

Таким чином, використання вуглецьвмісного адсорбенту з лушпиння соняшникової олії та нанотрубок під час адсорбційного очищення забезпечує потрібний ступінь вилучення поліароматичних вуглеводнів з соняшникової олії, що покращує її якість та безпеку.

Література

1. Велдкамп С. Домина. Новые технологии фильтрации отбелного масла // *Масла и жиры*, 2005 – №3(49). – С. 14–17.
2. Moret S. Processing Effects on The Polyaromat Hydrocarbon Content of Grapeseed Oil//*aocs*, 2000. – vol. 77. – №12. – P. 1289 – 1292
3. Н. В. Paterson. Bleaching and Purifying Fats and Oils: theory and practice/ материалы научно-практич. семинара «Современные аспекты переработки масел и жиров. – Винница: М. П.«Инвент Лтд», 2002. – С. 51 – 54.
4. Ф. Велдкамп, С. Домина. Новые технологии фильтрации отбелного масла / *Масла и жиры*, 2008. – №9. – с. 6–7; №10. – с. 28–30.
5. Паронян В. Х. Технология жиров и жирозаменителей. – М.: Делипринт, – 2006. – 760 с.
6. Отбеливание масел и жиров: опыт фирмы Альфа Лаваль // *масла и жира*, 2003. – №3 (13). – С. 5–6.
7. Е. М. Камышан, А. Н. Тырси́на, В. Х. Паронян, Ю. А. Тырсин. Адсорбционная очистка растительных масел // *Масложировая промышленность*, 2004. №1. – С. 44–45.
8. В. Голодня, Н. Граница, Л. Григорова и др. О содержании бенз(а)пирена в растительных маслах и жирах: история вопроса, регламентации, методика // *Масла и жиры*, 2013 – №5–6. – С. 6 – 11.
9. Арутюнян Н.С., Аришева Е.А., Янова Л.И., Захарова И.И., Меламуд Н.А. Технология переработки жиров - М., Агропромиздат, 1985. - 368 с.
10. Олія соняшникова. Технічні умови: ДСТУ 4492:2005. – Київ: Держспоживстандарт України, 2006.
11. Олії. Методи визначення колірного числа: ДСТУ 4350:2006. – Київ: Держспоживстандарт України, 2005
12. Олії. Методи визначення кислотного числа: ДСТУ 4350:2004. – Київ: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.
13. Продукти харчові. Методи визначення масової частки бенз(а)пірену: ДСТУ 4689:2006. – Київ: Держспоживстандарт України,
14. Н. А. Меламуд. Содержание диоксинов и полиароматических углеводородов в отбелной земле // Balenoric L., Petrovic I., Perkovas M., Determinstion of Polycyclic aromatic Hydrocarbons in Vegetable Oils // *Proc. Of Euro Food Chemistry VIII*, 1995 / – vol.2. – P. 275-281.

Стаття надійшла до редакції 9.09.2015

УДК 664.292.01:577.152.3:633.31

Нікітчина Т. І., к.т.н., докторант (E-mail: alex-n@te.net.ua)[©]

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПЕКТОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТИВ СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ

На даний час велика увага приділяється пектиновим речовинам, деетерифікація і деполімеризація яких здійснюється ферментами, які входять у пектолiтичний комплекс: пектингiдрoлазами і пектинліазами. Пектолiтичні ферменти мають промислове значення в різних галузях біотехнології: при отриманні пектинів; для інтенсифікації сокового виробництва з плодово-ягідної сировини і освітлення вин; для отримання харчових барвників і танiнів. Потреба в цих ферментах стабільно росте.

