

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КРАСУЛЯ ОЛЕНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 663.86:637.344

**ТЕХНОЛОГІЯ ФЕРМЕНТОВАНИХ НАПОЇВ З ХАРЧОВИМИ
ВОЛОКНАМИ**

05.18.05 – Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Грек Олена Вікторівна,
Національний університет харчових технологій
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри технології молока і
молочних продуктів

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Рудавська Ганна Богданівна,
Київський національний торговельно-
економічний університет
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри товарознавства та
експертизи харчових продуктів

кандидат технічних наук, доцент
Косоголова Людмила Олексіївна,
Національний авіаційний університет
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри біотехнології

Захист відбудеться «23» жовтня 2013 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ вул. Володимирська, 68, аудиторія А-310.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «___» _____ 2013 року.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н.

М.В. Карпуніна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми. Безалкогольні ферментовані напої з великими об'ємами споживання є однією з перспективних груп продуктів для збагачення функціонально-технологічними інгредієнтами. Розробці технологій напоїв бродіння з підвищеною біологічною цінністю присвячені численні дослідження Чекана Л.І., Рудольфа В.В., Мальцева П.М., Прибильського В.Л., Цед Є.А., Кисельової Т.В., Хамагаєвої І.С., Корольова Д.А., Помозової В.А., Michael G. Gänzle, Schwab C., Piggott J.R., Lea A.G.H., Pietschmann M., Liebl V. Разом з тим, результати теоретичних досліджень не завжди реалізуються в промислових впровадженнях за відсутності доступних технологій та умов ефективного функціонування у виробничій системі.

Виробництво ферментованих напоїв з використанням сироватки отриманої шляхом молочно-кислого бродіння молока – один із сучасних напрямків вирішення даної проблеми. Такі напої містять цінні компоненти як сировини, так і продукти метаболізму мікроорганізмів, що утворюються при бродінні (етиловий спирт, леткі кислоти, ферменти, ароматичні сполуки та ін.). Існують розробки технологій напоїв підвищеної в'язкості з використанням желатину, агару, картопляного крохмалю та інших речовин. Альтернативними інгредієнтами рослинного походження для регулювання консистенції напоїв можуть бути яблучний пектин в клітковині (ЯПК) та сухі концентрати харчових волокон цитрусових (Citri-Fi). Їх внесення до рецептур ферментованих напоїв дозволить збагатити продукти вуглеводами, вітамінами, макро- та мікроелементами, харчовими волокнами (ХВ), підкреслити повноту смаку.

Розроблення технології ферментованих напоїв з використанням молочної сироватки з різними рослинними інгредієнтами сприяє комплексному переробленню вторинних ресурсів, розширенню асортименту напоїв бродіння, виробництво яких можливо здійснювати на існуючому обладнанні підприємств безалкогольної промисловості. Враховуючи вище вказане розроблення ферментованих напоїв збагачених апельсиновими ХВ або ЯПК і з'ясування їх впливу на перебіг процесу бродіння є актуальним завданням. Сировиною може слугувати як нативна молочна сироватка, так і гідролізована, пермеат, а також відновлені сухі суміші на основі сироватки та солодів з підбором відповідних рас дріжджів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано згідно тематики держбюджетної науково-дослідної роботи кафедри технології молока і молочних продуктів Національного університету харчових технологій: «Розроблення ресурсозберігаючих технологій молочних продуктів профілактичної дії» (реєстраційний номер 0112U005376) та науково-дослідної роботи, що виконувалась у межах державної програми «Розроблення наукових основ очищення сироватки мембранними методами з метою використання отриманих розчинів у харчовій промисловості» (реєстраційний номер 0108U011256).

Автором особисто взято участь в експериментальних дослідженнях, підготовці матеріалів до публікації та розробці нормативної документації.

Мета і завдання досліджень. Метою дисертаційної роботи є розроблення технології ферментованих напоїв з харчовими волокнами та з сухих сироватко-солодових сумішей.

Відповідно до мети визначені основні завдання досліджень:

- обґрунтувати вибір рослинних інгредієнтів, що містять ХВ, визначити їх технологічні властивості та особливості полісахаридних комплексів, а також умови внесення в молочну сироватку;
- підібрати раси дріжджів та визначити раціональні режими ферментації молочної сироватки з підвищеною в'язкістю;
- уточнити технологічні параметри ферментативного гідролізу лактози для подальшого зброджування молочної сироватки з харчовими волокнами дріжджами виду *Saccharomyces cerevisiae*;
- підібрати раси дріжджів з врахуванням їх бродильної активності для ферментації відновлених сироватко-солодових сумішей;
- ідентифікувати вміст вторинних продуктів бродіння ферментованих сироватко-солодових напоїв;
- визначити органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники ферментованих напоїв;
- розробити проект нормативно-технічної документації на нові ферментовані напої та провести їх промислову апробацію.

Об'єкт дослідження – технологія ферментованих напоїв з ХВ та на основі сухих сироватко-солодових сумішей.

Предмет дослідження – сушло з ХВ, ферментовані напої підвищеної в'язкості та сухі суміші сироватки та солоду для відновлення та бродіння.

Методи досліджень – сучасні загальноприйняті та специфічні органолептичні, хімічні, фізико-хімічні, мікробіологічні, біохімічні з використанням сучасних приладів та комп'ютерних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів. Методом ІЧ-спектроскопії встановлено високі вологозв'язуючі властивості харчових волокон Citri-Fi та ЯПК, що виявлені безперервним поглинанням ІЧ-спектрів смуг вологи в області коливань 2668 та 2723 cm^{-1} в сироватковому суслі.

Встановлено параметри підготовки сироваткового сушла з харчовими волокнами та обґрунтовано режими ферментації лактозозброджувальними дріжджами (*Kluyveromyces lactis* 2452, *Kluyveromyces lactis* 469, *Saccharomyces lactis* 95, *Zygosaccharomyces lactis* 868-K) та расами *Saccharomyces casei*, *Saccharomyces cerevisiae* M-5 та P-87 після попереднього гідролізу лактози.

Вперше підібрано відповідні раси дріжджів та визначено раціональні режими зброджування відновлених сироватко-солодових сумішей. За вмістом летких речовин в зброженому суслі встановлено, що раси дріжджів *Kluyveromyces lactis* 469, *Saccharomyces lactis* 95 та *Saccharomyces cerevisiae* P-87 найбільше забезпечують біосинтез ароматичних речовин поживного середовища та сприяють формуванню високих смако-ароматичних властивостей ферментованого напою.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновано технології ферментованих напоїв з харчовими волокнами та сухих сироватко-солодових сумішей для відновлення та бродіння. Наукові розробки підтверджені 3 патентами України на винахід та 1 на корисну модель.

Розроблено та затверджено проект нормативної документації на «Напої сироваткові» (ТУ У 15.5-02070938111:2011) та «Технологічну інструкцію по виробництву напоїв сироваткових». Технологія ферментованих сироваткових напоїв апробована у промислових умовах на ПАТ «Канівський маслосирзавод» (Черкаська обл.) та ПрАТ «КАГМА» (Київська обл.).

Особистий внесок здобувача полягає у підборі, систематизації та аналізі літературних даних за темою дисертаційної роботи, плануванні та проведенні експериментальних досліджень, обробці та узагальненні отриманих результатів. Розроблення технології ферментованих напоїв, аналіз та теоретичне обґрунтування досліджень, підготовку матеріалів до публікації проведено спільно із науковим керівником к.т.н., доц. Грек О.В.

Ряд експериментальних досліджень проведено на кафедрі біотехнології продуктів бродіння і виноробства НУХТ за наукової підтримки д.т.н., проф. Прибильського В.Л. та кафедрі технологічного обладнання і комп'ютерних технологій проектування. Дослідження форм зв'язків вологи ХВ з водою та молочною сироваткою проведено за участю к.х.н. Лантуха Г.В. Визначення продуктивності різних рас дріжджів при зброджуванні сироватко-солодового суслу проведено на базі «Інституту харчової біотехнології і геноміки» НАН України. Ідентифікацію побічних та вторинних продуктів бродіння ферментованих сироватко-солодових напоїв проведено в лабораторії газової хроматографії ПНДЛ НУХТ.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та обладнання харчових виробництв», (м. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Біотехнологія ХХІ століття» (м. Київ, НТУ КПП, 2012 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Україна – Болгарія – європейський союз: сучасне становище і перспективи» (Варненський економічний університет, 2012 р.), Міжнародному науково-практичному форумі «Наука і бізнес – основа розвитку економіки» (м. Дніпропетровськ, ДНУ, 2012 р.), 76–79-й наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ (м. Київ, НУХТ, 2010–2013 рр.), Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених і студентів «Мембранні процеси та обладнання в інноваційних технологіях харчових виробництв» (м. Київ, НУХТ, 2012 р.), XI Міжнародній науково-практичній конференції «Иновационные технологии в пищевой промышленности», (республіка Білорусь, м. Мінськ, 2012 р.), The Second North and East European Congress on Food (NEEFood-2013, NUFT, Kyiv, Ukraine).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 23 наукові праці, зокрема 7 у фахових виданнях, у тому числі 2 статті у іноземних фахових

виданнях, 10 тез доповідей на наукових та науково-практичних конференціях, отримано 3 патенти України на винахід та 1 на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і 9 додатків. Робота викладена на 155 сторінках друкованого тексту, містить 47 рисунків, 31 таблицю. Список використаних джерел включає 239 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, зв'язок із науковими програмами, визначено мету і завдання досліджень, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, особистий внесок автора, апробацію результатів роботи.

