

УДК 664.8.022.6

UDC 664.8.022.6

05.00.00 Технические науки

Technical Sciences

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ  
КОРЗИНОК-СОЦВЕТИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВОГО  
ПЕКТИНОВОГО ЭКСТРАКТА****DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY  
FOR PREPARATION OF INFLORESCENCES  
OF SUNFLOWER FOR PRODUCTION OF  
FOOD PECTIN EXTRACT**

Косарева Оксана Ивановна  
аспирант,  
SPIN: 6407-6580

Kosareva Oksana Ivanovna  
postgraduate student  
SPIN: 6407-6580

Родионова Людмила Яковлевна  
д.т.н., профессор  
SPIN: 2839-4321  
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный  
университет имени И. Т. Трубилина», Краснодар,  
Россия*

Rodionova Lyudmila Yakovlevna  
Doctor of Technical Sciences, Professor  
SPIN: 2839-4321  
*Kuban state agrarian University named after I. T.  
Trubilin, Krasnodar, Russia*

В статье приведены результаты исследований по подготовке корзинок-соцветий подсолнечника для получения пищевого пектинового экстракта. Изучено влияние ферментных препаратов на органолептические и физико-химические показатели гидратопектина и определены оптимальные параметры ферментной обработки, такие как концентрация используемых ферментных препаратов, температура и продолжительность обработки

The article presents the results of studies on the preparation of inflorescences of sunflower for production of food pectin extract. The authors study the influence of enzyme preparations on the organoleptic and physical and chemical parameters of hydropectin and the optimum parameters of enzymatic treatment, such as concentration of the used enzyme preparations, temperature and duration of treatment

Ключевые слова: КОРЗИНКИ-СОЦВЕТИЯ  
ПОДСОЛНЕЧНИКА, ФЕРМЕНТНЫЙ ПРЕПАРАТ,  
ГИДРАТОПЕКТИН, ПЕКТИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА

Keywords: BASKETS OF SUNFLOWER,  
ENZYME PREPARATION, HYDROPECTIN,  
PECTIN

Пектиновые вещества - это физиологически активные полисахариды типа рамногалактуронан, представляющие собой полимеры D-галактуроновой кислоты [1]. Они содержатся в различных растениях: овощах, фруктах, пряно-ароматическом и дикорастущем сырье. Количественное содержание пектина в зависимости от источника колеблется в пределах 0,8-28% к сухой массе растительного сырья [2]. Пектиновые вещества существуют в нескольких формах: нерастворимой (протопектин) и растворимой в воде, свободной галактуроновой кислоте и ее солей. Сырье, содержащее более 70% протопектина к сумме пектиновых веществ, считается экономически выгодным для получения пектина [3].

Основными промышленно значимыми источниками пектина являются кожура цитрусовых, яблочные выжимки, корзинки-соцветия подсолнечника и жом сахарной свеклы.

В корзинках-соцветиях подсолнечника пектиновые вещества находятся в белой внутренней ткани корзинки в основном в водонерастворимой форме, который составляет 53-72% от общего количества пектиновых веществ и составляет основу пекто-целлюлозной оболочки клетки и срединной пластинки, и служат цементирующим веществом, скрепляющим клетки в единую ткань [4]. Поскольку протопектин включен в оболочку растительной клетки, то для увеличения выхода пектиновых веществ необходимо разрушить связь между ним и целлюлозой. Также необходимо учитывать, что корзинки подсолнечника в своем составе имеют большое количество различных углеводов: целлюлозы, сахаров, а также красящих, ароматических, белковых и других балластных соединений, присутствие которых не позволяет без дополнительной обработки получить качественные пектиновые экстракты, так как эти вещества не только затрудняют выход пектиновых веществ, но и обуславливают специфический вкус и аромат пектинового экстракта.

Поэтому, при производстве пектина и пектинопродуктов необходимо уделять особое внимание предварительной подготовке сырья, для максимально полного удаления из него восстанавливающих сахаров, веществ белкового характера и других балластных соединений.

С учетом этих факторов для получения пектиновых экстрактов целесообразно использовать предварительную ферментную обработку. Поскольку целлюлоза имеет прочные химические связи с протопектином, для его выделения необходимо разрушить эти связи [5].

Известно, что в корзинках подсолнечника содержится около 26% целлюлозы, которая и является субстратом для целлюлолитических ферментов, а количество протопектина колеблется от 22% до 25%. Разрыв

целлюлозных цепочек, с которыми связан пектин, под действием фермента, способствует освобождению пектина, из растительного материала.