Ефективність зниження ступеня етерифікації і розщеплення пектинвмісних речовин залежить не лише від застосування композиційних біопрепаратів – джерел активних пектолітичних ферментів, але й від співвідношення пектиназ різної специфічності і механізму дії у складі пектолітичного комплексу, що обумовлено фізіологічними особливостями джерела їх отримання. Розроблена принципова схема концентрування пектолітичних ферментів з екстракту люцерни високометоксильованим пектином рослинної сировини. Технологія включає послідовну ферментну деетерифікацію пектину за оптимального рН і температури, з подальшою концентрацією комплексу пектолітичних ферментів утвореним низькометоксильованим пектином, виключаючи традиційний високотемпературний процес у вакуум-випарних апаратах.

Ключові слова: пектин, пектинметилестераза, полігалактураназа, люцерна, ступінь етерифікації, деетерифікація, іммобілізація, концентрування, біомодифікація.

УДК 664.292.01:577.152.3:633.31

Никитчина Т. И., к.т.н., докторант

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса, Украина

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЕКТОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

На данное время большое внимание уделяется пектиновым веществам, деэтерификация и деполимеризация которых осуществляется ферментами, которые входят в пектолитический комплекс: пектингидролазами и пектинлиазами. Пектолитические ферменты имеют большое промышленное значение в разных отраслях биотехнологии: при получении пектинов; для интенсификации сокового производства из плодово-ягодного сырья и осветления вин; для получения пищевых красителей и танинов. Потребность в этих ферментах стабильно растет. Эффективность снижения степени этерификации и расщепления пектинсодержащих веществ зависит не только от применения композиционных биопрепаратов – источников активных пектолитических ферментов, но и от соотношения пектиназ разной специфичности и механизма действия в составе пектолитического комплекса, что обусловлено физиологическими особенностями их источника получения. Разработана принципиальная схема концентрирования пектолитических ферментов из экстракта люцерны высокометоксильованным пектином растительного сырья. Технология включает последовательную ферментативную деэтерификацию пектина при оптимальной рН и температуре, с дальнейшей концентрацией комплекса пектолитических ферментов образованным низькометоксильованным пектином, исключая традиционный высокотемпературный процесс в вакуум-випарных аппаратах.

Ключевые слова: пектин, пектинметилэстераза, полигалактураназа, люцерна, степень этерификации, деэтерификация, иммобилизация, концентрирование, биомодификация.

UDC 664.292.01:577.152.3:633.31

Nikitchina T.I.

Odesa national academy of food technologies, Odesa, Ukraine

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF COMPOSITION PECTOLYTIC ENZYMES OF THE DIRECTED ACTION

On this time large attention is spared to the pectin substances, deeterification and the depolymerization of that comes true by an enzyme that is included in a pectolytic complex: pectingidrolaz and pectinliaz. Pectolytic enzymes have a large industrial value in different industries of biotechnology: at the receipt of pectins; for intensification of exit-juice production from плодово-ягодного raw material and lighting up of Wines; for the receipt of the food colorings and Tannins. A requirement in these enzymes grows stably. Efficiency of

decline of degree of esterification and breaking up of pectin substances depends not only on application of composition biologics - sources of active pectolytic enzymes but also from correlation of pectolytic enzymes of different specificity and mechanism of action in composition a pectolytic complex, that it contingently the physiology features of their source of receipt. The fundamental chart of concentration of pectolytic enzymes is worked out from the extract of alfalfa by the pectin of digester. Technology includes successive enzymes deesterification pectin at optimal pH and temperature, with the further concentration of complex of pectolytic enzymes by a well-educated pectin, except a traditional high temperature process at evaporation vehicles.

Key words: *pectin, pectinmethylesterases, poligalacturonase, alfalfa, degree of esterification, deesterification, immobilization, concentration, biomodification.*

Вступ. Використання біотехнологічних режимів у виробництві пектинів вимагає високої культури виробництва. Необхідно враховувати, що ферментні препарати ефективні в дуже вузьких температурних межах і чутливі до кислотно-основних властивостей різних біологічних середовищ, несумісні з багатьма хімічними реагентами, мають обмежені терміни зберігання і регламентовані умови експлуатації.

