

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАРПОВИЧ ІННА ВІТАЛІЇВНА

УДК 664.162.1

**РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФРУКТОЗОВМІСНОГО ХАРЧОВОГО
СИРОПУ З ПШЕНИЧНОЇ СИРОВИНИ**

05.18.05 – Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2010

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Лагода Володимир Андрійович,
Національний університет харчових технологій,
доцент кафедри технології цукру та полісахаридів

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор, академік УТА
Левандовський Леонід Вікторович,
Національний університет харчових технологій,
завідувач кафедри біохімії та екології
харчових виробництв

кандидат технічних наук
Кузнєцова Інга Вадимирівна,
Національна академія аграрних наук України,
старший науковий співробітник відділу зберігання і
переробки сільськогосподарської сировини та якості
харчової продукції

Захист відбудеться “23” червня 2010 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий “___” 2010 року.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доц.

М.В. Карпутіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми. Умови ринкової економіки, вимоги сучасної науки про харчування зумовлюють необхідність розроблення цукристих продуктів із крохмалевмісної сировини, дешевших за буряковий цукор. Такими продуктами можуть бути сиропи, отримані з пшеничної сировини за допомогою амілолітичних ферментів. Пшениця, як сировина для виробництва крохмалю та крохмалепродуктів, широко використовується в країнах Євросоюзу. Висока урожайність, значна масова частка крохмалю в пшениці м'яких сортів (58...76%) та відносно низька вартість забезпечують перспективність цього виду сировини для отримання на цукристі сиропи і в Україні.

Швидкий розвиток біотехнології сприяє виробництву амілолітичних ферментних препаратів високої чистоти та продуктивності. Використання ізомеризуючих ферментних препаратів надає можливості отримувати сиропи, до складу яких входить фруктоза, які мають солодкість подібну до солодкості цукру, не кристалізуються при зберіганні і можуть використовуватись у дієтичному харчуванні. Тому, актуальним для України є розширення асортименту цукристих сиропів шляхом розроблення сучасних технологій перероблення пшеничної сировини, заснованих на використанні ферментів.

Для отримання сиропів високої якості важливим є розроблення ефективних способів очищення гідролізатів від речовин жиру-білкового комплексу і адсорбційного знебарвлення сиропів з використанням природних мінеральних сорбентів, що дасть змогу знизити собівартість готової продукції.

Додавання пектиновмісних концентратів та екстрактів до фруктозовмісного сиропу є перспективним з точки зору підвищення його харчової та біологічної цінності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження виконувались згідно з пріоритетною науковою тематикою НУХТ «Дослідження структур, технологічних середовищ, кінетики, механічних реакцій, стереобудови, біологічної активності сполук з метою створення принципово нових харчових технологій на основі використання фізичних впливів» (наказ Міністерства освіти і науки України № 37 від 13.02.1997 р.).

Особистий внесок автора полягає у проведенні лабораторних досліджень та промислових випробувань, безпосередній участі в опрацюванні, аналізі та узагальненні експериментальних даних, а також у написанні та оформленні наукових публікацій по темі дисертаційної роботи.

Мета і завдання досліджень. Мета роботи полягає у розробленні технології фруктозовмісного харчового сиропу із пшеничної сировини шляхом ферментативного гідролізу крохмалю, удосконалення схеми очищення гідролізатів та ферментативної ізомеризації глюкози у фруктозу.

Вибір мети дослідження зумовив необхідність вирішення таких завдань:

на основі теоретичного та експериментального вивчення процесів ферментативного розріджування подрібненої пшениці встановити та обґрунтувати їх оптимальні технологічні параметри;

удосконалити процес очищення отриманих сиропів шляхом використання природних мінеральних сорбентів;

дослідити технологічні умови проведення ферментативної ізомеризації глюкозних гідролізатів з метою отримання сиропів з різним вмістом фруктози;

розробити апаратурно-технологічну схему виробництва фруктозовмісного харчового сиропу з пшеничної сировини;

провести апробацію розробленої технології у виробничих умовах та визначити її економічну ефективність;

розробити нормативно-технічну документацію на фруктозовмісні харчові сиропи та продукти функціональної дії з їх використанням.

Об'єкт дослідження – технологія ферментативного розріджування крохмалевмісної сировини, зцукрювання гідролізату, ізомеризації глюкозного сиропу, способи очищення і використання отриманих сиропів для створення продуктів функціональної дії.

Предмет дослідження – пшениця шостого класу, гідролізати і сиропи, ферментні препарати, природні сорбенти, активне вугілля.

Методи дослідження – традиційні та спеціальні хімічні, фізико-хімічні і мікробіологічні методи дослідження вихідної сировини, проміжних і готових продуктів; методи визначення активності ферментних препаратів, планування експерименту і математичного оброблення експериментальних даних.

Наукова новизна отриманих результатів.

Встановлено основні кінетичні закономірності та оптимальні технологічні параметри двостадійного ферментативного розріджування подрібненої пшениці та розроблено математичну модель даного процесу. Визначено, що за витрат ферментного препарату Termamyl 120 L у кількості 2,0...2,5 од.АА/г крохмалю найефективнішим є проведення процесу за температури 60 °С на першій стадії та 95 °С на другій стадії при загальній тривалості процесу 70 хв.

Науково обґрунтовано основні закономірності та оптимальні технологічні параметри ферментативного зцукрювання гідролізату пшеничної сировини ферментним препаратом САН-Супер 240 L і встановлено, що за його витрат 3,5...4,0 од.ГлА/г крохмалю глюкозний еквівалент (ГЕ) отриманого сиропу становить 93...95 %.

Розроблено математичну модель процесу очищення глюкозних сиропів шляхом сумісної дії активного вугілля та природного сорбенту палигорськіт, з використанням якої розраховано оптимальні параметри процесу: кількість палигорськіту – 0,5...0,6 % до маси сухих речовин (СР) сиропу; активного вугілля – 0,3...0,4 % до маси СР сиропу.

Встановлено кінетичні закономірності процесу ізомеризації глюкози у фруктозу для отримання фруктозовмісного харчового сиропу. Визначено, що додавання іммобілізованої ізомеррази Switzim[®] Т в кількості 3,0...4,0 од.ІзА./г крохмалю призводить до ізомеризації 32...35 % глюкози у фруктозу протягом 19...22 годин.

Встановлено, що додавання до фруктозовмісного сиропу пектинових речовин у кількості 0,8...1,3 % до його маси дозволяє отримати харчовий сироп функціонального призначення, який добре зберігається.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено двостадійний спосіб ферментативного розріджування пшеничної сировини із застосуванням ферментного препарату Termamyl 120 L, що дозволяє скоротити тривалість процесу та зменшити витрати ферментів. На розроблений спосіб отримано деклараційний патент України на винахід № 62610 А від 15.12.2003 року.

Розроблено комбінований спосіб очищення сиропу за допомогою активного вугілля та природного дисперсного мінералу палигорськіту. Для підвищення ефекту очищення гідролізату адсорбенти вносяться окремо в сумарній кількості 0,8...1,0 % до маси СР сиропу при температурі 55...60 °С, що дозволяє зменшити витрати дорогого вугілля і досягти ефекту знебарвлення 41,7...47,9 %. На розроблений спосіб отримано деклараційний патент України на винахід № 63746 А від 15.01.2004 року.