Ферментативная деструкция целлюлозы может происходить под действием нескольких ферментов, собранных в полиферментные системы (комплексы), состоящие из экзо- и эндоферментов. Их совместное функционирование позволяет с максимальной эффективностью превращать целлюлозу в мономерные единицы [6].

Протопектин представляет собой макромолекулярный комплекс, в который, кроме пектиновых веществ, входят целлюлоза, катионы (Ca, Mg) и анионы (фосфат). Первичная стенка клетки представляет собой макромолекулу, компоненты которой тесно взаимосвязаны. Между мицеллами целлюлозы и ксилоглюканом существуют многочисленные водородные связи. В свою очередь, ксилоглюканковалентно связан с боковыми галактановыми цепями пектиновых веществ, а пектиновые вещества через арабиногалактанковалентно связаны со структурным белком.

Учитывая, что клеточные стенки отличаются относительно высоким содержанием двухвалентных катионов, в основном Ca и Mg (0,5... 1,0 %), между пектиновыми молекулами, содержащими свободные карбоксильные группы, могут возникать хелатные связи в виде солевых мостиков.

Ранее исследователями научной школы Л.В. Донченко было проведено изучение целесообразности использования в производстве пектина и пектинового экстракта из корзинок-соцветий подсолнечника ферментов с высокой целлюлолитической активностью для ослабления связей и снижения жестких режимов гидролиза-экстрагирования. Экспериментальные исследования подтвердили их целесообразность [4]. Однако, в настоящее время, промышленное производство подобных ферментных комплексов приостановлено. Поэтому, в ходе исследования,

изучались новые виды ферментных препаратов, используемые, в настоящее время, в биотехнологии.

Целью настоящих исследований явилось следующее: выбор ферментных препаратов, подходящих для обработки корзинок-соцветий подсолнечника для получения пектинового экстракта, и разработка оптимальных параметров обработки сырья перед гидролизом-экстрагированием. На первом этапе исследований проводилась предварительная обработка корзинок-соцветий подсолнечника различными ферментными препаратами, с высокой целлюлолитической и пектолитической активностью. В ходе исследования изучалось влияние концентрации фермента, длительности обработки и вида фермента на выход пектина и качество пектинового экстракта.

Для этого в качестве объектов исследования были выбраны ферментные препараты Celluclast (Дания), Viscozyme (Дания) и Дспектил Кларификэйшн (Франция), обладающие целлюлолитической, целлюлозно-пектолитической и пектолитической активностью. Ферментный препарат Celluclast и Viscozyme представляют собой жидкость светло-коричневого цвета, а Дспектил Кларификэйшн, содержащий три главных пектолитических фермента (пектинэстераза, полигалактуроназа и пектинлиаза), представлен в виде порошка.

Исследование проводилось следующим образом: перед закладкой на хранение заготовленные и измельченные корзинки подсолнечника высушили до воздушно-сухого состояния в течение 2 часов при температуре 100°C, для инактивации ферментов, содержащихся непосредственно в сырье и влияющих на сохранность пектиновых веществ, в процессе хранения. Затем сырье промывалось водой комнатной температуры и подвергалось предварительной обработке с использованием растворов ферментных препаратов различной концентрации и временем обработки -1, 1,5, и 2 часа, температурой обработки - 40°C, 45°C, 50°C, при

этом гидромодуль поддерживался равным 1:15. Далее жидкая фаза сливалась, сырье промывалось водой и проводилось гидролиз-экстрагирование, с использованием в качестве гидролизующего агента молочной сыворотки. Длительность гидролиза-экстрагирования составляла 2 часа при температуре 85°C.

Далее для выбора оптимального ферментного препарата проводились исследования полученного пектинового экстракта, где в качестве критерия оценки качества принимали органолептические показатели и концентрацию пектиновых веществ в экстракте.

Ферментный препарат Celluclast содержит в своем составе преимущественно целлюлазы, что способствует разрыву прочных внутриклеточных связей протопектина с целлюлозой клеточных стенок и повышению выхода пектиновых веществ.

Важным технологическим фактором, влияющим на действие ферментных препаратов, является температурный режим. Оптимальной температурой действия ферментных препаратов является 35-50°C, поэтому исследования проводили в этом интервале. Согласно, полученным в результате исследования данным, оптимальной температурой действия ферментного препарата Celluclast является 35°C и она обеспечивает наибольший выход пектиновых веществ в указанном интервале. Далее проводились исследования по изучению влияния дозировки фермента на концентрацию пектиновых веществ в экстракте.