У першому розділі «Сучасний стан та перспективи виробництва ферментованих напоїв» проаналізовані тенденції розроблення технологій безалкогольних ферментованих напоїв та надано характеристику їх асортименту. На основі аналітичного огляду встановлено доцільність перероблення молочної сироватки на безалкогольні напої бродіння. Розглянуто сучасні види харчових волокон різного походження (Citri-Fi та яблучний пектин в клітковині) з відповідними функціонально-технологічними властивостями для збагачення ферментованих напоїв. Проаналізовано способи підготовки суслу з підвищеною в'язкістю та надано характеристику різних видів дріжджів. Сформульовано основні завдання досліджень та обрано можливі шляхи їх вирішення.

У другому розділі «Організація, методологія та методи проведення досліджень» охарактеризовано об'єкт та предмет досліджень, наведено схему їх проведення. Органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники ферментованих напоїв визначали за стандартними методами. Форми зв'язку вологи досліджували шляхом аналізу спектрів на ІЧ-Фур'є електрофотометрі; ідентифікацію летких речовин ферментованих сироватко-солодових сусел проводили газохроматографічним методом за методикою визначення вищих спиртів C₁-C₅, що розроблена у ПНДЛ НУХТ із комп'ютерною реєстрацією сигналу і обробкою хроматограм у програмі «Хромпроцесор»; кількість дріжджових клітин – з підфарбуванням розчином Люголя визначали прямим підрахунком в камері Горяєва; вміст редуруючих речовин – йодометричним методом; динамічну в'язкість – з допомогою віскозиметра Геплера; ступінь синерезису – методом центрифугування; вміст амінного азоту – йодометричним методом; органолептичний аналіз ферментованих напоїв визначали профільним методом з використанням дескрипторів за п'ятибальною шкалою.

Точність отриманих результатів забезпечується трьох-п'ятикратною повторюваністю дослідів. Математичне оброблення результатів досліджень виконано з використанням пакету MathCad 15. Графічне представлення експериментальних даних здійснено за допомогою програм Microsoft Excel 2010, КОМПАС 3D V12, CorelDRAW X5.

У третьому розділі «Дослідження властивостей сусла з підвищеною в'язкістю та технологічних параметрів його ферментації» обґрунтовано додавання харчових волокон Citri-Fi та ЯПК до сусла з метою збагачення полісахаридними комплексами та надання необхідної в'язкості напоям бродіння. Досліджено розчинність та вологоутримуючу здатність харчових волокон, що характеризує можливості рослинних інгредієнтів підвищувати в'язкість сусла та надавати повноту смаку. Встановлено, що показник розчинності Citri-Fi в сироватці ($(70,0 \pm 2,1) \%$), вищий, порівняно з ЯПК, для якого даний показник становить $(33,0 \pm 0,99) \%$. Подібну тенденцію спостерігали і при визначенні вологоутримуючої здатності ХВ для Citri-Fi: у воді значення – $(96,0 \pm 2,88) \%$, сироватці – $(95,0 \pm 2,85) \%$, а для ЯПК відповідно у воді значення – $(90,0 \pm 2,70) \%$, у сироватці $(84,0 \pm 2,52) \%$. Така закономірність пов'язана з хімічним складом досліджених ХВ: в Citri-Fi пектинових речовин – 0,2 %, клітковини, що пройшла механічну обробку, а саме шляхом розкриття і розчинення структури комірок волокна – 75,3 %, а в ЯПК – відповідно вище зазначених складових – 7,97 % та 18,89 %, що свідчить про здатність підвищувати в'язкість сусла.

Методом ІЧ-спектроскопії визначено вплив харчових волокон на форми зв'язку води в сумішах на основі молочної сироватки. При порівнянні віднесення смуг пропускання ІЧ-спектрів різних ХВ, виявлено, що найвищі вологозв'язуючі властивості та сорбційну здатність до води мали Citri-Fi (рис. 1).

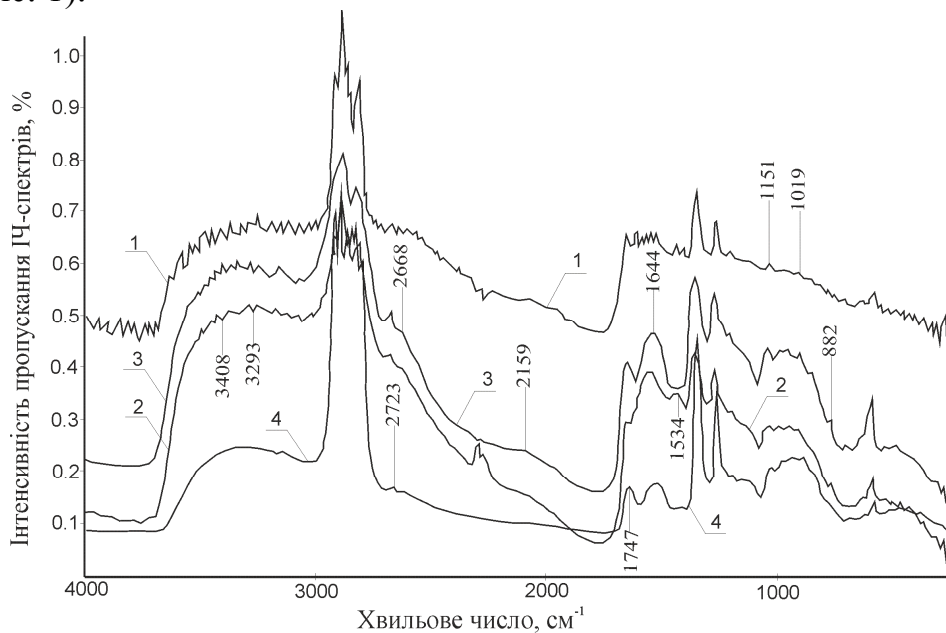


Рисунок 1 – Інфрачервоні спектри пропускання:

- 1 – суха молочна сироватка; 2 – Citri-Fi; 3 – суміш води з Citri-Fi;
4 – суміш сироватки з Citri-Fi

Безперервність поглинання води спектрів сумішей з Citri-Fi в смугах 2668 та 2723 cm^{-1} свідчить про наявність міцних водневих зв'язків і високу концентрацію рухливого протону, що досягається в першу чергу завдяки відкритій і розширеній структурі комірки апельсинового харчового волокна.

Спектральні прояви таких зв'язків виявлено в зразку суміші води з Citri-Fi (3) (смуга 2159 cm^{-1}). Відносна інтенсивність смуг води найбільша в спектрі суміші води з Citri-Fi (2), в якому крім H^+ -форми карбоксильної групи фіксується і солева (смуга 1534 cm^{-1}). ІЧ-спектри для води та молочної сироватки з ЯПК мали нижчі показники, а саме поглинання в області $3400\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$, що свідчить про слабо H^+ -зв'язані OH групи і, як наслідок, про нижчу сорбційну здатність до води даних рослинних інгредієнтів. З точки зору технології, вище зазначена інформація свідчить про необхідність попередньої підготовки ХВ перед внесенням в молочну сироватку для забезпечення контрольованих в'язкісних характеристик.

Визначено оптимальний склад та режими приготування суслу з підвищеною в'язкістю. За допомогою прикладного математичного пакету MathCad 15 були побудовані тривимірні регресійні моделі, які адекватно описують зміну динамічної в'язкості сироваткових сумішей з ЯПК та Citri-Fi для внесення в основний об'єм сироватки. Графічне зображення залежності показника динамічної в'язкості від кількості ХВ та температури їх набухання представлено на рис. 2.