Досліджено процес ізомеризації глюкози у фруктозу, що передбачає проведення процесу в періодичному режимі при застосуванні іммобілізованої ізомеразы Switzim® Т в кількості 3,0...4,0 од.ІзА/г крохмалю протягом 19...22 годин та призводить до скорочення тривалості процесу.

Розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва фруктозовмісного харчового сиропу.

Розроблено рецептуру фітопектинового напою «Сузір'я лева» з використанням фруктозовмісного харчового сиропу, на яку одержано деклараційний патент України на винахід № 45751 А від 15.04.2002 року.

Проведено дослідно-промислові випробування способу одержання та очищення гідролізату із пшениці в ТОВ «Продсервіс-ІР». Очікуваний економічний ефект від його впровадження становить 4,5 млн.грн. за 280 діб.

Розроблено проект технічних умов на «Сироп фруктозовмісний харчовий» (ТУ У 199-020709038-102:2010).

Розроблено напої з вмістом пектинових речовин «Нектари пектиновмісні» (ТУ У 199-020709038-001:2005).

Особистий внесок здобувача полягає в організації і проведенні лабораторних та промислових досліджень, підготовці відповідної нормативно-технічної документації. Експериментальні результати досліджень отримані автором самостійно: виконання досліджень, аналіз, оброблення та узагальнення одержаних результатів з розробленням математичних моделей, підготовкою результатів до публікації і апробацією основних результатів роботи на українських та міжнародних науково-технічних конференціях.

Обговорення, аналіз та узагальнення результатів досліджень проведено спільно з науковим керівником к.т.н., доц. Лагодою В.А., д.т.н., проф. Грабовською О.В., д.т.н., проф. Манком В.В., к.т.н., доц. Крапивницькою І.О., розроблення математичних моделей здійснювалось за участю к.т.н., доц. Мірошника В.О. Автор приймала безпосередню участь в розробленні способів, на які отримано 3 патенти України на винахід.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на 67-й науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ, НУХТ, 2001 р.); Міжнародній науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Сучасні методи створення нових технологій та обладнання в харчовій промисловості» (Київ, НУХТ, 2002 р.); на 74–75-й наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ, НУХТ, 2008 – 2009 рр.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 13 друкованих праць, із них 5 статей у наукових фахових виданнях, перелік яких затверджено ВАК України, 3 патенти України на винахід, 5 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку літературних джерел, який включає 165 найменувань вітчизняних та зарубіжних джерел, та 6 додатків. Основний зміст роботи викладено на 116 сторінках друкованого тексту, робота містить 33 рисунки, 9 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та завдання досліджень, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі “Сучасний стан виробництва і використання харчових сиропів” наведено аналіз літературних даних за темою дисертаційної роботи, який показав, що поряд з кукурудзою, як альтернативна крохмалевмісна сировина у виробництві харчового сиропу, може використовуватись пшениця 6-го класу.

Показано необхідність удосконалення існуючих і розроблення нових способів отримання харчових сиропів високої якості з використанням сучасних ферментних препаратів (ФП).

Відмічено, що застосування ФП призводить до деяких труднощів, пов'язаних із ускладненнями при фільтруванні гідролізатів. Тому потребують розроблення ефективні способи очищення гідролізатів від домішок.

Показано, що збагачення сиропів фруктозою призводить до підвищення солодкості, осмотичного тиску, покращення зберігання, оскільки вона сприяє стійкості сиропу щодо кристалізації. Сиропи з фруктозою рекомендовані як замінники цукру при виготовленні продуктів функціонального призначення.

Вказується на перспективність створення нових пектинопродуктів з використанням фруктозовмісних сиропів. Вони є природними біопротекторами та виводять токсини з організму людини.

Проведено аналіз по використанню харчових сиропів у різних галузях харчової промисловості.

В другому розділі “Об'єкти та методи досліджень” наведено характеристики об'єкта, предмета та методів проведення досліджень.

У процесі досліджень використано загальноприйняті методи визначення основних технологічних показників зернової сировини та сиропу. Вміст

крохмалю в зерні визначали поляриметричним методом Еверса та за методикою ГОСТ 10845 – 98; вологість пшениці визначали методом висушування до сталої маси, визначення зольності зерна – за методикою ГОСТ 10847 – 74; вміст білка у зерні проводили у відповідності до ГОСТ 10846 – 91; визначення жиру у зерні – згідно з ГОСТ 29033 – 91; визначення сухих речовин (СР, % до маси продукту) визначали рефрактометрично на рефрактометрі РПЛ – 3 та висушуванням до сталої маси; визначення амілолітичної та глюकोамілазної активності ферментних препаратів здійснювали згідно з ГОСТ 20264.4 – 89; вміст білка в гідролізатах, сиропях, готовій продукції визначали за методом К'ельдаля; загальний вміст редукувальних речовин (РР) у % до маси та глюкозний еквівалент (ГЕ) визначали за методом Вільштеттера та Шудля; вуглеводний склад гідролізатів визначали за методом Зіхерта та Блейєра; масову частку фруктози визначали поляриметричним методом; визначення забарвленості розчину проводили з використанням приладу КФК–3. Із ферментних препаратів для розріджування і зцукрювання пшеничної сировини, ізомеризації глюкози до фруктози використовували: α -амілази – Termamyl 120 L, Gamalpha HT 120 L та Амілазу BL, глюкоамілази – САН-Супер 240 L і Amilo-300, іммобілізовану ізомеразу Switzim®Т.

Третій розділ “Дослідження ферментативного гідролізу та ізомеризації пшеничної суспензії” присвячено дослідженню процесів гідролізу пшеничної сировини (розріджуванню та зцукрюванню); ізомеризації глюкози у фруктозу з використанням ферментних препаратів та встановленню їх основних оптимальних технологічних параметрів.

Дієвість процесу розріджування пшеничної суспензії залежить від концентрації суспензії, якості сировини, параметрів процесу (температура, тривалість, рН середовища), виду та кількості ферментного препарату. Тому, подальші дослідження були направлені на вивчення кінетичних залежностей та встановлення оптимальних параметрів даного процесу, за яких найкраще проходить процес ферментативного розріджування пшеничної суспензії та досягається найбільш повний гідроліз крохмалю до декстринів.

На основі експериментальних досліджень запропоновано проводити процес розріджування крохмалевмісної сировини у дві стадії. Для встановлення оптимальної концентрації суспензії першу стадію розріджування проводили наступним чином. До подрібненої пшениці додавали дистильовану воду та 1/3 частину ферментного препарату Termamyl 120 L. Пшеничну суспензію підігрівали до температури 60 °С та при постійному перемішуванні витримували впродовж 30 хвилин. При цьому відбувалося попереднє розріджування суспензії за відносно невисокої в'язкості шляхом дії ферментного препарату на зруйновані зерна крохмалю. За вмісту сухих речовин 25 % у пшеничній суспензії величина ГЕ гідролізату досягає 5,0 % (рис.1).