Створення біоматеріалів з іммобілізованими в їх структурі пектолітичними ферментами має значний інтерес з точки зору їх використання в різних галузях біотехнології, у тому числі у виробництві пектинів з прогнозованим хімічним складом і структурою. Сучасні тенденції при розробці композиційних пектолітичних препаратів як форми для іммобілізації ферментів полягає в наданні їм ряду технологічних властивостей: сумісність ферментів в композиції, низька температура і нетривалий час обробки субстрату, слабкокисло або нейтральне середовище розчинів, зменшення споживання агресивних хімічних реагентів, завдяки чому знижуються втрати сировини і витрата електроенергії, підвищується екологічна чистота готової продукції. Проте однією з головних причин, стримуючих просування біотехнології в Україні, є відсутність вітчизняного асортименту спеціалізованих ферментних препаратів для харчової промисловості і висока вартість імпортованих ензимних продуктів [1, 2].

Рослинна сировина є багатим джерелом ферментів, які не забруднені токсичними продуктами метаболізму бактерій і мікроорганізмів, і, таким чином, вигідно відрізняються від ферментних препаратів мікробіологічного походження, які широко використовуються вітчизняною промисловістю.

Рослинні пектинметилестерази містяться в такій традиційній для України сировині як томати, морква, буряк, яблука, айва, баклажани, кабачки, солодкий перець, стручки гороху, кавунові кірки, цибуля, гарбуз, часник, листя тютюну, квасоля. Перерахована сировина є стратегічно важливою, оскільки використовується для виробництва харчових продуктів. Оптимальним рішенням використання традиційної сировини є використання відходів і некондиційної сировини або переробка нетрадиційної листової і трав'яної сировини – люцерни, конюшини, подорожника, бузку, маїсу, іриса, ріпи, інше [3, 4, 5].

Рослинні естерази проявляють оптимальну активність за нейтрального середовища та активуються солями. Оптимальні результати дають 0,15 М розчин NaCl чи 0,03 М розчин CaCl₂. На відміну від ферментів грибів, рослинні пектинметилестерази більше термостабільні. Механізм дії рослинної пектинметилестерази залежить від розташування молекул етерифікованої

галактуронової кислоти всередині ланцюгу. Тому на швидкість гідролізу впливає наявність вільних карбоксильних груп у сусідніх молекул галактуронової кислоти [6].

Метою роботи стала розробка способу отримання ферментного препарату з пектинметилестеразною активністю із використанням люцерни та технології його іммобілізації на пектинових речовинах самої рослинної сировини.

Матеріал і методи. Об'єктами у лабораторних і виробничих дослідженнях стала люцерна та пектин яблучний згідно з ГОСТ 29186-91. Для дослідження пектинметилестеразної та полігалактуроноазної активності використовували потенціометричний і йодометричний метод Вильштеттера-Шуделя відповідно та визначення ступеня етерифікації яблучного пектину титриметричним методом [7]. Білок люцерни визначали методом Лоурі [8].

Результати дослідження. З метою екстракції пектинметилестерази (ПМЕ) з люцерни посівної як екстрагенти застосовували розчини NaCl різних концентрацій, фосфатно-цитратний і ацетатний буфери в масовому співвідношенні буфер : подрібнена сировина рівному 3 : 1. Дослідження проводили в діапазоні рН 6,0 – 8,5, величину рН в розчині регулювали 0,5 М розчином NaOH. Екстракцію ферменту проводили упродовж 30 хв при постійному помішуванні за температури 20°C. Потім отриману гомогенну суміш фільтрували через тканину і центрифугували. Осад видаляли, а у фільтраті визначали концентрацію білка (табл. 1), активності ПМЕ (табл. 2) і полігалактуронази (табл. 3).