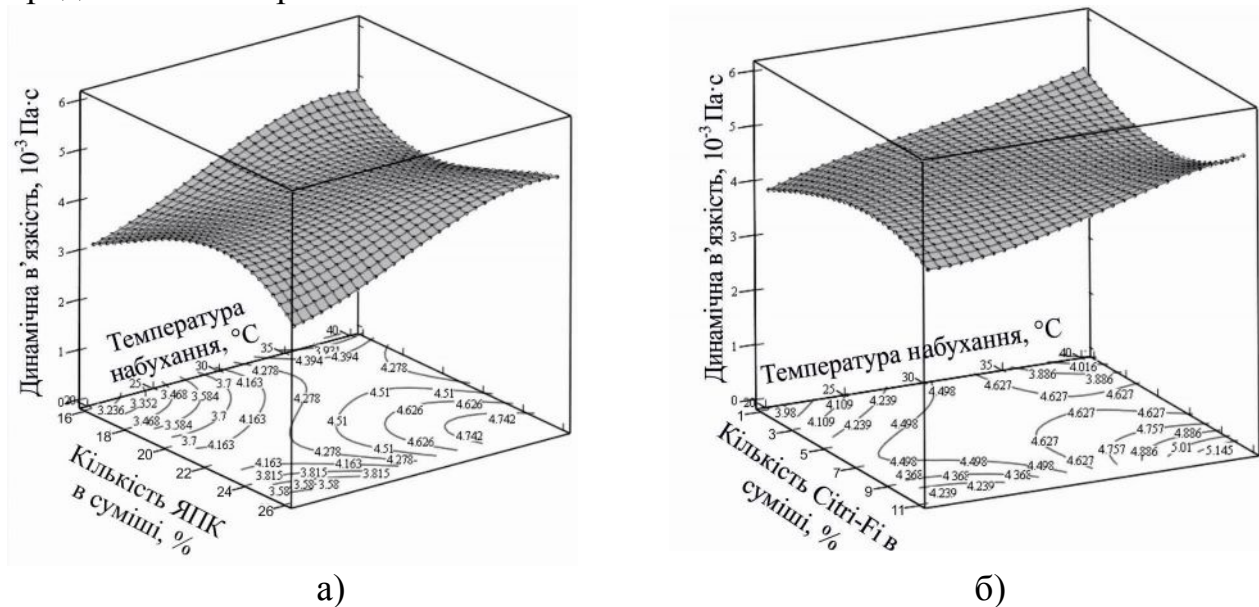


Рисунок 2 – Графічне зображення математичних моделей динамічної в'язкості сироваткових сумішей з додаванням ЯПК (а) та Citri-Fi (б) залежно від кількості та температури набухання ХВ

Згідно результатів досліджень, для сироваткової суміші оптимальна кількість Citri-Fi – $3\text{--}5\%$; ЯПК – $20\text{--}22\%$; тривалість перемішування – $10\text{--}15$ хв; температура набухання – $35\text{--}40\text{ }^\circ\text{C}$. Крім того, аналогічним методом було визначено, що для приготування суслу з підвищеною в'язкістю оптимальна кількість сироватко-рослинної суміші, що вноситься до сироватки – $10\text{--}15\%$, температура внесення – $50\text{--}60\text{ }^\circ\text{C}$, тривалість перемішування – $8\text{--}10$ хв. За даних умов показник динамічної в'язкості становить $(2,64\text{--}2,68)\cdot 10^{-3}\text{ Pa}\cdot\text{s}$ (контроль – квас неосвітлений з динамічною в'язкістю до $2,55\cdot 10^{-3}\text{ Pa}\cdot\text{s}$). Технологічну функцію – підвищення в'язкості, – надають всі

вище вказані рослинні інгредієнти. Проте збагачення ХВ в функціонально-технологічних кількостях для організму забезпечує ЯПК.

Проведено підбір культур дріжджів та визначено режими бродіння сироваткового суслу (різних способів підготовки) з підвищеною в'язкістю за наступними показниками: генеративною здатністю (накопиченням дріжджових клітин), бродильною активністю (кількістю діоксиду вуглецю, етилового спирту) та органолептичними характеристиками зброженого суслу.

Досліджені основні закономірності накопичення лактозоброджувальних дріжджів *Zygosaccharomyces lactis* 868-K, *Kluuveromyces lactis* 2452, *Saccharomyces lactis* 95, *Kluuveromyces lactis* 469 при ферментації сироваткового суслу підвищеної в'язкості протягом 36 год (рис. 3). Контроль – пермеат сироватки з-

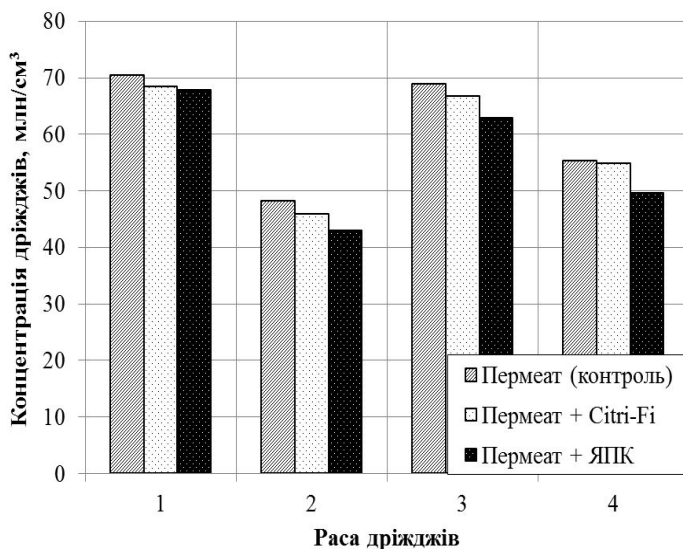


Рисунок 3 – Концентрація клітин дріжджів у зброженому суслі підвищеної в'язкості різними расами дріжджів:

- 1 – *Zygosaccharomyces lactis* 868-K;
- 2 – *Kluuveromyces lactis* 2452;
- 3 – *Kluuveromyces lactis* 469;
- 4 – *Saccharomyces lactis* 95

них расою *Zygosaccharomyces lactis* 868-K та *Kluuveromyces lactis* 469. При цьому концентрація дріжджових клітин становила 67,8...70,5 та 62,8...68,9 млн/см³. Найвищі органолептичні показники мало сусло зброжене дріжджами *Kluuveromyces lactis* 469. Таким чином, доведено, що при ферментації сироваткового суслу з ХВ, процес бродіння уповільнювався несуттєво, що свідчить про можливість зброжування сироваткового суслу з підвищеною в'язкістю та розробку відповідних технологій ферментованих напоїв.

Визначено раціональну температуру ферментації суслу з різними ХВ – 30...32 °С, при якій спостерігалась найбільша кількість накопиченого етилового спирту (контроль сусло без ХВ – 1,02 % об.). Присутність ХВ різного походження в суслі призводить до зниження активності дріжджових клітин, і, як результат, зменшення кількості етилового спирту. Так, найменша його

під сиру кислomолочного без додавання ХВ (рН 4,4) та вмістом амінного азоту – (27,3±1,37) мг/100 см³ суслу. Підтверджено, що дріжджові клітини активніше розвиваються в пермеаті без ХВ. Це пов'язано з ускладненням процесу утилізації вуглеводів в присутності нерозчинних сполук (клітковини, лігніну), які входять до складу ХВ. Приріст дріжджових клітин становив від 42,9 до 70,5 млн/см³ суслу залежно від виду дріжджів. В зразку з Citri-Fi кількість накопичених дріжджових клітин була нижчою на 3...5 % у порівнянні з контролем. Найбільший приріст дріжджів спостерігали в зразках ферментова-

кількість накопичилась в сироваткових суслах з ЯПК – 0,9 % об., найбільша з Citri-Fi – 0,93 % об. (при 32 °С), що було враховано при раціоналізації режимів технології напоїв бродіння.

Досліджено вплив підготовки молочної сироватки шляхом внесення ХВ, освітлення та ультрафільтрації на процес бродіння (рис. 4). При цьому змінювався початковий вміст сухих речовин сусла: в пермеаті – 5,1 %; освітленій сироватці – 5,6 %; нативній сироватці – 6,2 %; з Citri-Fi 6,5 %; з ЯПК – 8,2 %. Ферментацію проводили протягом 36 год використовуючи расу лактозоброджувальних дріжджів *Kluveromyces lactis* 469, яку обрано з урахуванням попередніх досліджень.

Найвищу бродильну активність мали дріжджі в збродженому суслі на основі пермеату. Так, за 36 год бродіння виділилось 2,5 г діоксиду вуглецю на 100 см³ сусла. Менше CO₂ утворилось в суслі на основі освітленої молочної сироватки – 2,25 г/100 см³. Найнижчу активність виявили дріжджі при збродженні сусла з ЯПК. При цьому за весь час бродіння виділилось 1,64 г діоксиду вуглецю на 100 см³ сусла.