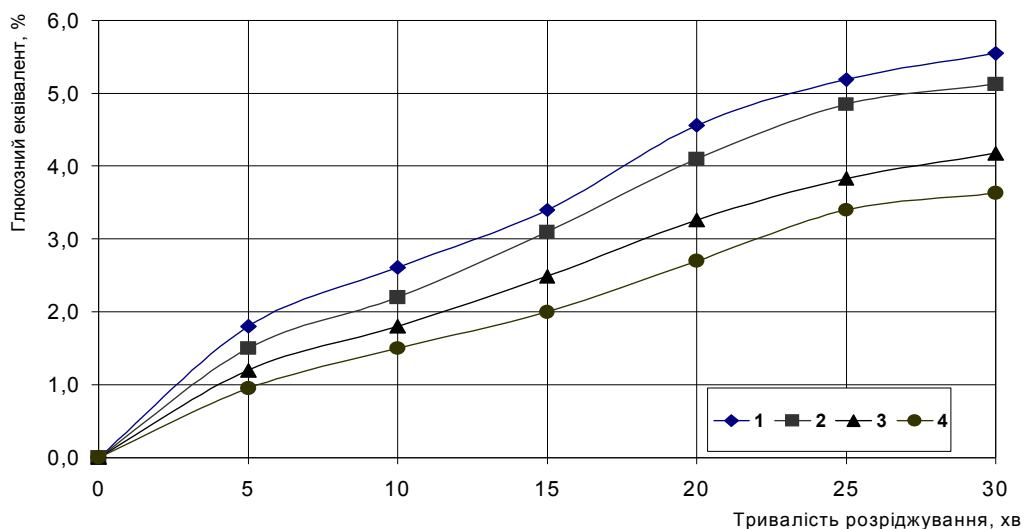


Рис. 1. Кінетика першої стадії розріджування пшеничної суспензії за її концентрації, %: 1 – 20, 2 – 25, 3 – 30, 4 – 35

Другу стадію розріджування проводили за температури 95°C з додаванням до гідролізату решти ферментного препарату в кількості 2/3 частини від загальної кількості. При цьому клейстеризований крохмаль гідролізується до декстринів і частково до олігосахаридів з поступовим зниженням в'язкості продукту та повним розріджуванням суспензії до досягнення глюкозного еквіваленту 20 %.

Результати досліджень кінетики розріджування пшеничної суспензії представлено на рис. 2.

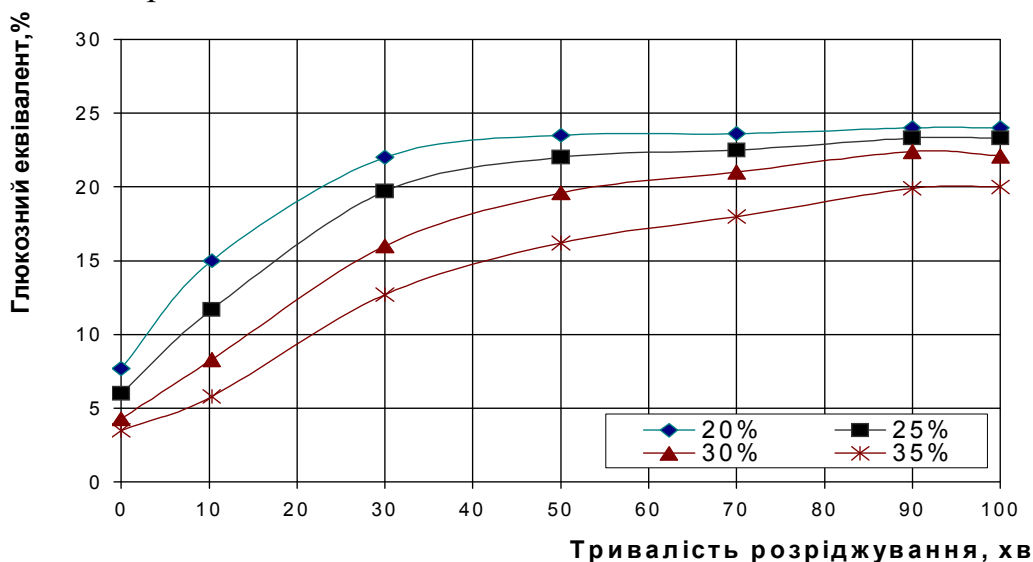


Рис. 2. Кінетика другої стадії розріджування пшеничної суспензії за її концентрації, %: 1 – 20, 2 – 25, 3 – 30, 4 – 35

Таким чином, проведення процесу розріджування пшеничної сировини за витрат ферментного препарату Termamyl 120 L в кількості 2,0...2,5 од. АА/г крохмалю та температури першої стадії 60 °C і другої стадії –

95°C дозволяє скоротити тривалість процесу до 70 хв та підвищити ефективність використання ферменту.

На основі отриманих експериментальних даних розроблено математичну модель процесу ферментативного розріджування пшеничної суспензії, яка дозволяє з похибкою до 5 % і з врахуванням концентрації суспензії та витрат ферментного препарату розрахувати глюкозний еквівалент гідролізату:

$$GE = -0,064 \cdot d - 0,028 \cdot c - 0,064 \cdot d \cdot c + 4,5 \cdot \ln(\tau),$$

де d – витрати ферментного препарату Termamyl 120 L, од.АА/г крохмалю; τ – тривалість процесу розріджування; хв; c – концентрація суспензії, % до маси СР розчину.

На основі отриманого рівняння встановлено оптимальні параметри ферментативного розріджування пшеничної суспензії, а саме: концентрація вихідної суспензії – 25 %, витрати α -амілази – 2,5 од. АА/ г СР крохмалю.

Досліджено також залежність величини глюкозного еквіваленту гідролізату від кількості ферментного препарату САН-Супер 240 L та кінетику зцукрювання гідролізату при температурі 60 °C (рис. 3).

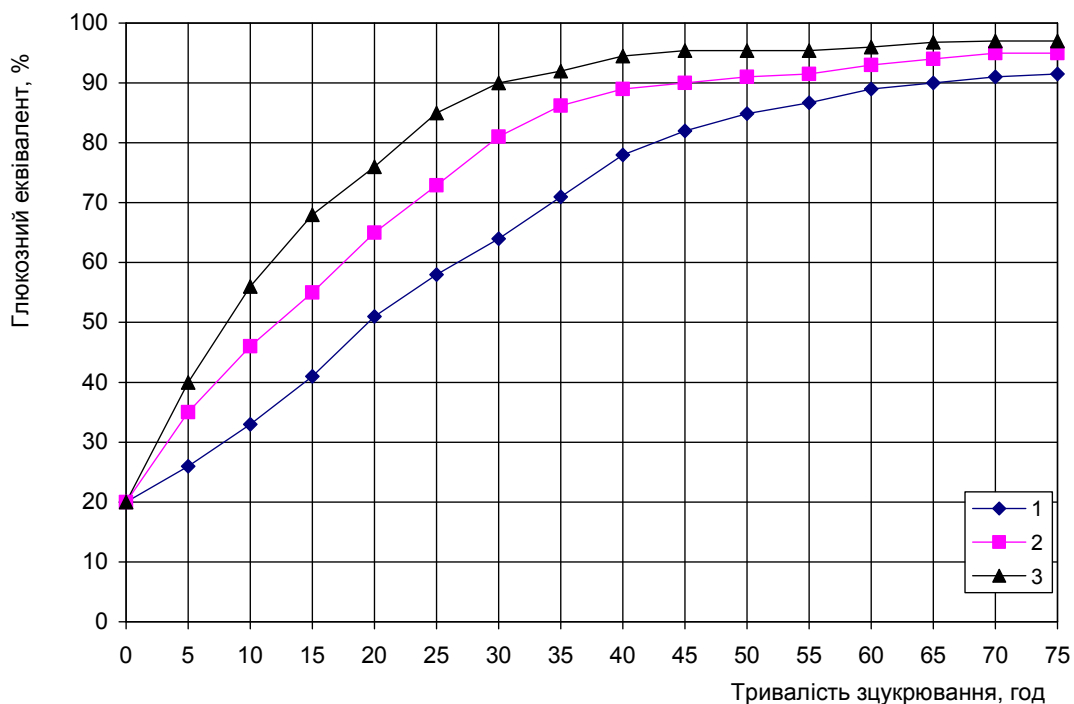


Рис. 3. Кінетика зцукрювання гідролізату за різної кількості ферментного препарату, од.Гл.акт./г крохмалю: 1 – 2,5; 2 – 3,5; 3 – 4,5

Специфічна дія глюकोамілазного ферментного препарату САН-Супер 240 L дозволяє значно скоротити тривалість процесу зцукрювання та одержати гідролізат з високим значенням глюкозного еквіваленту.