Результаты исследования влияния ферментной обработки на концентрацию пектиновых веществ (ПВ) в экстракте и его органолептические показатели представлены на рисунке 1.

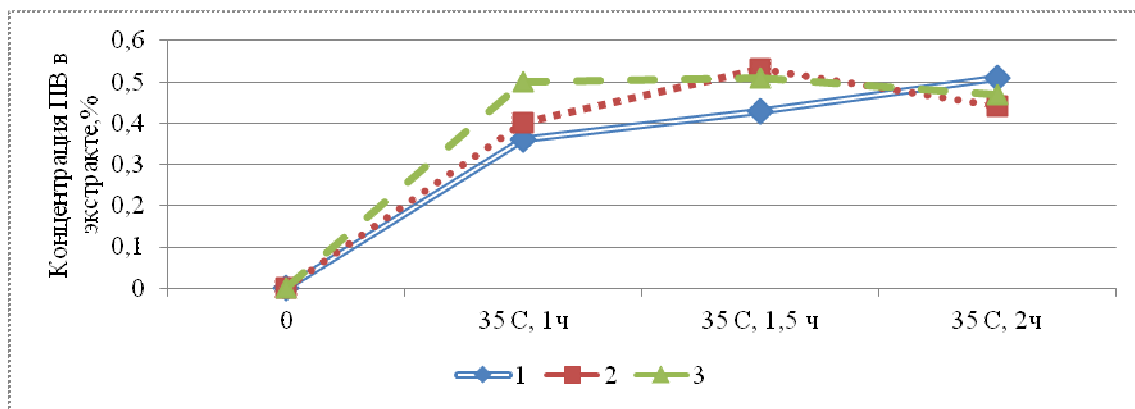


Рисунок 1 -Влияния дозировки фермента Celluclast на концентрацию пектиновых веществ в экстракте

Исходя из данных рисунка, наибольшая концентрация пектиновых веществ в экстракте достигается при обработке исследуемого сырья ферментным препаратом Celluclast, в течение 1 часа при  $t=35^{\circ}\text{C}$ .

Не менее значимым фактором, влияющим на эффективность извлечения пектиновых веществ, является продолжительность процесса предварительной обработки. Результаты экспериментальных исследований, влияния продолжительности процесса обработки ферментом Celluclast на концентрацию пектиновых веществ в экстракте, представлены на рисунке 2.

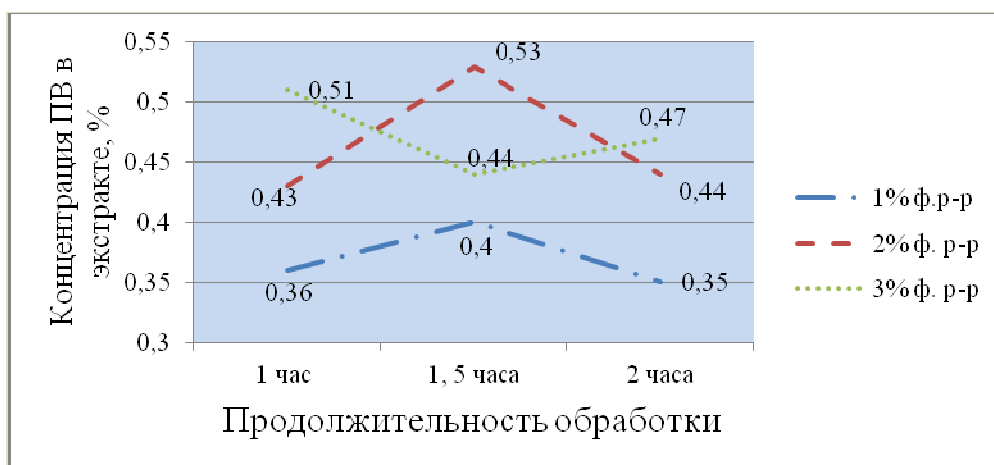


Рисунок 2 – Влияние продолжительности процесса обработки при различной дозировке ферментного препарата на концентрацию пектиновых веществ в экстракте

Из представленных на рисунке данных, следует, что при использовании 1,0 % и 2,0 % раствора Celluclast при изменении температуры обработки ферментным препаратом наиболее высокая концентрация пектиновых веществ в экстракте достигается при продолжительности процесса - 1,5 часа. Дальнейшее увеличение продолжительности предварительной обработки корзинок подсолнечника ферментом Celluclast приводит к снижению концентрации пектиновых веществ в экстракте.