При збродженні сироваткового сусла дріжджами виду *Saccharomyces cerevisiae* використовували гідроліз лактози ферментним препаратом «GODO-YNL2», що містить лактазу дріжджів *Kluveromyces lactis*. Рекомендована виробником кількість внесення препарату становить 1,0 г/дм³. При уточненні режимів ферментативного гідролізу в молочній сироватці з харчовими волокнами при різних значеннях рН (5,5...7,0) та температур (25, 30 та 35 °С), встановлено, що оптимальною активною кислотністю молочної сироватки є рН 6,0...6,5, температура 30 °С при цьому гідролізується 55...60 % лактози за 4...5 год. Для забезпечення умов бродіння дріжджами проводили регулювання рН сусла кислою сироваткою.

При дослідженні динаміки збродження отриманого сусла з підвищеною в'язкістю та гідролізованою лактозою дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* P-87 (рис. 5) встановлено, що найінтенсивніше приріст дріжджових клітин відбувався з 6 по 24 год культивування (45,0...66,3 млн/см³). Найбільше накопичення клітин спостерігали для сусла з гідролізованою лактозою без ХВ (контроль) –

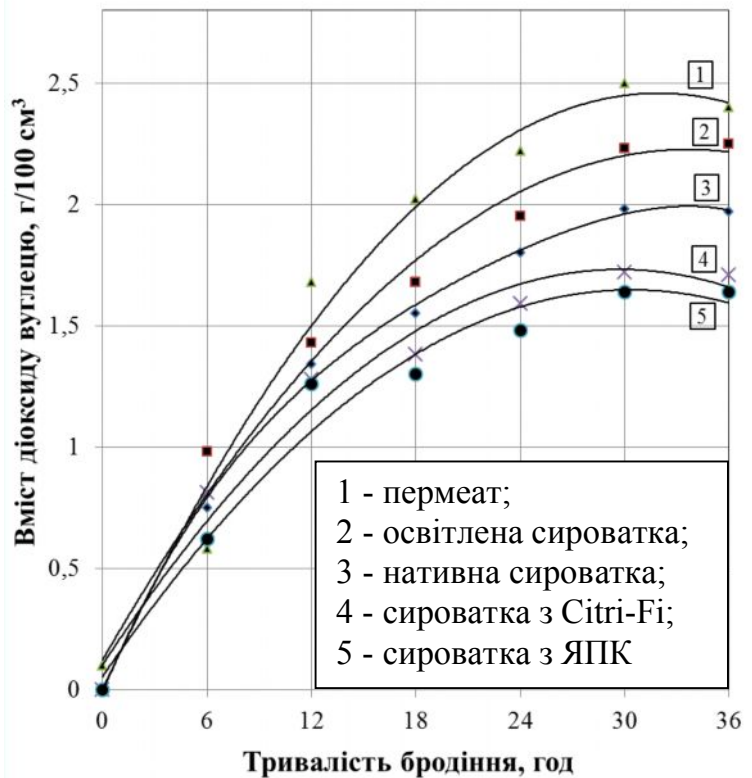


Рисунок 4 – Вміст діоксиду вуглецю в збродженому суслі на основі сироватки різних способів оброблення

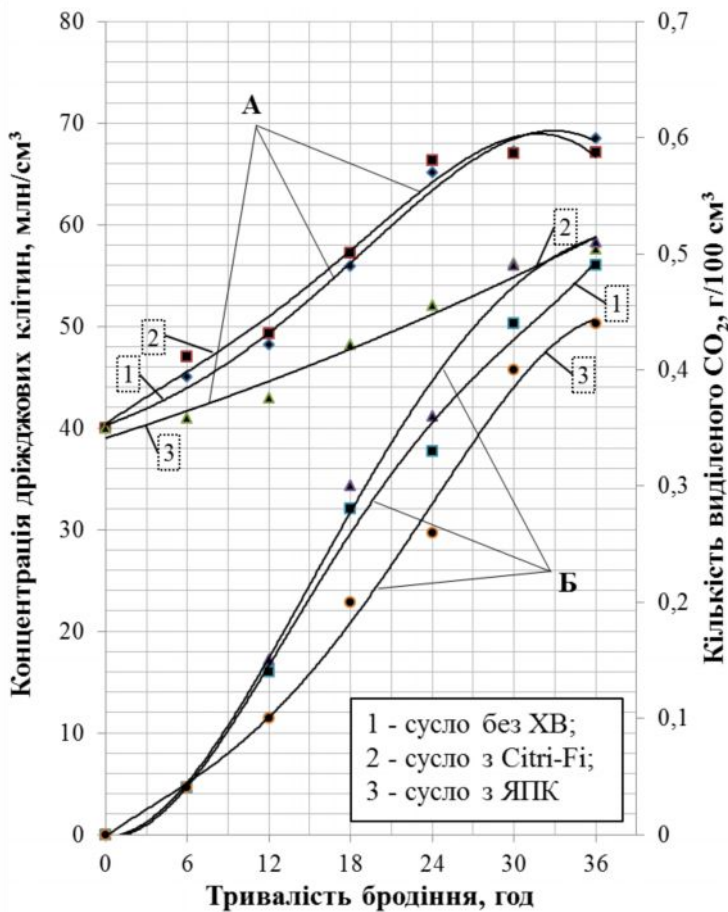


Рисунок 5 – Зміна концентрації дріжджових клітин *Saccharomyces cerevisiae* P-87 (А) та кількості виділеного діоксиду вуглецю (Б) за час бродіння різних видів сусла з гідролізованою лактозою

68,5 млн/см³ на 36 год бродіння. Це свідчить про те, що з додаванням ХВ відбувається певне пригнічення розвитку дріжджів, що пов'язане з присутністю колоїдних речовин та осаду нерозчинних компонентів ХВ, а також імовірною адсорбцією на них клітин. Однак загалом це не суттєво впливало на вище вказані показники бродіння сусла. Концентрація життєздатних дріжджових клітин в суміші з Citri-Fi в кінці бродіння становила 67,1 млн/см³, що було вище на 17 % порівняно з аналогічним показником сусла з ЯПК. Аналіз накопичення діоксиду вуглецю (на 36 год культивування максимальне значення - 0,51 г/100 см³) при зброджуванні гідролізованого сироваткового сусла без ХВ дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* P-87 фіксує найвищу інтенсивність процесу бродіння.

Таким чином, в результаті експериментальних досліджень підібрані наступні раси дріжджів: *Saccharomyces cerevisiae* P-87 і *Kluveromyces lactis* 469 з раціональними режимами зброджування сироваткового сусла з підвищеною в'язкістю. Отримані дані використані при розробленні технології ферментованих напоїв.

У четвертому розділі «Дослідження процесу ферментації відновлених сироватко-солодових сумішей» доведено можливість використання сумішей сироватки та подрібненого ферментованого житнього солоду в технології напоїв бродіння. Підібрані раси дріжджів, визначені раціональні режими відновлення та зброджування сусла.

Для приготування сухих сумішей під час підбору оптимального співвідношення сухих солоду та сироватки керувались їх хімічним складом, розчинністю та органолептичною оцінкою з урахуванням джерел вуглеводного живлення різними видами дріжджів. В результаті досліджень виявлено, що раціональним співвідношенням сухих солоду до сироватки є 1:2...1:3. Для уточнення визначено продуктивність лактозоброджувальних дріжджів *Kluveromyces lactis* 469 та *Saccharomyces cerevisiae* P-87 культивованих в суслі

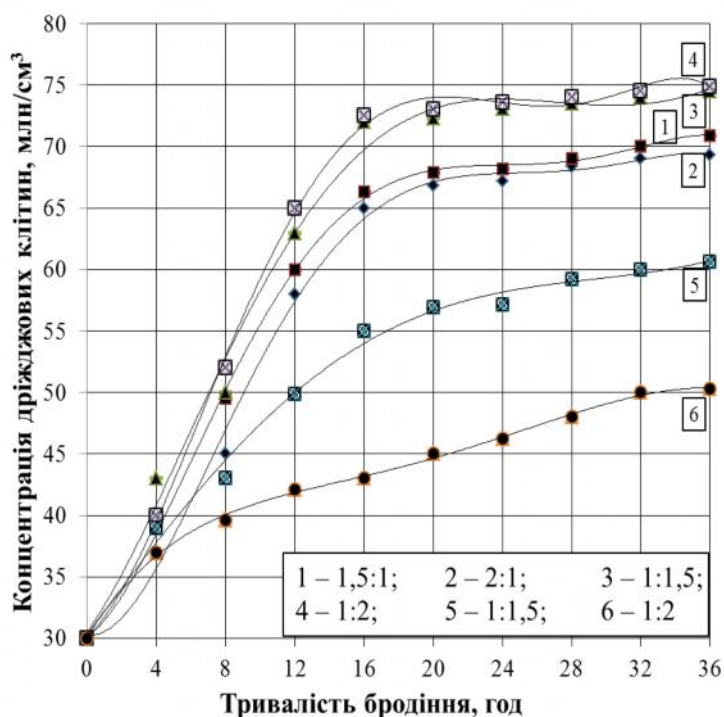


Рисунок 6 – Динаміка накопичення дріжджових клітин при зброджуванні відновленої суміші з різним співвідношенням солод:сироватка

сусла з відновлених сумішей і зброджених *Saccharomyces cerevisiae* P-87 у співвідношенні солод: сироватка 1:1,5 та 1:2 становили 50,3 та 60,6 млн/см³, що свідчить про високу бродильну активність вуглеводів ферментованого житнього солоду. На основі проведених досліджень рекомендовано для подальшого використання в технології ферментованих сироватко-солодових напоїв співвідношення солод: сироватка 1:2 для зброджування вище вказаними видами дріжджів.