Досліджено, що при додаванні ферментного препарату в гідролізат в кількості 2,5 од.ГлА/г крохмалю тривалість процесу зцукрювання становить 75 годин, а величина глюкозного еквіваленту при цьому досягає лише 90 %.

Збільшення кількості ферментного препарату до 4,5 од.ГЛА/г СР розчину скорочує процес зцукрювання до 65 год з досягненням величини глюкозного еквіваленту 95 %, однак це є економічно не доцільним.

Встановлено, що за витрат ферментного препарату САН-Супер 240 L в кількості 3,5...4,0 од.ГЛА/г крохмалю при температурі 60°C відбувається скорочення тривалості процесу зцукрювання на 4...5 год, вміст ГЕ при цьому становить 94...97 %.

Нами виконано експериментальні дослідження по встановленню оптимальних параметрів проведення процесу ізомеризації глюкозного сиропу (рН середовища, температури, тривалості, кількості ферментного препарату) з використанням іммобілізованої ізомеразы Switzim[®]Т фірми Novo Nordisk. Процес ізомеризації вивчався в періодичному режимі.

Перед ізомеризацією глюкозний сироп, очищений від домішок та знебарвлений з використанням активного вугілля та природного дисперсного мінералу палигорськит, згущували до масової частки сухих речовин 40...45 %. Підвищення концентрації сиропу сприяє його мікробіологічній стійкості. Одночасно з водою із розчину видаляється кисень, який є інгібітором для більшості глюкоізомеризуючих ферментних препаратів.

Інгібітори глюкозоізомеразы – кисень, іони кальцію, міді, нікелю, цинку і деякі інші домішки. Тому застосовують два підходи, з одного боку, по можливості цілком видаляють домішки здатні інгібувати фермент, а з іншого боку – вводять домішки, що підвищують стабільність ферменту.

З метою запобігання інфікування в процесі ферментативної ізомеризації, а також зниження забарвленості в субстрат додають бісульфіт Na у вигляді 10% розчину з розрахунку 0,008...0,016 % за вмістом SO₂. Для підвищення стабільності ферментного препарату у сироп додавали сіль магнію.

Показник рН доводиться до заданої величини додаванням розчину NaOH концентрацією 1 моль/л. Величина рН регулюється з точністю ±0,1 од.

Активність глюкоізомеризуючих ферментних препаратів значною мірою залежить від рН розчину, адже у більшості випадків максимум активності спостерігається при рН 7,0...8,0. Нами досліджувалась зміна забарвленості сиропу в процесі ізомеризації залежно від рН середовища, яку визначали на приладі КФК- 3 при довжині хвилі 560 нм.

На рис. 4 представлено залежність забарвленості розчину від рН субстрату.

Як видно з отриманих результатів, при збільшенні рН від 6,0 до 7,0 спостерігається значне зниження кольоровості сиропу, при рН 7,0...7,5 забарвленість мінімальна і становить 0,22...0,24 од.опт.густ. При збільшенні рН до 8,0...8,5 забарвленість розчину знову починає зростати, це свідчить про те, що поряд з ферментативною відбувається лужна ізомеризація D-глюкози з утворенням небажаних барвних речовин.

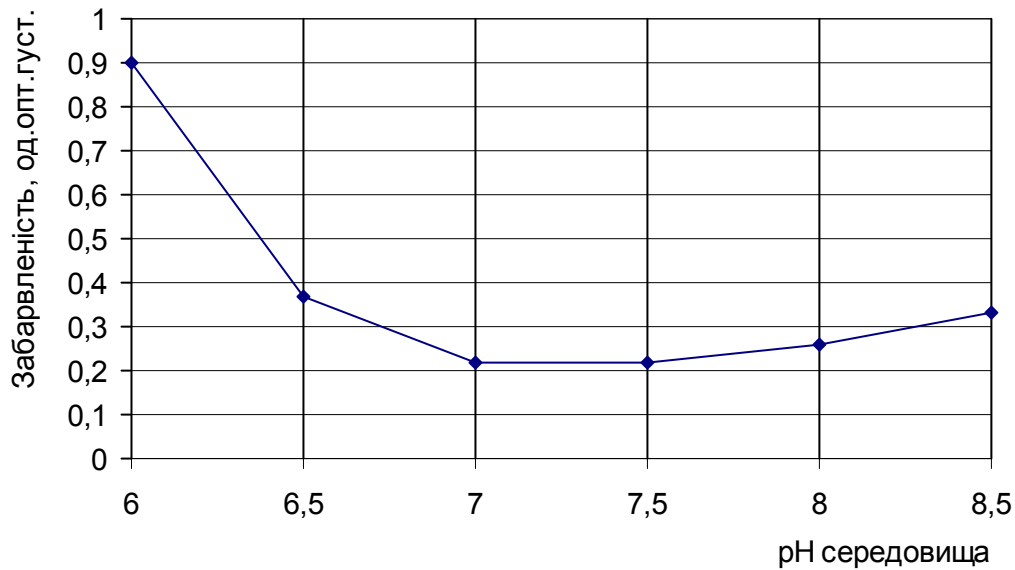


Рис. 4. Залежність забарвленості фруктозовмісного сиропу від рН субстрату

Досліджено кінетику накопичення фруктози в залежності від додавання до глюкозного сиропу різної кількості іммобілізованої ізомераз.

На рис. 5 представлено кінетичні залежності накопичення фруктози у сиропі при використанні різної кількості ферментного препарату Switzim[®]T.

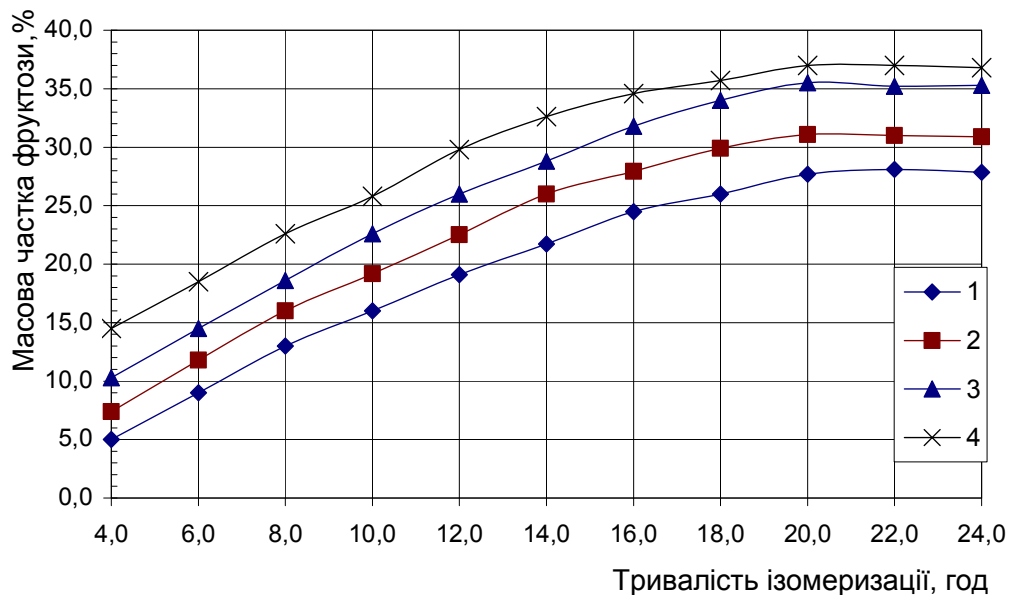


Рис. 5. Кінетика накопичення фруктози в сиропі при витратах ферментного препарату Switzim[®]T, од.ІзА/г крохмалю: 1 – 2; 2 – 3; 3 – 4; 4 – 5