Максимальное значение концентрации пектиновых веществ в экстракте установлено обработкой 2,0 % раствором фермента. Несколько меньшая концентрация пектиновых веществ в экстракте достигается при дозировке ферментного препарата - 3,0%: 0,47% при обработке в течение 3 часов против 0,51% - в течение 1,0 часа. Наблюдалось снижение интенсивности смолистого аромата при использовании фермента 2,0% концентрации и времени обработки 1,5 часа.

Таким образом, в ходе проведения исследования установлено, что использование ферментного препарата Celluclast, при различной температуре и продолжительности обработки не способствует полному удалению специфического запаха подсолнечника, который обусловлен наличием минеральных фосфатов, фосфорных эфиров и белкового фосфора, но частично сокращает его интенсивность по сравнению с образцом без предварительной ферментной обработки.

Наличие специфического (смолистого) привкуса пектинового экстракта из корзинок-соцветий подсолнечника резко ограничивает сферу его применения и не позволяет использовать в пищевой промышленности для получения качественных изделий, выработанных на его основе.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективе использования ферментного препарата в технологии получения качественных гидратопектинов.

Исследования ферментного препарата Viscozyme проводили при идентичных условиях. Варьирование концентрации, температуры и времени обработки не дало положительного результата, сохранялась тенденция, как при использовании фермента Celluclast, но концентрация пектиновых веществ в экстракте находилась в пределах 0,23-0,38%, а при использовании фермента Celluclast, она была равна 0,35-0,53%.

По органолептическим показателям экстракты, полученные с применением фермента Viscozyme, также значительно уступают экстрактам, полученным с использованием препарата Celluclast.

На следующем этапе изучали ферментный препарат Депектил Кларификэйшн.

Депектил Кларификэйшн представляет собой ферментный препарат, обладающий пектолитической активностью, содержащий в своем составе пектинэстеразу, полигалактуроназу и пектинлиазу.

Исследования ферментного препарата Депектил Кларификэйшн проводили при идентичных условиях, с одним отличием – дополнительное увеличение температуры обработки до 50°C. Это связано с полученными отрицательными результатами при температуре 40-45°C. Дальнейшее повышение температуры нецелесообразно, так как оптимум действия ферментных препаратов находится в пределах 35-50°C и его превышение ведет к потере активности фермента.

Результаты исследований зависимости концентрации пектиновых веществ в экстракте от температуры обработки при использовании фермента Депектил Кларификэйшн представлены на рисунке 3.



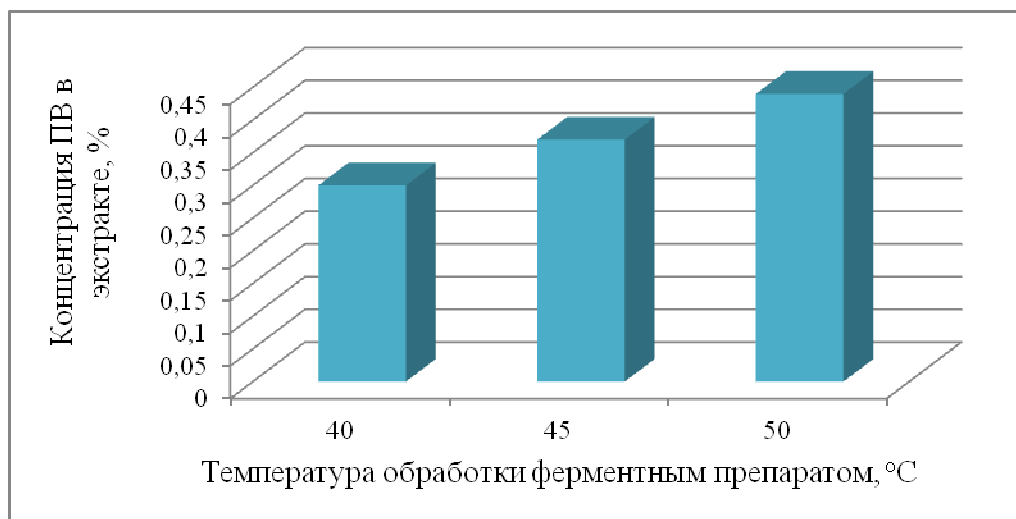


Рисунок 3 - Зависимость концентрации пектиновых веществ в экстракте от температуры обработки при использовании фермента Дспектил Кларификэйшн

После проведенных исследований было установлено, что оптимальной температурой действия фермента Дспектил Кларификэйшн является температура 50°С. При этом пектиновый экстракт имел очень легкий аромат подсолнечника.