Таблиця 1

Ступінь вилучення білка екстрагентами при різних значеннях рН

Екстрагент	Ступінь вилучення білка, % від максимального за рН					
	6,0	6,5	7,0	7,2	8,0	8,5
0,05 М NaCl	79,4	79,5	79,5	82,6	87,7	89,4
0,15 М NaCl	81,6	81,6	81,7	84,9	91,8	94,9
0,25 М NaCl	89,5	89,5	89,5	92,7	98,5	100
1,00 М NaCl	89,7	89,7	89,7	91,6	96,1	100
0,2 М ацетатний буфер	89,1	-	-	-	-	-
0,1 М фосфатний буфер	80,5	80,5	80,5	84,6	90,4	92,7

Аналіз отриманих експериментальних даних показує, що в досліджуваному інтервалі рН є ділянка значень рН, в якій спостерігається зростання концентрації екстрагованого білка (рН 7,5 – 8,0).

Ми дослідили активність ПМЕ в екстракті після осадження білків люцерни. Отримані результати наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Активність ПМЕ в екстракті люцерни

Екстрагент	Активність, Од/г при значеннях рН					
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
0,05 М NaCl	36,8	37,3	37,3	37,5	39,7	40,3
0,15 М NaCl	37,3	37,5	37,5	38,1	39,3	40,2
0,25 М NaCl	38,4	39,3	39,2	40,7	46,2	47,2
1,00 М NaCl	38,2	39,4	39,3	40,3	45,7	47,4
0,2 М ацетатний буфер	-	-	-	-	-	-
0,1 М фосфатний буфер	41,0	41,4	41,4	41,7	44,1	46,0

Експериментальними дослідженнями встановлено (табл. 2), що максимальна активність ПМЕ проявляється в екстрактах люцерни, отриманих за рН 8,5. Зіставляючи ці дані з даними, приведеними в табл. 1, можна зробити висновок, що кількість екстрагованого за однакових умов: рН і концентрації екстрагента, білка корелює з наявною ПМЕ активністю екстрактів.

Досліджена полігалактуронозна активність в екстрактах люцерни, яка є супутньою і небажаною в усіх комерційних ПМЕ препаратах (табл. 3).

Найкращим екстрагентом ПМЕ з екстракту люцерни є розчин NaCl у концентрації 0,25 М за рН 8,5. За цих умов відбувається диференціювання активностей ПМЕ і полігалактуронази за рахунок часткового інгібування останньої.

Таблиця 3

Активність полігалактуронази в екстракті люцерни

Екстрагент	Активність, од/г при значеннях рН					
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
0,05 М NaCl	3,1	3,3	3,3	3,3	3,0	2,5
0,15 М NaCl	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4	2,5
0,25 М NaCl	3,5	3,6	3,5	3,4	3,3	2,3
1,00 М NaCl	3,5	3,5	3,6	3,4	3,2	2,0
0,2 М ацетатний буфер	-	-	-	-	-	-
0,1 М фосфатний буфер	3,6	3,6	3,6	3,3	3,2	2,4

За отриманими даними активності полігалактуронази в екстрактах люцерни максимальна екстракція полігалактуронозна активності спостерігається за рН 6,0 – 7,0. Подальше зниження активності полігалактуронази за екстракції у ділянці значень рН > 7,0, більше виражене при великих концентраціях екстрагентів, слід пояснювати як її часткову деградацію під дією луку в ході екстракції.

Традиційно для концентрування ферментів використовують методи випарювання, осадження солями, органічними розчинниками і мембранні методи. З нетрадиційних, але перспективних методів концентрування ферментів використовують такі способи, як абсорбція желатином, ліофільне висушування очищеного ферментного препарату.

Особливо цікавим способом концентрування є взаємодія ПМЕ очищеного ферментного препарату з високометоксильований пектином з подальшим ензимним перетворенням високометоксильованого пектину на низькометоксильований і подальшим комплексоутворенням ПМЕ з пектином.