З представлених даних видно, що при додаванні в глюкозний сироп ферментного препарату Switzim[®]T у кількості 2,0 од.ІзА/г крохмалю швидкість реакції невисока і рівновага досягається лише через 22...24 год, при цьому масова частка фруктози становить лише 27,5 %. При збільшенні ж кількості ферментного препарату до 6,0 од.ІзА/г крохмалю швидкість реакції зростає і рівновага досягається раніше (16...18 год.), а масова частка фруктози становить

35%. У разі додавання ферментного препарату Switzim[®]T у кількості 3,0...4,0 од.ІзА/г крохмалю масова частка фруктози становить 35 % вже через 20 годин.

Більш доцільним є додавання меншої кількості ферментного препарату Switzim[®]T (3,0...4,0 од.ІзА/г крохмалю), що дозволяє ефективно проводити процес ізомеризації протягом 19...20 годин.

Значною мірою на процес ізомеризації впливає температура, яку в ході експерименту змінювали від 45 °С до 90 °С та паралельно проводили мікробіологічні дослідження.

Встановлено, що з підвищенням температури зростає швидкість процесу ізомеризації. Однак із збільшення температури значно зростає забарвленість сиропу за рахунок того, що фруктоза менш термостабільна ніж глюкоза. При подальшому підвищенні температури відбувається інактивація ферменту. Тому температура 60...65 °С є оптимальною.

На рис. 6 представлено залежність забарвленості сиропу від температури процесу ізомеризації.

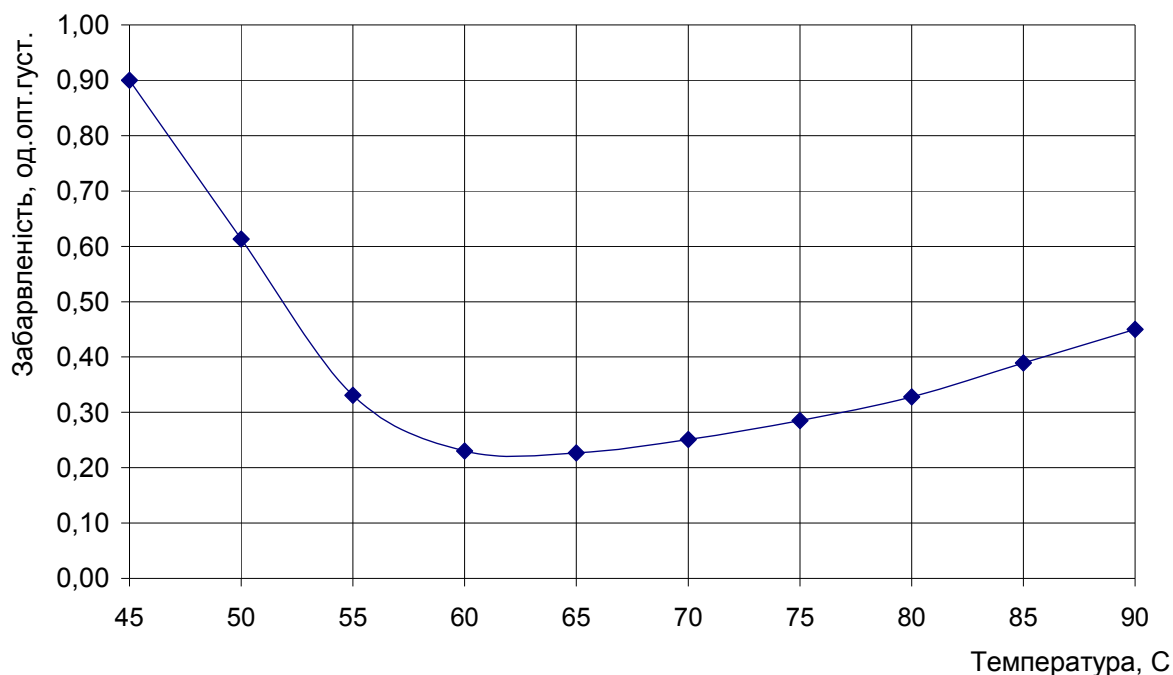


Рис.6. Залежність забарвленості сиропу від температури процесу ізомеризації

Для мікробіологічних досліджень використовували сироп після ізомеризації, отриманий при різних температурах. Для цього 1 г сиропу розводили в 9 мл води, 0,1 г одержаного розчину висівали на чашки Петрі із залитим агаризованим стерильним поживним середовищем. Мезофільні анаеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми висівали на м'ясопептонний агар, плісняві гриби – на глюкозо-картопляний, дріжджі – на середовище Сабура, БГКП – на середовище Ендо.

В таблиці 1 представлено результати проведених мікробіологічних досліджень при різних температурах процесу ізомеризації.

Таблиця 1

Мікробіологічні показники процесу ізомеризації

Назва показника	Температура проведення процесу ізомеризації, °С				Вимоги нормативних документів	Примітки
	40	60	70	90		
Кількість мезофільних анаеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г	$11,2 \times 10^6$	$4,7 \times 10^5$	$3,3 \times 10^5$	$2,4 \times 10^4$	5×10^5	Згідно ГОСТ 10444.15
Плісняві гриби, КУО в 1 г	15×10^3	5×10^2	2×10^2	Не виявлено	10^3	Згідно ГОСТ 10444.12
Дріжджі, КУО в 1 г	10^2	9	10^2	Не виявлено	10	Згідно ГОСТ 10444.12
Бактерії групи кишкової палички (БГКП), КУО в 0,01 г	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не допускаються	Згідно ГОСТ 26972
Патогенні мікроорганізми	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не допускаються	МОЗ України

Як видно з представлених у таблиці 1 даних при температурі 40...50 °С спостерігається значний розвиток мезофільно анаеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, пліснявих грибів та дріжджів.

Тому, для запобігання інфікування сиропу, необхідно підтримувати температуру в процесі ізомеризації не нижче 60 °С. За температури 60 °С, як оптимальної, мікробіологічні показники сиропу нижчі нормативних величин.

У четвертому розділі “Удосконалення способу знебарвлення глюкозного і фруктозовмісного сиропів із пшеничної сировини” представлено результати досліджень очищення гідролізатів від розчинних та нерозчинних домішок. Метою даних досліджень є встановлення можливості комбінованого використання сорбентів палигорскіту та активного вугілля для знебарвлення гідролізату.