При изучении влияния изменения дозировки ферментного препарата видно, что 2% концентрация способствует наибольшему выходу пектиновых веществ, а при 1% и 3% концентрации происходит снижение пектиновых веществ в экстракте, что подтверждают данные рисунка 4.

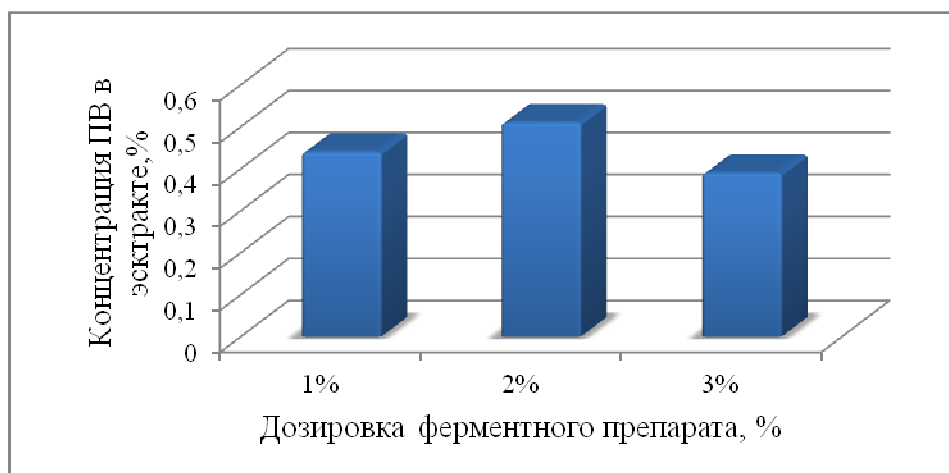


Рисунок 4 - Зависимость концентрации пектиновых веществ в экстракте от дозировки фермента Дспектил Кларификэйшн

Проведенные исследования по предварительной ферментной обработке корзинок-соцветий подсолнечника сырья позволили сделать вывод, что ферментный препарат Депектил Кларификэйшн способствует повышению концентрации пектиновых веществ в экстракте, одновременно снижая интенсивность его специфического аромата.

Депектил Кларификэйшн по результатам исследований является самым эффективным из рассмотренных ферментных препаратов, обеспечивающим максимальную концентрацию пектиновых веществ в экстракте. Наилучшими органолептическими показателями характеризуется пектиновый экстракт, также полученный при обработке ферментным препаратом Депектил Кларификэйшн при температуре 50°C и дозировке 2%.

Значимым технологическим фактором в получения гидратопектина являются параметры гидролиз-экстрагирования. Было проведено изучение влияния температуры гидролиз-экстрагирования, обработанного ферментным препаратом Депектил Кларификэйшн сырья, в пределах 75-90 °С (шаг 5°C) на концентрацию пектиновых веществ. Результаты представлены на рисунке 5.

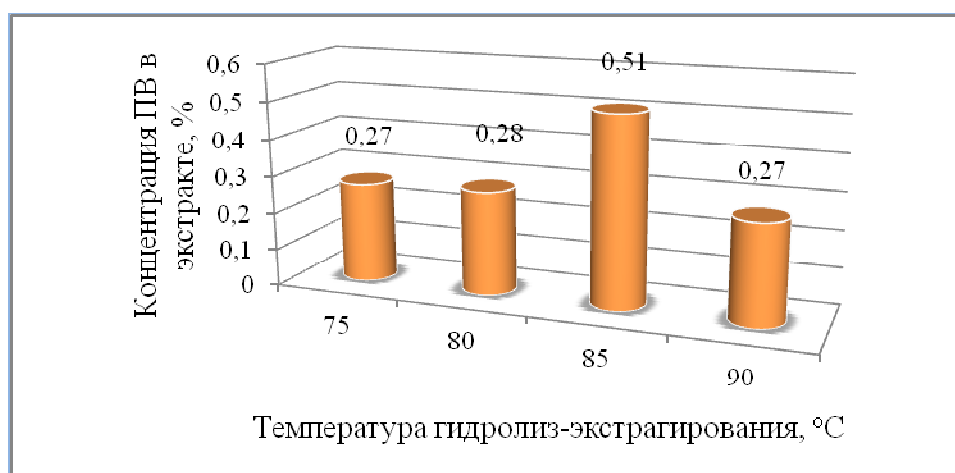


Рисунок 5 - Зависимость концентрации пектиновых веществ в экстракте от температуры гидролиз-экстрагирования обработанного ферментным препаратом сырья

