

ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 664.292

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫВАНИЯ ВЫЖИМОК ЯБЛОК, ВЫСУШЕННЫХ В ВИБРОКИПАЮЩЕМ СЛОЕ, НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПЕКТИНА И СТРУКТУРУ ЕГО МОЛЕКУЛЫ

З.В.Василенко, В.И.Никулин, Л.В.Лазовикова

Изучено комплексное воздействие основных технологических параметров процесса промывания гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, на показатели качества пектина и структуру его молекулы. Показано, что промывание сушеных выжимок яблок не приводит к увеличению выхода и улучшению основных показателей качества получаемого пектина.

Введение

Промывание выжимок яблок – достаточно важная стадия технологического процесса производства пектина, от которой, в определенной степени, зависит качество конечного продукта. При промывании выжимок учитываются следующие параметры: кратность, продолжительность, температура, гидромодуль процесса и др. [1]. При этом единого мнения о параметрах промывания пектинсодержащего сырья нет, тем более для гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое. Поэтому считали целесообразным провести исследования, позволяющие установить влияние промывания гранулированных выжимок яблок на показатели качества пектина и структуру его молекулы.

Цель работы – изучение комплексного воздействия основных технологических параметров процесса промывания гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, на показатели качества пектина и структуру его молекулы.

Результаты исследований и их обсуждение

Было исследовано влияние параметров промывания выжимок яблок на выход пектина, молекулярную массу и прочность его студней. Для этого выжимки помещали в реактор, заливали водой с принятым гидромодулем, нагревали до требуемой температуры и проводили промывание выжимок яблок в течение заданного времени. По истечении времени отжимали выжимки от промывных вод через ткань. Далее проводили гидролиз протопектина лимонной кислотой со значением рН 2,5, при температуре (80 ± 2) °С в течение 3 ч. Затем определяли выход пектина, молекулярную массу и прочность его студней. Одновременно определяли эти же показатели для пектина, полученного в аналогичных условиях гидролиза, но без предварительного промывания выжимок яблок (контрольный образец пектина).

В ходе работы использовался план исследования трех факторов на трех уровнях, построенный на основе двух стандартных (упорядоченных) и одного латинского квадрата 3×3 [2]. План и результаты экспериментального исследования представлены в таблице 1.

Искомую зависимость выходных параметров от принятых независимых переменных

представили в виде произведения функции от отдельных аргументов:

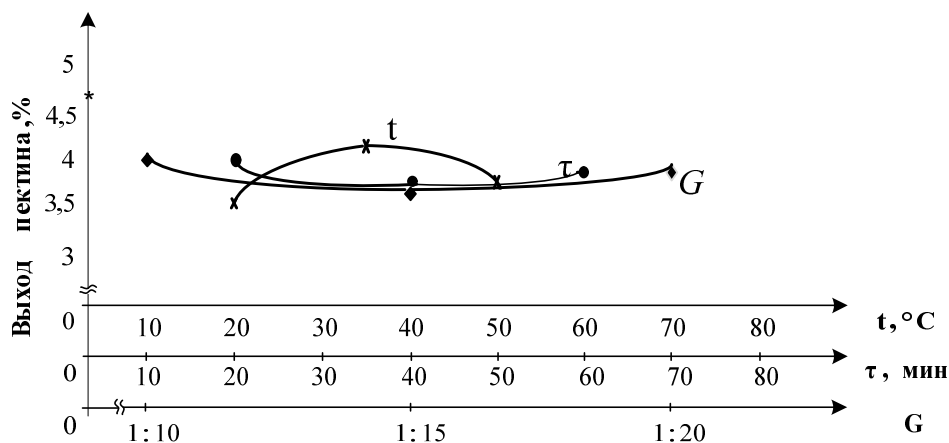
$$X = Af_1(t) f_2(\tau) f_3(G). \quad (1)$$

Таблица 1 – План и результаты экспериментального исследования промывания гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое

№ опыта	Температура промывания	Продолжительность промывания	Гидромодуль промывания	Выход пектина	Молекулярная масса пектина	Прочность пектиновых студней
	t, °C	τ, мин	G	B, %	M, Да	C, °ТБ
1	50	20	1:10	4,39±0,04	61 007±122	355±9
2	50	40	1:15	3,43±0,03	51 219±102	319±8
3	50	60	1:20	3,60±0,04	57 253±115	311±8
4	35	20	1:15	3,93±0,04	55 076±110	326±8
5	35	40	1:20	4,46±0,05	61 403±123	332±8
6	35	60	1:10	4,14±0,04	59 731±119	345±8
7	20	20	1:20	3,55±0,04	56 623±113	329±8
8	20	40	1:10	3,47±0,04	59 837±120	320±8
9	20	60	1:15	3,83±0,04	52 818±106	333±8
контроль	без промывания			4,76±0,05	61 725±103	362±9

Обработка полученных экспериментальных данных позволила получить зависимости основных показателей качества пектина от температуры t, продолжительности τ и от гидромодуля промывания сушеных выжимок яблок [3, 4].