Вибір такого методу використання сорбентів пов’язаний з тим, що адсорбція домішок палигорскітом відбувається у мезопоровому просторі мінералу (20...200 нм), тоді як активним вугіллям – в основному його зовнішньою поверхнею. Перший вид адсорбції є більш тривалим процесом і тому палигорскіт додається до гідролізату на початку процесу. При

подальшому додаванні активного вугілля із розчину видаляються гідрофобні нецукри, які не адсорбуються палигорськітом.

Домішки гідролізатів (барвні речовини, білки, жири тощо) є високодисперсними частинками. Природний сорбент (палигорськіт) та вуглецевий сорбент мають різну селективну дію відносно цих нецукрів. Так, палигорськіт має вибіркову здатність до адсорбції домішок катіонного типу та гідрофільних речовин, здатних до утворення водневих зв'язків, а активне вугілля є гідрофобним адсорбентом і може адсорбувати частки як аніонного так і катіонного типів.

Для лабораторних досліджень використовували зцукрений глюкозний фільтрований сироп, в який додавали природний сорбент палигорськіт у кількості 0,6 % до маси СР розчину. Суспензію перемішували протягом 18...22 хв при температурі 55...60 °С, потім до неї додавали активне вугілля в кількості 0,3 % до маси СР розчину, продовжували перемішування протягом 8...12 хв, після чого суспензію фільтрували.

Перемішування гідролізату із сорбентами при їх додаванні в дві стадії забезпечує найбільш ефективне знебарвлення. Збільшення тривалості перемішування не призводило до суттєвого покращення ефекту знебарвлення.

Співвідношення 2:1 між кількостями палигорськіту та активного вугілля, що додаються до сиропу, встановлено експериментально і пов'язано з тим, що основну частку домішок складають гідрофільні дисперсні речовини, які добре адсорбуються палигорськітом. Збільшення сумарної кількості сорбентів понад 1,0 % до маси СР розчину не забезпечує суттєвого підвищення ефекту знебарвлення. При сумарній дозі сорбентів в кількості менше 0,8 % до маси СР розчину ефект знебарвлення значно знижується.

Зниження температури, при якій відбувається перемішування суспензії, до 55...60 °С дещо сповільнює швидкість адсорбції барвних речовин, однак збільшує адсорбційну ємність, що забезпечує підвищення ефективності використання сорбентів.

Як видно із наведених даних (таблиця 2), при роздільному введенні сорбентів в сумарній кількості 0,8...1,0 % до маси СР розчину досягається більш високий ефект знебарвлення (41,7...47,9 %) ніж при введенні еквівалентної кількості активного вугілля (34,5...37,1 %).

При сумісному введенні палигорськіту і активного вугілля, порівняно з їх роздільним введенням, ефекти знебарвлення були нижчими.

Таблиця 2

Дані експериментальних досліджень знебарвлення глюкозного сиропу

№ дослідів	Кількість сорбентів, % до маси СР розчину, що додається до розчину		Ефект знебарвлення сиропу, %, за різних способів введення сорбентів	
	палигорськіт	активне вугілля	сумісного	роздільного
1	2	3	4	5
1	0,20	0,10	9,1	23,3
2	0,40	0,20	21,1	36,1
3	0,54	0,26	26,9	41,7

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5
4	0,60	0,30	29,9	45,2
5	0,66	0,34	32,3	47,9
6	0,80	0,40	36,9	49,7
7	1,00	0,50	38,2	50,2

В результаті оптимізації процесу очищення та знебарвлення гідролізатів з використанням комбінованого способу отримані математичні залежність забарвленості фільтрату. За допомогою критерію оптимізації визначено значення оптимальних параметрів даного процесу.

Залежність забарвленості фільтрату від витрат палигорськіту та активного вугілля:

$$36 = 52,193 - 3,554 \cdot m + 36,921 \cdot c + 3,717 \cdot m \cdot c + 8,117 \cdot 10^{-3} \cdot c^2 - 259,259 \cdot c^2,$$

де m – витрати палигорськіту, % до маси СР розчину; c – витрати активного вугілля, % до маси СР гідролізату.

У п'ятому розділі „Виробничі випробування способу одержання і очищення гідролізату із пшениці та розроблення нових продуктів з використанням фруктозовмісного сиропу” наведено результати виробничих випробувань вказаного способу, як основної складової технології фруктозовмісного сиропу з пшениці, а також дані щодо розроблених нових продуктів з його використанням.

В результаті проведених випробувань встановлено, що спосіб отримання та очищення пшеничного гідролізату без проміжного видалення крохмалю із сировини у поєднанні з процесом ферментативної ізомеризації глюкози у фруктозу є ефективним для виготовлення фруктозовмісного харчового сиропу.

На основі проведених досліджень розроблена апаратурно-технологічна схема виробництва фруктозовмісного харчового сиропу з пшеничної сировини. Вона передбачає такі основні процеси: подрібнення пшениці та підготовка її водної суспензії до гідролізу, двостадійне розріджування та фільтрування гідролізату, зцукрювання, знебарвлення глюкозного сиропу, фільтрування сиропу, ізомеризацію глюкозного сиропу, згущення фруктозовмісного сиропу до 72 % сухих речовин.

Очікуваний річний економічний ефект від впровадження технології фруктозовмісного сиропу із пшениці для підприємства потужністю 70 т сиропу на добу при тривалості виробничого сезону 280 діб в рік складе 4,5 млн.грн. Він досягається за рахунок зниження собівартості продукції (на 230 грн. на 1 т сиропу), скорочення тривалості технологічного процесу виробництва фруктозовмісного харчового сиропу та зменшення капітальних витрат (виробництво не потребує цеху сирого крохмалю).

Нами розроблено напої з високим вмістом пектинових речовин «Нектари пектиновмісні» (ТУ У 199-020709038-001:2005) з використанням фруктозовмісного сиропу. До складу пектиновмісних нектарів входять овочеві пюре з

яблук, абрикос, персиків, смородини, вишні, пектиновий концентрат або пектин, цукор або фруктозовмісний сироп, лимонна кислота, настої рослинної сировини (меліси, м'яти), що забезпечують прекрасні смакові властивості, високу харчову і біологічну цінність. Продукт багатий харчовими волокнами, вуглеводами, що легко засвоюються органічними кислотами, вітамінами, мікро- та макроелементами. Слід зазначити що пектин в гідратованій формі проявляє свої фармакологічні властивості повною мірою і в поєднанні з біологічно-активними речовинами овочів, фруктів, ягід посилює їх біологічні функції.

Фруктозовмісний сироп також може знайти широке застосування у виробництві харчових продуктів, зокрема, консервних, кондитерських, хлібо-булочних виробів, напоїв з метою повної або часткової заміни цукру, а також як добавка до харчових продуктів функціонального призначення. В цих же продуктах використовують різні харчові добавки, як структуроутворювачі харчових технологічних середовищ, до яких відноситься пектин. Окрім того, що пектин має властивість драглеутворювача, стабілізатора, емульгатора, а також високу комплексо-утворювальну здатність щодо зв'язування іонів важких металів, радіонуклідів, багатьох токсичних речовин, виявляє широкий спектр фармакологічних властивостей. Тому пектин використовують як самостійну дієтичну добавку, а також у складі харчових продуктів профілактичного та оздоровчого направлення.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено двостадійний спосіб розріджування пшеничної суспензії з концентрацією 20...25 % СР, який передбачає додавання на першій стадії 1/3 частини загальної кількості ферментного препарату, що забезпечує попереднє розріджування суспензії при відносно невисокій в'язкості, а також – на другій стадії решти препарату для досягнення повного розріджування (ГЕ розчину досягає 18...20 %). Спосіб дозволяє скоротити загальну тривалість процесу на 60% у порівнянні з одноступеневим та більш ефективно використати ферментний препарат.