Досліджено бродильну активність різних рас дріжджів в сироватко - солодовому суслі за кількістю накопиченого етилового спирту та рівнем утилізації цукрів в процесі бродіння (рис. 7). Зброджування сусла проводили протя-

на основі відновлених сумішей з різним співвідношенням солоду та молочної сироватки (рис. 6). Масова частка сухих речовин у дослідних зразках становила 10%. Температура бродіння 30 °С. Найбільший приріст дріжджових клітин *Kluyveromyces lactis* 469 (72 та 73 млн/см³ відповідно) спостерігали при співвідношенні солод:сироватка 1:1,5 та 1:2 на 20 год бродіння. В середовищах приготовлених на основі відновленої суміші та зброджених з співвідношенням солод:сироватка 1,5:1 та 2:1 приріст клітин був суттєво нижчим і становив відповідно 45 та 57 млн/см³, що пояснюється недостатньою кількістю вуглеводів (лактози) для розвитку клітин. Відповідні значення для

Saccharomyces cerevisiae P-87 у співвідношенні солод: сироватка 1:1,5 та 1:2 становили 50,3 та 60,6 млн/см³, що свідчить про високу бродильну активність вуглеводів ферментованого житнього солоду. На основі проведених досліджень рекомендовано для подаль-

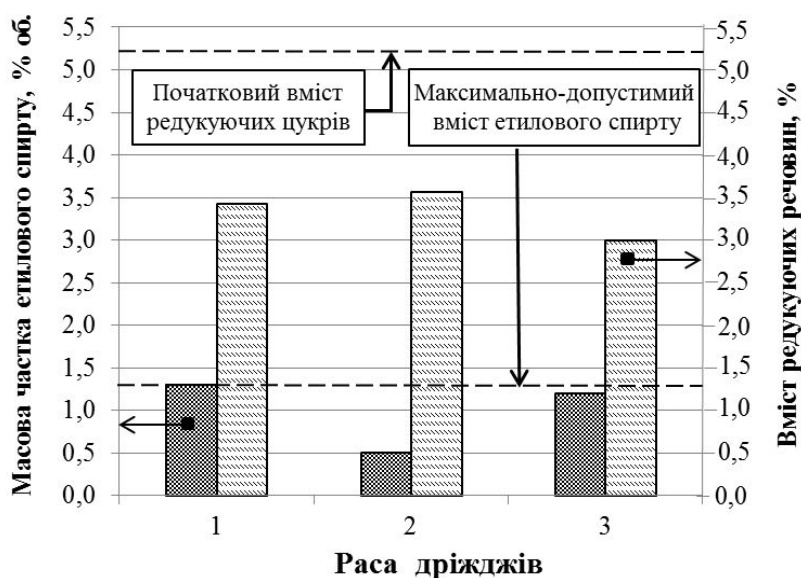


Рисунок 7 – Кількість етилового спирту та вміст редукуючих речовин в збродженому суслі при використанні різних рас дріжджів: 1 – *Saccharomyces cerevisiae* P-87; 2 – *Kluyveromyces lactis* 469; 3 – *Saccharomyces lactis* 95

гом 36 год при 30 °С (рН сусла 4,55). Встановлено, що в результаті зброджування всіх зразків сусла кількість редуруючих речовин знизилась на 28...40 %, порівняно з початковим значенням. Це свідчить про часткову утилізацію вуглеводів як сироватки, так і солоду. Кількість накопиченого етилового спирту є достатньою для ферментованих напоїв, тому доцільним є скорочення тривалості бродіння.

При порівнянні продуктивності лактозозброджувальних дріжджів та сахароміцетів при культивуванні в сироватко-солодовому суслі, виявлено, що кількість накопичених дріжджових клітин *Saccharomyces cerevisiae* P-87 вища, порівняно з *Kluveromyces lactis* 469. Сумісне зброджування даними расами дріжджів практично не впливало на процес бродіння.

Встановлено вплив різних рас дріжджів на смакоароматичний профіль ферментованих сироватко-солодових напоїв за допомогою дескрипторно-профільного методу дегустаційного аналізу. Проведено аналіз смакового поєднання ферментованого житнього солоду та молочної сироватки. Складено смакоароматичні профілі напоїв, що можуть бути використані для оцінки їх якості при промисловому виробництві.

Органолептичні властивості у вигляді смакоароматичних профілів для сироватко-солодових напоїв ферментованих різними видами дріжджів представлено на рис. 8.

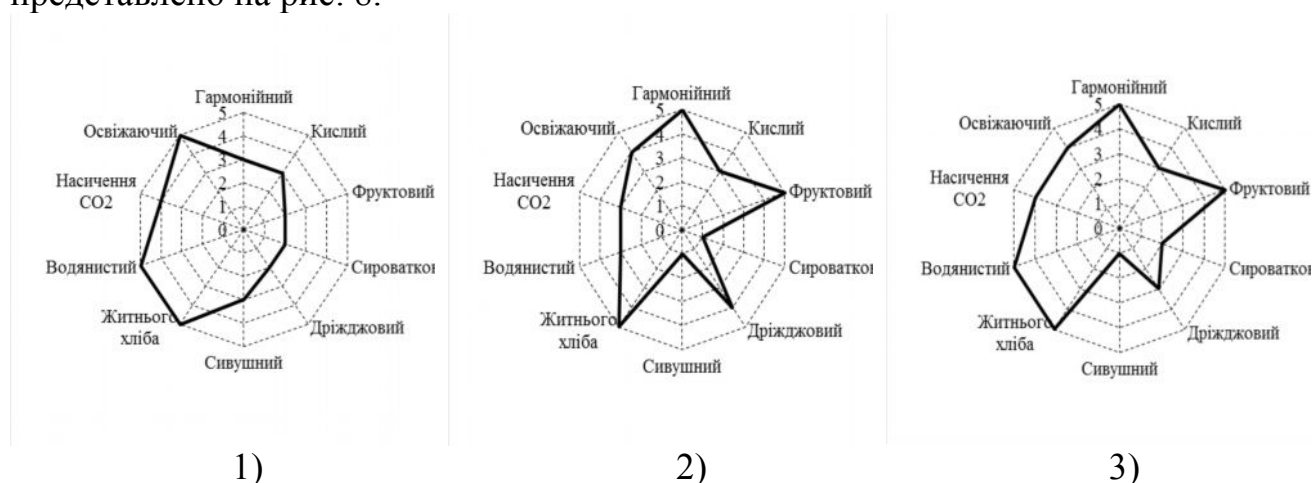


Рисунок 8 – Профілограми смаку і аромату ферментованих сироватко-солодових напоїв різними расами дріжджів: 1 – *Saccharomyces cerevisiae* P-87; 2 – *Kluveromyces lactis* 469; 3 – *Saccharomyces lactis* 95

Сироватко-солодовий напій, зброджений дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* P-87, має найбільш гармонійно збалансований смак та виражений освіжаючий аромат житнього хліба з фруктовими тонами. Спостерігається зростання інтенсивності ароматичного комплексу зразків з дріжджами *Saccharomyces lactis* 95 та *Kluveromyces lactis* 469, що свідчить про високі органолептичні показники напоїв.

За допомогою газохроматографічного аналізу досліджено вміст вторинних продуктів бродіння у сироватко-солодовому суслі, зброженому різними расами дріжджів (табл. 1).

Таблиця 1 – Вміст вторинних продуктів бродіння у зброженому сироватко-солодовому суслі при використанні різних рас дріжджів

Леткий компонент, мг/дм ³	Раса дріжджів		
	<i>Saccharomyces lactis</i> 95	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> P-87	<i>Khuyveromyces lactis</i> 469
ацетальдегід	229,04±11,45	32,05±1,60	172,48±8,62
метилацетат	6,69±0,33	11,72±0,59	8,03±0,40
етилацетат	186,12±9,31	92,17±4,61	498,17±24,91
н-пропанол	157,53±7,88	9,89±0,50	33,29±1,66
ізобутанол	261,80±13,09	27,39±1,40	32,27±1,61
2-метил-1-бутанол	20,78±1,04	52,29±2,61	6,24±0,31
3- метил-1-бутанол	173,52±8,68	207,19±10,36	17,56±0,88

Встановлено, що концентрації метилацетату – (11,72±0,59) мг/дм³ й етилацетату – (92,17±4,61) мг/дм³ у суслі, зброженому дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* P-87 є оптимальними для формування гармонійного смаку і аромату ферментованого напою.

