів), що сприяло зниженню собівартості продукції. Отримане значне підвищення ефективності процесу освітлення яблучного соку у випадку сумісного використання бентоніту і активованого ПЕО з використанням турбулентності пояснюється тим, що після інжекції спочатку бентоніту відбувається майже миттєва коагуляція колоїдних часток із позитивним зарядом, а потім вони об'єднуються в флокули після введення першої порції ПЕО та укрупнюються у вторинні флокули макромолекулами флокулянту, який введено з другою порцією. Вторинні флокули є більшими, ніж первинні, тому вони осідають значно швидше.



М_{ПЕО}: 1 - $6 \cdot 10^6$ (без ГП); 2 - $3 \cdot 10^6$ (без ГП);
3 - $6 \cdot 10^6$ (з ГП)

Рис. 3. Залежність швидкості освітлення яблучного соку від концентрації ПЕО (сік з яблук сорту Джонатан)



М_{ПЕО} = $4 \cdot 10^6$;
Re: 1 - 0; 2 - $4 \cdot 10^6$; 3 - $7 \cdot 10^6$; 4 - 10^4

Рис. 4. Вплив концентрації ПЕО на швидкість освітлення яблучного соку з яблук сорту Джонатан при різних режимах гідродинамічної обробки

Двоаспектний підхід (технологічний і товарознавчий) до вивчення процесу освітлення яблучного соку дозволив глибше зрозуміти перспективність використання в соковому виробництві гідродинамічно-активованих флокулянтів. Технологічний аспект полягає не тільки в прискоренні процесу освітлення, а й у більш високому ступені освітлення соку, що забезпечує реалізацію іншого аспекту дослідження – товарознавчого, а саме поліпшення споживних властивостей та підвищення стійкості соку.

Результати сенсорного і кваліметричного аналізу яблучного соку, освітленого з використанням активованих флокулянтів, а також результати досліджень мікробіологічних [6] та токсикологічних [4] показників свідчать, що під час освітлення яблучних соків за допомогою флокулянтів спостерігається поліпшення їхньої прозорості і кольоровості (див. табл. 2).

Таблиця 2

Значення прозорості й кольоровості яблучного соку (з яблук сорту Уелсі) при різних концентраціях ПЕО молекулярної маси $3 \cdot 10^6$

Показник	Контроль	С _{ПЕО} , мг/л			
		4	6	8	15
Прозорість, %	41,1	75,2	85,0	86,8	84,6
Кольоровість, од. опт. густини	0,611	0,278	0,125	0,071	0,125

Проведений сенсорний аналіз яблучного соку з різних сортів яблук дозволив оцінити споживні властивості і констатувати високу якість продукту. Визначені органолептичні оцінки якості яблучних соків, оброблених за допомогою активованого ПЕО за 5-бальною шкалою з урахуванням коефіцієнтів вагомості показників для соків із яблук сортів Слава переможцям, Джонатан, Уелсі та Кальвіль сніговий склали такі значення – 4,97; 4,95; 4,93 та 4,93 відповідно.

Проведена оцінка безпечності яблучних соків за мікробіологічними показниками засвідчує стійку тенденцію зменшення кількості мікроорганізмів у соках, оброблених за допомогою активованих флокулянтів [6]. Кількість мікроорганізмів зменшилась в 2-2,27 рази (грибів) та в 2,6-2,8 рази (бактерій), що зумовило появу опалесценції і неприємного запаху в очищених яблучних соках (без пастеризації) при більш пізніх термінах зберігання, які досягали 10-12 діб.

Оцінка яблучних соків, оброблених з використанням активованих ПЕО і Praestol за токсикологічними показниками [4], також свідчить про відповідність таких соків вимогам стандарту.

Комплексна товарознавча оцінка яблучного соку, освітленого з використанням гідродинамічно-активованих флокулянтів залежно від параметрів флокуляції в турбулентному потоці показала підвищення значення показника якості не менше 10% порівняно з соком, обробленим за допомогою бентоніту.

Висновки:

1. Виявлений механізм гідродинамічного впливу на процес флокуляційного освітлення яблучного соку дозволив визначити раціональні режими флокуляції у його виробництві і запропонувати інноваційне технологічне рішення щодо використання гідродинамічно-активованих флокулянтів для обробки сокової продукції.

2. Обґрунтування і вибір раціональних параметрів освітлення яблучного соку здійснено на основі встановленого впливу турбулентності на процес флокуляції при варіації молекулярно-концентраційних характеристик інжекттованих у сік розчинів ПЕО та способів їх інжекції.

Література:

1. Погребняк В.Г. Нове в освітленні фруктових соків полімерними флокулянтами / Погребняк В.Г., Перкун І.В. // Товарознавство та інновації: зб. наук. пр. / ДонНУЕТ. – Донецьк, 2009, Вип. 1. - С. 206-219.

2. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 січня 1999 р. № 12 “Про затвердження переліку харчових добавок, дозволених для використання у харчових продуктах (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 342 від 17.02.2000 р., № 1140 від 21.07.2000 р.)” // [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://merlin.com.ua/chem/xarch.htm>.

3. Перкун І.В. Турбулентна течія розчинів флокулянту в яблучному соці / Перкун І.В. // Товарознавство та інновації: зб. наук. пр. / ДонНУЕТ. - Донецьк, 2011.- Вип. 3.- С.127-134.

4. Погребняк В.Г. Повышение безопасности яблочного сока с использованием активированных флокулянтов для его очистки от тяжелых металлов / Погребняк В.Г., Перкун И.В. // Продукты @ ингредиенты. 2012. – №6. – С.30-32.

5. Перкун І.В. Товарознавча оцінка яблучного соку, освітленого гідродинамічно-активованими флокулянтами: автореф. дис. ... канд. техн. наук : (05.18.15) / Перкун І.В.; Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського. – Донецьк, 2012. – 20 с.

6. Погребняк В.Г. Оценка безопасности яблочного сока, обработанного активированными флокулянтами по микробиологическим показателям / Погребняк В.Г., Перкун И.В. // Продукты@ингредиенты. – 2012. – №8. – С.42-45.