2. Встановлено основні кінетичні закономірності та оптимальні параметри процесу двостадійного ферментативного розріджування суспензії подрібненої пшениці: перша стадія – температура 60 °С, тривалість 30 хв, кількість ферментного препарату – 0,8 од.АА/г крохмалю; друга стадія – температура 95 °С, тривалість 40 хв, кількість ферментного препарату – 1,6 од.АА/г крохмалю. За результатами експериментальних досліджень розроблено математичну модель даного процесу.

3. Визначено основні закономірності процесу ферментативного зцукрювання гідролізату із пшеничної суспензії. Встановлено, що додавання ферментного препарату САН-Супер 240 L у кількості 3,5...4,0 од.ГЛА/г крохмалю за тривалості процесу 65...70 годин дає змогу отримати сироп з глюкозним еквівалентом 93...95 %.

4. Встановлено, що застосування іммобілізованої ізомерази Switzim[®] Т в кількості 3,0...4,0 од.ІзА/г крохмалю дає змогу отримати фруктозовмісний харчовий сироп із вмістом фруктози 32...35 % за 19...20 годин.

5. Досліджено ефективність знебарвлення гідролізату з використанням різних марок активного вугілля та природних дисперсних мінералів. Встановлено, що серед сорбентів найефективнішим для знебарвлення глюкозного сиропу є активне вугілля марки ОУ-Б та палигорськіт.

6. Розроблено комбінований спосіб знебарвлення глюкозного та фруктозовмісного сиропів з послідовним введенням в розчин активного вугілля та природного дисперсного мінералу палигорськіт в сумарній кількості 0,8...1,0 % до маси СР розчину, що забезпечує досягнення більш високого ефекту знебарвлення ніж при введенні еквівалентної кількості активного вугілля (41,7...47,9 % проти 34,5...37,1 %). Отримано математичну залежність ефекту знебарвлення гідролізату від основних параметрів даного процесу.

7. На основі експериментальних досліджень розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва фруктозовмісного харчового сиропу із фуражної пшениці. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження технології фруктозовмісного сиропу для підприємства потужністю 70 т сиропу на добу при тривалості виробничого сезону 280 діб в рік складе 4,5 млн.грн.

8. З використанням фруктозовмісного сиропу розроблено нові пектинопродукти: „Сузір'я Лева”(отримано деклараційний патент України на винахід); „Нектари пектиновмісні” (розроблено нормативно-технічну документацію). Досліджено можливість застосування фруктозовмісних харчових сиропів у виробництві желевої продукції.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Розроблення способу одержання глюкозно-фруктозного сиропу із пшениці / В.А. Лагода, І.В. Карпович, Н.І. Штангеева, В.О. Маринченко // Наукові праці УДУХТ. – 2000. – №7. – С.95 – 99.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, участь в узагальненні одержаних результатів, підготовка матеріалів до публікації.

2. Карпович І.В. Дослідження процесу знебарвлення глюкозного сиропу / І.В. Карпович, В.А. Лагода, В.В. Манк // Наукові праці УДУХТ. – 2001. – № 10. – С.31.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, участь в узагальненні одержаних результатів, підготовка матеріалів до публікації.

3. Карпович І.В. Дослідження основних закономірностей ферментативного гідролізу крохмалю пшениці до декстринів /І.В.Карпович, О.М. Оверченко, В.А. Лагода //Харчова промисловість. –2003. – №2. – С.25 – 26.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, участь в узагальненні одержаних результатів, підготовка матеріалів до публікації.

4. Дослідження процесу знебарвлення глюкозного сиропу / І.В. Карпович, В.А. Лагода, Н.З. Петришин, Л.І. Удворгелі // Харчова промисло-вість. – 2008. – №7. – С.8 – 9.

Особистий внесок: участь у проведенні досліджень, опрацювання експериментальних даних, підготовка матеріалів до публікації.

5. Карпович І.В. Дослідження процесу розрідження пшеничної суспензії / І.В. Карпович, В.А. Лагода // Наукові праці НУХТ. – 2009. – №28. – С.22 – 23.

Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, опрацювання експериментальних даних, підготовка матеріалів до публікації.

6. Пат. № 62610А, МПК (2006) С13D3/00. Спосіб розрідження крохмалю / І.В. Карпович, В.А. Лагода, О.М. Оверченко.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – заявл. 15.04.2003; опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12.

Особистий внесок: проведення патентного пошуку, виконання експериментальних досліджень, опрацювання експериментальних даних, участь у підготовці та написанні заявки на патент.

7. Пат. № 63746А України, МПК (2006) С13D3/00. Спосіб очищення гідролізату / А.О. Шеремет, В.А. Лагода, В.В. Манк, І.В. Карпович.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – заявл. 9.06.2003; опубл. 15.01.2004, Бюл. № 1.

Особистий внесок: проведення патентного пошуку, виконання експериментальних досліджень, опрацювання експериментальних даних, участь у підготовці та написанні заявки.

8. Пат. № 45751 А, МПК (2006)С13D3/00. Фітопектиновий напій «Сузір'я лева» / І.О. Крапивницька, О.В. Кушнір, А.І. Свінціцька, І.В. Карпович.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – заявл. 22.06.2001; опубл. 15.04.2002, Бюл. № 12.

Особистий внесок: проведення патентного пошуку, виконання експериментальних досліджень, опрацювання експериментальних даних, участь у підготовці та написанні заявки на патент.

9. Дослідження процесу знебарвлення глюкозного сиропу із пшениці з використанням природних сорбентів і активованого вугілля / І.В. Карпович, А.О. Шеремет, В.А. Лагода, В.В. Манк // Міжнародна наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів. 23 – 25 квітня 2002 р.: тези доп. – К.: НУХТ, 2002. – Ч.ІІ.– С.11.

Особистий внесок: проведення досліджень, аналіз та узагальнення одержаних результатів, оформлення тез доповіді.

10. Спектрофотометричні дослідження знебарвлення глюкозного сиропу / І.В. Карпович, А.О. Шеремет, В.А. Лагода, В.В. Манк // Міжнародна наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів. 23 – 25 квітня 2002 р.: тези доп.– К.: НУХТ, 2002.– Ч.ІІ.– С.12.

Особистий внесок: проведення досліджень, аналіз та узагальнення одержаних результатів, оформлення тез доповіді.

11. Карпович І.В. Дослідження процесу ізомеризації глюкози / І.В. Карпович, В.А.Лагода // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 74-а наук. конф. молодих вчених, аспіратів і студентів. 21 – 22 квітня 2008 р.: тези доп.– К.: НУХТ, 2008. – С.179.

Особистий внесок: проведення досліджень, опрацювання експериментальних даних, оформлення тез доповіді.

12. Карпович І.В. Дослідження основних закономірностей ферментативного розрідження пшеничної суспензії /І.В. Карпович, В.А. Лагода // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 74-а наук. конф. молодих вчених, аспіратів і студентів. 21–22 квітня 2008 р.: тези доп.– К.: НУХТ, 2008. – С.179.

Особистий внесок: проведення досліджень, опрацювання експериментальних даних, оформлення тез доповіді.

13. Карпович І.В. Використання пектиновмісних глюкозно-фруктозних сиропів у виробництві харчових продуктів /І.В. Карпович, О.В. Брик, І.О. Крапивницька //75-а наук.конф. молодих вчених, аспірантів і студентів. 13–14 квітня 2009 р.: тези доп. – К.: НУХТ, 2009. – С.185.