У п'ятому розділі «Розробка технології та визначення якісних показників ферментованих сироваткових напоїв» представлено технології ферментованих напоїв з ХВ (на основі пермеату та гідролізованої молочної сироватки) та сухих сумішей для відновлення з подальшим зброджуванням.

Апаратурно-технологічна схема виробництва ферментованих сироваткових напоїв з підвищеною в'язкістю (гідролізованою та негідролізованою лактозою) та сироватко-солодового напою з відновленої суміші представлена на рис. 9.

Згідно розробленої технології ферментованих напоїв з підвищеною в'язкістю на першому етапі готують сироватко-рослинну суміш. Молочну сироватку з-під сиру кисломолочного (рН 4,0...4,6) змішують з ХВ при (30±2) °С в кількості: ЯПК – 22...22 %, Citri-Fi – 3...5 %. Отримані суміші перемішують протягом 10...15 хв та піддають набуханню при температурі 35...40 °С. Для приготування суслу до сироватки за температури 50...60 °С додають підготовлену сироватко-рослинну суміш в кількості 10...15 % та перемішують протягом 8...10 хв. Після теплової обробки за температури (74±2) °С з витримкою 15...20 с, сусло охолоджують до температури 30...32 °С, вносять чисту культуру дріжджів та зброджують до зниження вмісту СР на 1,0...1,5 % з накопиченням етанолу 0,3...0,6 % об. та рН 3,5...3,7. Далі напій фільтрують, охолоджують та направляють на розлив.

В технології ферментованого напою з гідролізованою лактозою використовують молочну сироватку із рН 6,0...6,5, в яку додають ХВ та ферментний препарат «GODO-YNL2» у кількості 0,75...1,0 г/дм³. Гідроліз проводять до зниження кількості лактози не менше як на 55...60 %. Для регулювання опти-

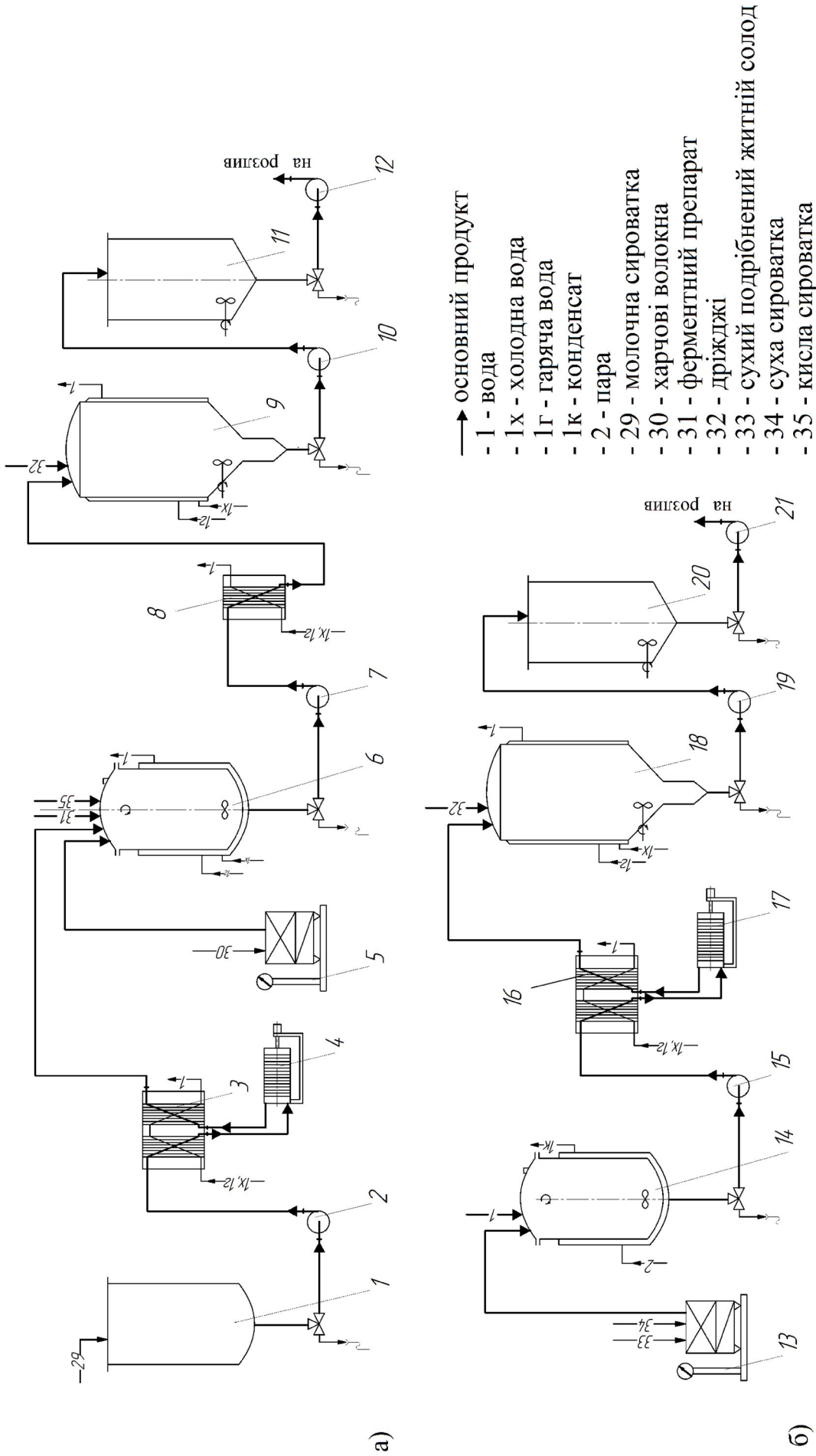


Рисунок 9 – Апаратурно-технологічна схема виробництва ферментованого сироваткового напою (а) з гідролізованою лактозою та підвищеною в'язкістю та сироватко-солодового (б) з відновленої суміші: 1 □ збірник молочної сироватки; 2, 7, 10, 12, 15, 19, 21 □ насос; 3, 8, 16 □ теплообмінник; 4, 17 □ фільтр; 5, 13 □ ваги; 6, 14 □ настійний апарат; 9, 18 □ бродильний апарат; 11, 20 □ збірник готового напою

мальних для бродіння показників активної кислотності рН (4,0...4,5) до суслу вносять до 10 % кислої молочної сироватки. Інактивацію ферментів проводять пастеризацією суслу при температурі (74 ± 2) °С протягом 15...20 с.

При використанні сухої суміші проводять відновлення за загальноприйнятим способом. Отриману відновлену суміш поступово нагрівають до 78...80 °С при постійному перемішуванні та витримують протягом 60 хв. Далі суміш охолоджують до 25...30 °С і декантують для звільнення від денатурованих білків молочної сироватки та осаду солоду. В отримане сусло вносять закваску з дріжджами в кількості 5 % від його об'єму при концентрації клітин не менше 40 млн/см³. Початковий вміст СР 7,0...8,5 %. Зброджують сусло до зниження показника активної кислотності (рН 3,7), вмісту СР на 1,0...1,5 % з накопиченням етанолу до 1,2 % об. Далі напій фільтрують, охолоджують та направляють на розлив.

За зміною органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних та реологічних показників обґрунтовано термін зберігання готової продукції – за температури 0...6 °С – 7 діб з моменту виготовлення для ферментованих напоїв у ПЕТ-пляшках.

В результаті проведеної комплексної оцінки якості ферментованих напоїв за збалансованістю білків та харчовою цінністю, встановлено, що коефіцієнт утилітарності лежить в межах 49,428...54,817, а надлишковості – 0,459...0,542 для всіх ферментованих напоїв. Отримані показники свідчать про високі збалансованість та рівень засвоюваності незамінних амінокислот, ефективну їх утилізацію і направленість на анаболітичні потреби організму та енерговитрати. Енергетична цінність ферментованого сироватко-солодового напою склала 2020,12 кДж, що вище порівняно з напоєм з ЯПК – 1108,30 кДж. В ферментованому напої з Citri-Fi енергетична цінність становить 669,56 кДж. Цінність застосованих рослинних інгредієнтів полягає в збагаченні ХВ, що сприяє нормалізації складу мікрофлори кишківника, стимулюванні його моторної функції, позитивному впливу на ліпідний обмін, виведенню токсичних речовин з організму.

У додатках дисертації представлено допоміжні таблиці, інформаційні дані про розроблені патенти, нормативні документи, довідки та акти промислової апробації технологій на підприємствах харчової промисловості.