На рисунке 1 представлены зависимости выхода пектина от независимых управляемых параметров процесса промывания выжимок яблок.



* – образец пектина, полученный без предварительного промывания выжимок

Рисунок 1 – Зависимость выхода пектина от независимых управляемых параметров процесса промывания выжимок яблок

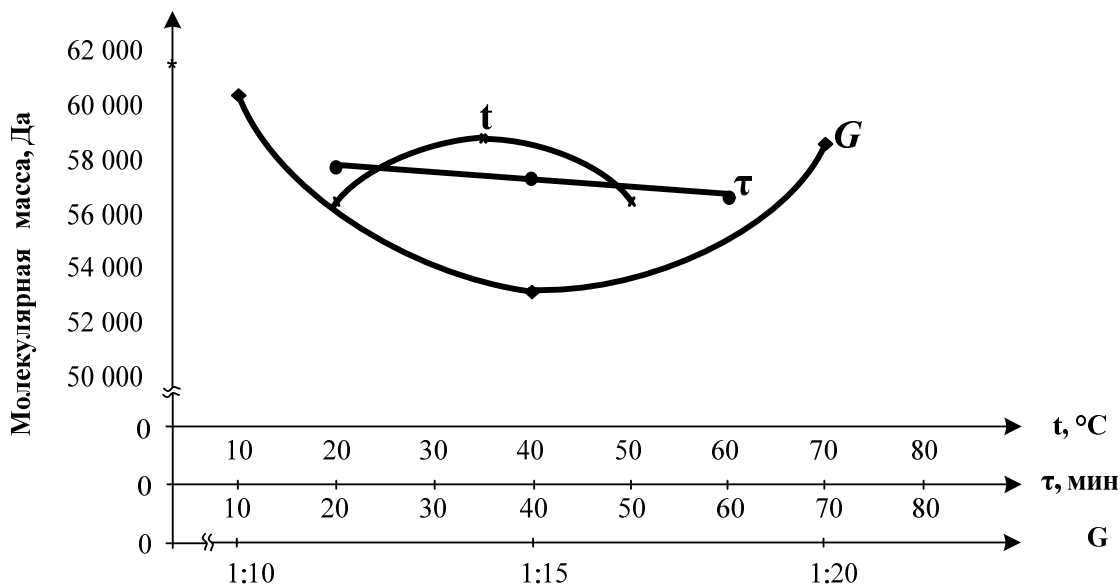
Как видно из данных, представленных на рисунке 1, выход пектина в зависимости от параметров промывания выжимок изменяется в диапазоне от 3,43 до 4,64 %. Причем наибольший выход пектина наблюдается при температуре промывания выжимок (35±2) °C, гидромодуле 1 : 10 и продолжительности промывания 20 мин. Видимо, эти параметры промывания в наибольшей степени обеспечивают сохранность молекулы пектина. При этом выход пектина, полученного в аналогичных условиях гидролиза, но без промывания выжимок, составляет 4,76 %.

Обработка экспериментальных данных позволила получить (f₁, f₂, f₃ при помощи интерпо-

ляции) эмпирическое уравнение (1), устанавливающее зависимость выхода пектина (В) от независимых управляемых параметров процесса:

$$B(t, \tau, G) = 0,069 \cdot (-0,0021 \cdot t^2 + 0,1534 \cdot t + 1,3856)(0,0003 \cdot \tau^2 - 0,0293 \cdot \tau + 4,39) \times (2,167 \cdot G^2 - 4,117 \cdot G + 5,67). \quad (2)$$

На рисунке 2 представлены зависимости молекулярной массы пектина от независимых управляемых параметров процесса промывания сушеных выжимок яблок.