Особистий внесок: проведення експериментальних досліджень, опрацювання результатів, оформлення тез доповіді.

АНОТАЦІЯ

Карпович І.В. Розроблення технології фруктозовмісного харчового сиропу із пшеничної сировини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.05 – технологія цукристих речовин та продуктів бродіння. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2010.

Дисертаційна робота присвячена питанню розроблення технології фруктозовмісного харчового сиропу із найбільш дешевої в умовах України крохмалевмісної сировини – пшениці 6 класу.

В роботі на основі літературних даних аналізуються способи і схеми одержання харчових сиропів, шляхи їх використання при виробництві різних харчових продуктів. Встановлені оптимальні параметри процесів розрідження та зцукрювання крохмалю, а також ізомеризації глюкози з використанням високоефективних ферментних препаратів, знебарвлення глюкозного і глюкозно-фруктозного розчинів природними сорбентами та активним вугіллем. Розроблені спосіб та технологічна схема одержання фруктозовмісного харчового сиропу із пшеничної сировини з вмістом фруктози 32...35 % до маси сухих речовин продукту. Харчові сиропи широко застосовуються у виробництві харчових продуктів, зокрема, консервних, кондитерських, хлібо-булочних виробів, напоях з метою повної або часткової заміни цукру. В цих же продуктах використовують різні харчові добавки, як структуроутворювачі харчових технологічних середовищ, до яких відноситься пектин. Тому, пектин використовують як самостійну дієтичну добавку, а також у складі харчових продуктів профілактичного та оздоровчого призначення. Нами розроблено напої з високим вмістом пектинових речовин «Нектари пектиновмісні» (ТУ У 199-020709038-001:2005). До складу пектиновмісних нектарів входять овочеві пюре з яблук, абрикос, персиків, смородини, вишні, пектиновий концентрат або пектин, цукор або фруктозовмісний сироп, лимонна кислота, настої рослинної

сировини (меліси, м'яти), що забезпечують прекрасні смакові властивості, високу харчову і біологічну цінність. Продукт багатий харчовими волокнами, легкозасвоюваними вуглеводами, органічними кислотами, вітамінами, мікро-, макро елементами.

Очікуваний річний економічний ефект підприємства потужністю 70 т сиропу на добу при тривалості виробничого сезону 280 діб в рік складе 4,5 млн.грн.

Ключові слова: пшениця, крохмаль, пектин, пектинові речовини, фруктозовмісний харчовий сироп, ферментний препарат, сорбент, гідроліз, ізомеризація, знебарвлення, концентрування,

АННОТАЦИЯ

Карпович И.В. Разработка технологии фруктозосодержащего пищевого сиропа из пшеничного сырья. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.05 – технология сахаристых веществ и продуктов брожения. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2010.

Диссертационная работа посвящена вопросу разработки технологии фруктозосодержащего пищевого сиропа с наиболее дешевого в условиях Украины крохмалосодержащего сырья – пшеницы 6 класса.

В работе на основании литературных данных анализируются способы и схемы получения фруктозосодержащего пищевого сиропа, пути их использования при производстве различных пищевых продуктов. Определены оптимальные параметры процессов разжижения и осахаривания крахмала, а также изомеризации глюкозы с использованием высокоэффективных ферментных препаратов, обесцвечивания глюкозного и фруктозосодержащего пищевого сиропа природными сорбентами и активным углем.

Разработан двухстадийный способ разжижения пшеничной суспензии, который предусматривает добавления к ней на первой стадии 1/3 части от общего количества ферментного препарата, что обеспечивает предварительное разжижение суспензии при относительно невысокой вязкости, а также добавление на второй стадии остальной части препарата для достижения полного достижения (ГЭ раствора достигает 18...20 %). Способ даёт возможность сократить продолжительность процесса в сравнении с одноступенчатым и более эффективно использовать ферментный препарат.

Предложен комбинированный способ обесцвечивания глюкозного и фруктозосодержащего сиропов с последовательным введением в раствор активного угля и природного минерала палигорскита в суммарном количестве 0,8...1,0 % к массе СВ раствора, что обеспечивает достижение более высокого эффекта обесцвечивания по сравнению с введением эквивалентного количества активного угля (41,7...47,9 %).

Выбор такого метода использования сорбентов связан с тем, что адсорбция примесей палигорскитом происходит в мезопористом пространстве минерала (20..200 нм), тогда как активным углём – в основном его внешней поверхности. Первый вид адсорбции является более продолжительным

процессом и поэтому палигорскит добавляется к сиропу в начале процесса. При последующем добавлении активного угля из раствора выделяются гидрофобные несахара, которые не адсорбируются палигорскитом.

На основании экспериментальных исследований разработаны технологии и аппаратурно-технологическая схема производства фруктозосодержащего сиропа из пшеницы. Ожидаемый годовой экономический эффект производства от внедрения данной технологии для предприятия мощностью 70 т сиропа в сутки при продолжительности производственного сезона 280 суток в год составит 4,5 млн. грн.

Разработан напиток с высоким содержанием пектиновых веществ «Нектари пектиновмісні» (ТУ У 199-020709038-001:2005). В состав пектино-содержащих нектаров входят овощное пюре из яблок, абрикос, персиков, смородины, вишни, пектиновый концентрат или пектин, сахар или фруктозосодержащий сироп, лимонная кислота, настои растительного сырья (мелисы, мяты), которые обеспечивают отличные вкусовые качества, высокую пищевую и биологическую ценность. Продукт богатый пищевыми тканями легкоусвояемыми углеводами, органическими кислотами, витаминами, микро- и макро элементами. Фруктозосодержащий сироп также может найти широкое использование в производстве пищевых продуктов, в том числе консервных, кондитерських, хлебо-булочных изделий, напитков с целью полной или частичной замены сахара, а также как добавка к пищевым продуктам функционального применения.

Ключевые слова: пшеница, крахмал, пектин, пектиновые вещества, фруктозосодержащий пищевой сироп, ферментный препарат, сорбент, гидролиз, изомеризация, обесцвечивание, концентрирование.

ANNOTATION

Karpovich I.V Elaboration of technology of fructose containing food syrup from wheat row. – Manuscript.

Thesis for a candidate of science degree on a specialty 05.18.05 – Technology of Sugary Substances and Fermentation Products. – National University of Food Technologies, Kyiv, 2010.

This qualification work of a master's degree is dedicated to the problem of elaborating technology of producing fructose containing food syrup from the cheapest in the conditions of Ukraine starch containing raw material-wheat of 6th class.

In the work on the basis of published data the means and techniques of obtaining fructose containing food syrups are analysed along with ways of their use during production of different foodstuffs. Optimum parameters for the processes of starch rarefaction and sugaring, for glucose isomerization with the use of highly efficient ferment preparations, and for decoloration of glucose and fructose containing food syrup solutions by natural sorbents and activated charcoal have been determined. Method and technological scheme of obtaining fructose containing food syrup from wheat with fructose content up to 32...35 % of the product's mass of dry

matter have been elaborated. Full cost price of fructose containing food syrup has been calculated and makes up 4,5 mln. hryvnas for a ton, which is much cheaper than the full cost price of granulated sugar.

Keywords: wheat, starch, fructose containing food syrup, ferment preparation, sorbent, hydrolisis, isomerization, decoloration, concentration.