Взаємодія ПМЕ очищеного ферментного препарату з високометоксильованим пектином як спосіб концентрування базується на тому, що концентрування білків можна проводити зарядженими полімерами. Їх застосування відрізняється дешевизною, оскільки концентрування відбувається за дуже низького вмісту полімерів у реагуючій суміші.

За різних значеннях рН, загальний заряд молекули змінюється. У кислій ділянці рН карбоксильні групи білка знаходяться в неіонізованому стані, і величина заряду молекули визначатиметься наявністю основних груп білка. Макромолекули білка і аніонного полісахариду при рН нижче ізоелектричної точки (ІЕТ) білка мають протилежні знаки і утворюють великі комплексні структури. Кількість осаду, що утворився, у вигляді пектин-білкових комплексів залежить від величини негативного заряду низькометоксильованих пектинових речовин (НПВ), а величина рН, при якому відбувається еквівалентна за зарядом взаємодія в системі білок-пектин, залежить від ступеня етерифікації пектину.

На молекулярному рівні процес утворення електростатичних комплексів можна розглядати як послідовне приєднання білка до аніонного полісахариду. У процесі приєднання кожного наступного білка заряд поліаніонного комплексу знижується і в ІЕТ електронейтральні комплексні структури випадають в осад. Взаємодія пектолітичного ферментного препарату з високоетерифікованим зблучним пектином (ступінь етерифікації (СЕ) 72 %) при термостатуванні в

діапазоні рН 4,5 – 5,5 при температурі 35 – 40 °С упродовж 40 – 45 хв призводило до зниження етерифікації пектину до 26 %. При цьому відбувалася взаємодія: білки утворювали електростатичні комплекси з макроіонами полісахаридів, і електронейтральні комплексні структури випадали в осад. Осад відділяли центрифугуванням, отримана гомогенна пастоподібна маса містила 46,0 % сухих речовин і активність ПМЕ склала 410 од/г, при цьому центрифугат проявляв залишкову порівняно з початковою активність ПМЕ і полігалактуронозна активність склала 2,8 од/г.

Технологія отримання ферментного препарату з пектинметилестеразною активністю з люцерни можна охарактеризувати наступними ключовими технологічними процесами. Екстракт люцерни центрифугують при частоті обертів 83,33 об/с для отримання ферментативного витягу. До отриманого центрифугата додають розчин високоетерифікованого яблучного пектину з масовою концентрацією 2 %, масове співвідношення пектин : центрифугат при цьому складає 1: 1000.

Далі проводять ферментативну деетерифікацію пектину при рН 4,5 - 5,5, температура ферментації складає 35 – 40 °С, тривалість 40 – 45 хв. Після проведення деетерифікації отриману суміш підкислюють до рН 3,0, термостатують при температурі 28 – 37 °С упродовж 25 – 35 хв., і потім центрифугують при частоті обертів 83,33 об/с упродовж 20 хв.

Отриманий осад – сконцентрований пектином ферментний препарат з ПМЕ активністю з масовою часткою вологи 54,0 % – уміщують на противні, так щоб товщина осаду була завтовшки 10 – 15 мм, після чого заморожують методом швидкого заморожування до досягнення температури у внутрішньому шарі мінус 18 °С. Фасують в пакети з газо-, паро- і світлонепроникних полімерних плівок.

Висновки. Таким чином технологія з використанням пектинових речовин самої рослинної сировини для отримання композиційного матеріалу для сорбції на своїй поверхні пектолітичних ферментів, з подальшим використанням для біомодифікації пектинових речовин є актуальним в галузі харчових виробництв, впровадження якої має економічний, практичний і соціальний ефект. Така технологія виключає з виробництва енергоємні способи концентрування продуктів ферментації і може бути реалізована на модульних установках різної потужності як у складі великих плодоперероблюючих підприємств, так і в малому масштабі безпосередньо на місцях скупчення рослинної сировини або відходів його переробки.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення комплексної дії одержаних композиційних пектолітичних ферментів з пектинметилестеразною активністю на модифікацію пектинових речовин фруктової і овочевої сировини.