ВИСНОВКИ

На основі проведених аналітичних та експериментальних досліджень розроблена технологія ферментованих напоїв з харчовими волокнами та з сухих сироватко-солодових сумішей. Основні результати проведених досліджень наступні:

1. Обґрунтовано для ферментованих напоїв вибір рослинних інгредієнтів, що містять ХВ – Citri-Fi та ЯПК за технологічними властивостями: вологоутримуючою здатністю ($(95,0 \pm 2,85) \%$ і $(84,0 \pm 2,52) \%$), розчинністю ($(70,0 \pm 2,1) \%$ і $(33,0 \pm 0,99) \%$), та дослідженням ІЧ-спектрів сироваткових сумішей. З використанням математичного моделювання встановлено оптимальну кількість сироватко-рослинної суміші для введення в основний

об'єм сироватки з температурою – 50...60 °С, що складає 10...15 %, при перемішуванні протягом 8...10 хв. За даних умов показник динамічної в'язкості суслу становив $2,64...2,68 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

2. Підібрано лактозозбоджувальні раси дріжджів для ферментації суслу з ХВ. Відмічено, що раса *Kluveromyces lactis* 469 при температурі – 30...32 °С має високі показники бродіння: концентрація дріжджових клітин – 62,8...68,9 млн/см³, кількість етилового спирту – 0,9...1,02 % об. та діоксиду вуглецю відповідно 1,64...2,5 г/100 см³ суслу на 36 год бродіння.

3. Уточнено параметри гідролізу лактози: температура – 30 °С, тривалість – 4...5 год, рН 6,0...6,5. При кількості ферментного препарату «GODO-YNL2» 1,0 г/дм³ гідролізується 55...60 % лактози. Доведено необхідність регулювання активної кислотності суслу сироваткою з рН 3,5. Встановлено, що при зброджуванні суслу з харчовими волокнами расою *Saccharomyces cerevisiae* P-87 кількість дріжджової біомаси становить 57,6...67,1 млн/см³, вміст діоксиду вуглецю – 0,44...0,49 г/100 см³.

4. Для сухих сумішей встановлено оптимальне співвідношення солод:сироватка 1:2 з подальшим відновленням та зброджуванням. Доведено можливість ферментації відновлених сумішей расами дріжджів *Kluveromyces lactis* 469, *Saccharomyces lactis* 95 та *Saccharomyces cerevisiae* P-87, які мають високі технологічні властивості. При їх використанні кількість етилового спирту становить 0,5...1,3 % об., вміст редуруючих речовин знизився на 28...40 % порівняно з початковим.

5. За допомогою газохроматографічного аналізу зроблено порівняльну оцінку вмісту летких речовин у сироватко-солодовому суслі, зброженому різними расами дріжджів. Доведено, що при використанні *Saccharomyces cerevisiae* P-87 концентрація ароматичних сполук в зброженому суслі (метил- та етилацетату) є оптимальною для формування гармонійного смаку і аромату ферментованого напою.

6. Доведено, що високі органолептичні показники мають ферментовані напої як з харчовими волокнами, так і сироватко-солодові. За фізико-хімічними та мікробіологічними показниками встановлено тривалість зберігання ферментованих напоїв – 7 діб за температури (4±2) °С.

7. Розроблено технологію ферментованих напоїв з харчовими волокнами та з сухих сироватко-солодових сумішей. Обґрунтованість технологічних параметрів підтверджена промисловою апробацією у виробничих умовах ПАТ «Канівський маслосирзавод» (Черкаська обл.) та ПрАТ «КАГМА» (Київська обл.). Розроблено та затверджено нормативно-технічну документацію (проект) «Напої сироваткові» (ТУ У 15.5-02070938111:2011 та ТП).

8. Соціально-економічна ефективність виробництва розроблених напоїв зумовлена екологічним ефектом перероблення побічного молочного ресурсу – сироватки та розширенням асортименту безалкогольних напоїв бродіння. Визначено, що собівартість виробництва 1 т ферментованих напоїв підвищеної в'язкості – 3053,02...5134,12 грн, сироватко-солодових напоїв – 5026,74 грн, що є конкурентною з аналогічними показниками квасу.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Грек О.В. Напої на основі молочної сироватки з пророщеними злаками / О.В. Грек, О.О. Красуля // Обладнання та технології харчових виробництв / Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – 2011. – Вип. 27. – С. 366-370.
2. Грек О.В. Сироваткові напої з вологозв'язуючими рослинними інгредієнтами / О.В. Грек, О.О. Красуля // Продовольча індустрія АПК. – 2012. – №4. – С. 28-30.
3. Грек О.В. Сухі суміші сироватки з солодом для ферментованих напоїв / О.В. Грек, О.О. Красуля // Обладнання та технології харчових виробництв / Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – 2012. – Вип. 29. – С. 190-194.
4. Грек О.В. Застосування лактозброджуючих дріжджів в технології ферментованих сироваткових напоїв підвищеної в'язкості / О.В. Грек, О.О. Красуля // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – 2012. – Вип. 131. – С. 297-301.
5. Грек О.В. Гідроліз лактози молочної сироватки з харчовими волокнами / О.В. Грек, О.О. Красуля // Продовольча індустрія АПК. – 2013. – №1. – С. 38-40.
6. Грек Е.В. Напитки брожения на основе молочной сыворотки / Е.В. Грек, Е.А. Красуля // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья: сб. науч. тр. / РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: А.В. Мелешня (гл. ред.) и др. – Минск, 2012. – Вып. 6. – С. 101-106.
7. Грек Е. Исследование влияния пищевых волокон на формы связи влаги в смесях с молочной сывороткой / Е. Грек, Е. Красуля // Maisto chemija ir technologija. – 2013. – Т.47, Nr. 1. – Р. 15-21.
8. Пат. № 98250 Україна; МПК А 23 С 21/08. Спосіб виробництва білкового напою на основі молочної сироватки // О.В. Грек, О.О. Красуля; заявник та патентокористувач Нац. унів-т харч. техн. – № а 2011 03092; заявл. 16.03.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.
9. Пат. № 98251 Україна; МПК А 23 С 21/08. Спосіб виробництва напою на основі молочної сироватки / О.В. Грек, О.О. Красуля, М.О. Красуля; заявник та патентокористувач Нац. унів-т харч. техн. – № а 2011 03093; заявл. 16.03.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.
10. Пат. № 73848 Україна; МПК А 23 С 21/00. Спосіб виробництва квасу / О.В. Грек, О.О. Красуля, В.Л. Прибильський; заявник та патентокористувач Нац. унів-т харч. техн. – № и 2012 03494; заявл. 23.03.2012; опубл. 10.10.2012, Бюл. № 19.
11. Пат. № 102174 Україна; МПК А 23 С 21/00. Спосіб виробництва сироваткового напою «Квасний» / О.В. Грек, О.О. Красуля; заявник та патентокористувач Нац. унів-т харч. техн. – № а 2012 03486; заявл. 23.03.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11.
12. Грек О.В. Сучасна технологія виробництва сироваткових напоїв з підвищеною в'язкістю / О.В. Грек, О.О. Красуля // Міжнародна науково-

практична конференція [«Сучасні технології та обладнання харчових виробництв»], (Тернопіль, 29-30 вересня, 2011 р.) / ТНТУ ім. І. Пулюя. – Тернопіль. – ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – С. 20-21.

13. Грек О.В. Обґрунтування вибору виду дріжджів для ферментації сироваткових напоїв / О.В. Грек, О.О. Красуля // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей». 22-23 березня 2012 р. – К.: НУХТ, 2012. – С. 48.

14. Красуля Е.А. Ферментированные напитки по типу кваса на основе молочной сыворотки / Е.А. Красуля, Е.В. Грек // Актуальные научные вопросы: реальность и перспективы: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции 26 декабря 2011 г. Часть 1; М-во образования и науки Рос. Федерации. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество». – 2012. – С. 78-80.

15. Красуля Е.А. Экономические аспекты переработки молочной сыворотки в Украине / Е.А. Красуля, Е.В. Грек // «Украина–Болгария – европейский союз: современное состояние и перспективы». Сборник материалов международной научно-практической конференции. Том 1. – Херсон – Варна: Херсон, ПП Вишемирский В.С., 2012. – С. 137-140.

16. Красуля О.О. Сироваткові напої бродіння на основі сухих солодових сумішей / О.О. Красуля, О.В. Грек // Біотехнологія ХХІ століття: Тези доповідей ІV Всеукраїнської науково-практичної конференції (Київ, 5 квітня 2012 р.). – Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут», 2012. – С. 58-59.

17. Красуля О.О. Ферментовані сироваткові напої з харчовими волокнами та гідролізованою лактозою / О.О. Красуля, О.В. Грек // «Наука і бізнес – основа розвитку економіки»: тези доповідей Міжнародного науково-практичного форуму / Д.: ДНУ, 2012. – С. 202-203.