Установлено, что при увеличении температуры гидролиз-экстрагирования с 75°C до 85°C происходит повышение концентрации пектиновых веществ с 0,27% до 0,51%. Это согласуется с теорией процесса гидролиза-экстрагирования пектина и его химией. Высокая температура процесса повышает проницаемость растительной ткани и скорость молекулярной диффузии, снижая вязкость, что облегчает его выделение [7].

Дальнейшее повышение температуры до 90°C приводит к деградации пектиновой молекулы, что обуславливает снижение концентрации пектина до 0,27%.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о перспективе использования ферментных препаратов в технологии получения гидратопектинов. Также следует отметить, что ферментный препарат Депектил Кларификэйшн в большей степени, чем Celluclasti Viscozyme, способствует очистке от балластных веществ и получению качественного пектинового экстракта из корзинок-соцветий подсолнечника. Оптимальными параметрами предварительной обработки являются температура 50°C и 2% концентрация раствора ферментного препарата Депектил Кларификэйшн.

#### **Литература:**

- 1 Оводов, Ю.С. Полисахариды цветковых растений: структура и физиологическая активность //Биоорганическая химия, 1998. Т. 24, — С. 483-501.
- 2 Родионова, Л.Я. Технология пектиносодержащих пищевых композиций функционального назначения. – Краснодар, КГАУ, 2004 г. – 233 с.
- 3 Сапожникова, Е.В. Пектиновые вещества и пектолитические ферменты / Е.В. Сапожникова. - М.: Москва, 1971. - С. 45.
- 4 Соболев, И.В. Биохимическое обоснование технологии получения пектина повышенной биологической ценности из соцветий подсолнечника: автореф. дисс. ... канд. техн. наук.- Краснодар, 1997.- 27 с.
- 5 Соболев, И.В. Предварительная обработка корзинок-соцветий подсолнечника для получения качественных гидратопектинов / И.В. Соболев, Л.Я. Родионова, И.Н. Барышева // Молодой ученый. – 2015. – № 5.1. – С. 99-102

6 Будаева, В.В. Исследование ферментативного гидролиза отходов переработки злаков /В.В. Будаева, Р.Ю. Митрофанов, В.Н. Золотухин /Ползуновский вестник, №3 2008, с.322-327.

7 Донченко, Л. В. Пектин: основные свойства. Производство и применение / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов. - М: Дели Принт, 2007. - 276 с.

**Literatura:**

1 Ovodov, Ju.S. Polisaharidy cvetkovykh rastenij: struktura i fiziologicheskaja aktivnost' //Bioorganicheskaja himija, 1998. T. 24, — S. 483-501.

2 Rodionova, L.Ja. Tehnologija pektinosoderzhashhih pishhevyh kompozicij funkcional'nogo naznachenija. – Krasnodar, KGAU, 2004 g. – 233 s.

3 Sapozhnikova, E.V. Pektinovyje veshhestva i pektoliticheskie fermenty / E.V. Sapozhnikova. - M.: Moskva, 1971. - S. 45.

4 Sobol', I.V. Biohimicheskoe obosnovanie tehnologii poluchenija pektina povyshennoj biologicheskoi cennosti iz socvetij podsolnechnika: avtoref. diss. ... kand. tehn. nauk.- Krasnodar,1997.- 27 s.

5 Sobol', I.V. Predvaritel'naja obrabotka korzinok-socvetij podsolnechnika dlja poluchenija kachestvennykh gidratopektinov / I.V. Sobol', L.Ja. Rodionova, I.N. Barysheva // Molodoj uchenyj. – 2015. – № 5.1. – S. 99-102

6 Budaeva, V.V. Issledovanie fermentativnogo gidroliza othodov pererabotki zlakov /V.V. Budaeva, R.Ju. Mitrofanov, V.N. Zolotuhin /Polzunovskij vestnik, №3 2008, s.322-327.

7 Donchenko, L. V. Pektin: osnovnye svojstva. Proizvodstvo i primenenie / L. V. Donchenko, G. G. Firsov. - M: Deli Print, 2007. - 276 s.