Література

1. Kim, W. J. Effect of chemical composition on compressive mechanical properties of lowester pectin gels [Text] / W. J. Kim, V. N. M. Rao and Smit. – Journal Food Science, 1998. – vol. 43. – №2. – p. 572–575.
2. Фан-Юнг, З. А. Об условиях получения низкоэтерифицированного яблочного пектина [Текст] / З. А. Фан-Юнг, Б. Н. Балакирева, Ф. И. Каминская // Изв. ВУЗов. Пищевая технология. – 1975. – №5. – с. 139-141
3. Андреев, В. В. Способы получения и применения различных типов яблочного пектина [Текст] / Андреев В. В., Науменко В. В., Паршакова Л. П.// Консервная и овощесушильная промышленность. – М.: ЦНТИПищепром. – 1981. – №5. – С.33-38

4. Голубев, В. Н., Шелухина, Н. П. Пектин: химия, технология, применение [Текст] / В. Н. Голубев, Н. П. Шелухина. – М.: Изд. АТН РФ, 1995. – 373 с.
5. Плешков, Б. П. Практикум по биохимии растений [Текст] / Б. П. Плешков. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 223 – 225.
6. Коваленко, А. В. Новый пектолитический препарат [Текст] / А. В. Коваленко, А. Т. Безусов // Пищевая промышленность. – 1996. – № 12. – С. 35.
7. Починок, Х. Н. Методы биохимического исследования растений [Текст] / Х. Н. Починок. — К.: Наук. думка, 1976. — 334 с.
8. Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений [Текст] / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, И. К Мурри. – М.: Воагропромиздат, 1987. – 430 с.

Стаття надійшла до редакції 24.09.2015

УДК 641.53.09:66.086

Оберемок В. М., к.т.н., доцент, **Молчанова Н. Ю.** (E-mail: nemonn@ukr.net)[©]
Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ НА ЯКІСТЬ М'ЯСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ТА ПРОДУКТІВ З ГІДРОБІОНТІВ

Процес теплового оброблення м'ясних та рибних напівфабрикатів є малоефективним з точки зору витрат енергоносіїв і великих втрат вихідної сировини. Тому удосконалення процесів теплового оброблення м'ясних та рибних напівфабрикатів є актуальною науковою задачею.

Інтенсифікувати процес теплового оброблення можливо шляхом використання різних фізичних методів, тому метою роботи є дослідження впливу обертового електромагнітного поля на інтенсифікацію теплового оброблення м'ясних та рибних напівфабрикатів.

Для вирішення поставленої задачі були проведені дослідження впливу змінного електромагнітного поля на інтенсифікацію процесу теплового оброблення напівфабрикатів з м'ясної і рибної сировини та якість готових виробів.

Результати дослідження показали, що оброблення м'ясних та рибних напівфабрикатів в електромагнітному полі дозволяє зменшити тривалість їх теплового оброблення та підвищити якість готової продукції шляхом зменшення мікробіологічного обсіменіння напівфабрикатів та готових виробів.

Ключові слова: обертове електромагнітне поле, електромагнітний апарат, індуктор, теплове оброблення, м'ясні та рибні напівфабрикати, напруженість поля.

УДК 641.53.09:66.086

Оберемок В.Н., к.т.н., доцент, **Молчанова Н.Ю.**, к.т.н.
Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ И ПРОДУКТОВ ИЗ ГИДРОБИОНТОВ

Процесс тепловой обработки мясных и рыбных полуфабрикатов является малоэффективным с точки зрения расхода энергоносителя и больших потерь сырья. Поэтому усовершенствование процессов тепловой обработки мясных и рыбных полуфабрикатов является актуальной научной задачей.

© Оберемок В. М., Молчанова Н. Ю., 2015