18. Грек О.В. Застосування білкового концентрату в технології сироваткових напоїв / О.В. Грек, Ю.Г. Змієвський, О.О. Красуля // Мембранні процеси та обладнання в інноваційних технологіях харчових виробництв: Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і студ., 27-28 листопада 2012 р. – К.: НУХТ, 2012. – С. 13-14.

19. Грек Е.В. Использование лактобразживающих дрожжей в производстве сывороточно-солодововых напитков / Е.В. Грек, Е.А. Красуля // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 3-4 октября 2012 г. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск, 2012. – С. 74-76.

20. Красуля О.О. Підбір дріжджів для зброджування сироватко-солодового суслу / О.О. Красуля, О.В. Грек // Програма і матеріали другої міжнародної науково-технічної конференції «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей». 20-21 березня 2013 р. – К.: НУХТ, 2013. – С. 86.

21. Chepel N. Influence of lactose fermentative yeast on fermented serum and malt drink parameters / N. Chepel, O. Grek, O. Krasulia // The Second North and Aest Evropean Congress on Food. Book of abstracts. May 26-29, 2013. – NUFT, Kyiv, Ukraine. – P. 86.

Додаткові публікації:

22. Грек О.В. Бродильна активність лактозозброджувальних дріжджів у сироватко-солодовому суслі / О.В. Грек, О.О. Красуля, О.О. Тігунова // Biotechnologia Acta. – V. 6. – No 2. – 2013. – С. 92-96.

23. Chepel N.V. Identification of by-products of fermentation of whey and malt worts / N.V. Chepel, O.V. Grek, O.O. Krasulia // Nauka I studia. – №17 (85). – 2013. – P. 73-80.

Особистий внесок: підбір і аналіз літературних джерел, проведення експериментальних досліджень, аналіз та узагальнення отриманих результатів, підготовка матеріалів до друку [1-7, 12-23], проведення патентного пошуку, розроблення патенту, підготовка матеріалів до патентування [8-11].

АНОТАЦІЯ

Красуля О.О. Технологія ферментованих напоїв з харчовими волокнами. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.05 – технологія цукристих речовин та продуктів бродіння. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2013.

Дисертаційну роботу присвячено розробленню технологій ферментованих напоїв з харчовими волокнами різного походження (апелсьиновими Сitri-Fi та яблучним пектином в клітковині) та на основі сухих сироватко-солодових сумішей. Обґрунтовано доцільність виготовлення ферментованих напоїв на основі молочної сироватки різних способів оброблення. Методом ІЧ-спектроскопії визначено форми зв'язку вологи в сироватко-рослинних сумішах. За технологічними характеристиками та полісахаридним комплексом харчових волокон визначено їх оптимальну кількість для збагачення, підвищення в'язкості напою та надання повноти смаку. За показниками бродильної активності підібрані раси дріжджів та встановлено раціональні режими ферментації сироваткового суслу підвищеної в'язкості.

Розроблено склад сухих сумішей на основі сироватки та солоду житнього ферментованого для виробництва напоїв бродіння. Підібрано раси дріжджів, встановлено раціональні режими відновлення сухої суміші та зброджування суслу. Визначено вміст вторинних продуктів бродіння в суслі зброженому різними расами дріжджів для встановлення їх впливу на смак і аромат напою. Проведено комплексну оцінку харчової цінності ферментованих напоїв. Розроблено та затверджено у встановленому порядку проект нормативної документації на напої.

Ключові слова: ферментовані напої, молочна сироватка, харчові волокна різного походження, солод житній ферментований, сухі сироватко-солодові суміші.

АННОТАЦИЯ

Красуля Е.А. Технология ферментированных напитков с пищевыми волокнами. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.05 – Технология сахаристых веществ и продуктов брожения. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2013.

Диссертационная работа посвящена разработке технологий ферментированных напитков с пищевыми волокнами (апельсиновыми Citri-Fi и яблочным пектином в клетчатке). На основе изучения технологических свойств растительных ингредиентов, содержащих ПВ, обосновано их применение в производстве ферментированных напитков с повышенной вязкостью. Также показано целесообразность использования солода ржаного ферментированного для составления сухих смесей с молочной сывороткой для дальнейшего восстановления и сбраживания до получения сывороточно-солодового напитка брожения. Приведена целесообразность применения в качестве основного сырья - молочной сыворотки различных способов обработки (необработанной подсырной или творожной, осветленной, гидролизованной, пермеата).

Обосновано внесение пищевых волокон в сусло с целью обогащения полисахаридным комплексом и повышения вязкости напитков брожения. Исследованы основные технологические свойства пищевых волокон – растворимость и влагоудерживающая способность. Методом ИК-спектроскопии установлено влияние яблочного пектина в клетчатке и Citri-Fi на формы связи влаги в смесях на основе воды и молочной сыворотки. С помощью математического моделирования определено оптимальное количество и режимы внесения яблочного пектина в клетчатке и Citri-Fi в сыворотку с целью получения сусла для сбраживания различными расами дрожжей.

Установлены физиолого-биохимические свойства культур лактосбраживающих дрожжей (*Kluyveromyces lactis* 2452, *Kluyveromyces lactis* 469, *Saccharomyces lactis* 95, *Zygosaccharomyces lactis* 868-K) при ферментации сусла на основе молочной сыворотки (нативной, осветленной, пермеата) с растительными компонентами (Citri-Fi, яблочным пектином в клетчатке). Уточнены параметры гидролиза лактозы и процесса сбраживания полученного сусла дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* P-87: температура – 30 °С, продолжительность – 4...5 час, рН 6,0...6,5.

Разработаны рецептуры сухих смесей для производства сывороточно-солодовых напитков. Определено бродильную активность выше указанных лактосбраживающих дрожжей и *Saccharomyces casei*, *Saccharomyces cerevisiae* M-5 и P-87, а также рациональные режимы восстановления сухих смесей и сбраживания сывороточно-солодового сусла. Установлено влияние различных дрожжей на органолептические показатели ферментированных сывороточно-солодовых напитков с помощью дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа.

Исследовано вкусовое сочетание ржаного солода и молочной сыворотки. Составлены вкусоароматические профили напитков, которые могут быть использованы для оценки их качества в промышленном производстве. С

использованием газохроматографического метода определено содержание побочных продуктов в сброженных сывороточно-солодовых суслах различными расами дрожжей. Установлено, что раса *Saccharomyces cerevisiae* P-87 обеспечивает образование ароматических веществ питательной среды и способствует формированию высоких вкусо-ароматических свойств ферментированного напитка.

Разработана технология ферментированных сывороточных напитков. Проведена комплексная оценка их пищевой ценности. Доказано, что высокие органолептические показатели имеют ферментированные напитки как с пищевыми волокнами, так и сывороточно-солодовые. Разработан и утвержден в установленном порядке проект нормативной документации на ферментированные напитки. Практическая новизна подтверждена двумя патентами Украины на изобретение и двумя на полезную модель. Технология проверена на ОАО «Каневский маслосырзавод» (Черкасская обл.) и ОАО «КАГМА» (Киевская обл.).

Ключевые слова: молочная сыворотка, ферментированные сывороточные напитки, технология, пищевые волокна различного происхождения, солод ржаной ферментированный, сухие сывороточно-солодовые смеси.

ANNOTATION

Krasulya O.O. Technology of fermented beverages with dietary fibers. – Manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Candidate in Technical Sciences in the specialty 05.18.05 – Technology of Sugary Substances and Fermentation Products. – National University of Food Technologies, Kyiv, 2013.

Thesis paper is dedicated to development of technology of fermented beverages with dietary fibers of different origin (orange Citri-Fi and apple pectin in the fiber) and dry-based whey malt blends. The viability of making fermented beverages based on milk whey with different ways of processing is substantiated. By IR spectroscopy the forms of moisture contact in whey-vegetable mixtures were determined. By technological characteristics of dietary fibers and their polysaccharide complex the optimal number of dietary fibers for enrichment is determined, increasing the viscosity of beverage and providing palate fullness. In terms of fermentation activity the yeast race is chosen and rational modes of whey wort fermentation of high viscosity are set.

The composition of dry mixtures based on whey and fermented rye malt to produce fermented beverages is developed. Yeast races are chosen, rational conditions of dry mixture reconditioning and fermentation of wort are determined. The content of volatile substances in wort fermented by various yeast races to establish their influence on the taste and aroma of the beverage is defined. A comprehensive assessment of the nutritional value of fermented beverages is accomplished. The draft of regulatory documentation for beverages is elaborated and approved as appropriate.

Keywords: fermented beverages, milk whey, dietary fibers of different origin, fermented rye malt, dry whey-malt mixtures.