* – образец пектина, полученный без предварительного промывания выжимок

Рисунок 2 – Зависимость молекулярной массы пектина от независимых управляемых параметров промывания выжимок яблок

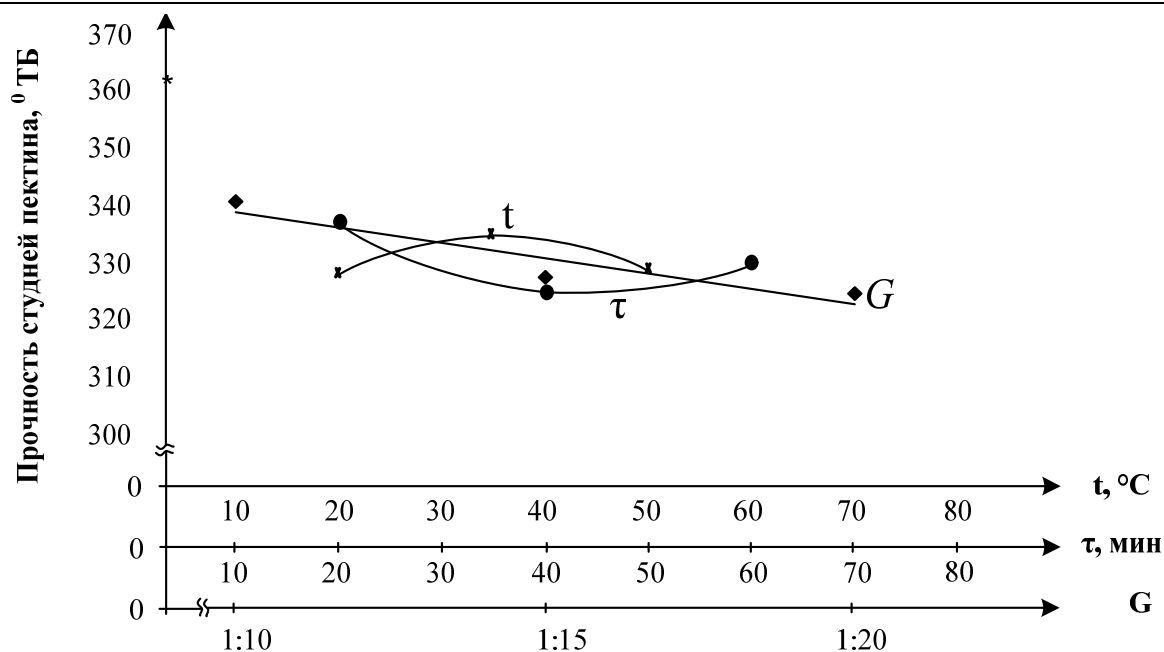
Анализируя данные, представленные на рисунке 2, следует отметить, что молекулярная масса полученных образцов пектина в зависимости от исследуемых параметров процесса гидролиза изменяется в диапазоне от 51000 до 61000 Да. При этом наиболее сильное влияние на молекулярную массу оказывает гидромодуль. Наименьшую молекулярную массу имеет пектин, полученный при гидромодуле 1:15. При этом молекулярная масса пектина, полученного при тех же условиях гидролиза без промывания выжимок, 61 725 Да.

Обработка экспериментальных данных позволила получить (f_1, f_3 – при помощи интерполяции, а f_2 – при помощи аппроксимации) уравнение регрессии, связывающее молекулярную массу с основными параметрами промывания:

$$M(t, \tau, G) = 3,73 \times 10^{-10} (-10,333 \cdot t^2 + 723,13 \cdot t + 46024)(-24,675 \cdot \tau + 58103) \times (69717 \cdot G^2 - 12849 \cdot G + 11218). \quad (3)$$

Зависимости прочности студней пектина от независимых управляемых параметров промывания выжимок яблок представлены на рисунке 3.

Из представленных на рисунке 3 данных видно, что прочность студней полученного пектина в зависимости от исследуемых параметров процесса гидролиза изменяется в пределах от 320 до 340 °ТБ. Самое сильное влияние на прочность студней оказывает гидромодуль: при увеличении гидромодуля прочность студней пектина снижается. При этом прочность студней пектина, полученного при тех же условиях гидролиза без промывания выжимок, больше и составляет 362 °ТБ.



* – образец пектина, полученный без предварительного промывания выжимок

Рисунок 3 – Зависимость прочности студней пектина от независимых управляемых параметров промывания выжимок яблок

Обработка экспериментальных данных позволила получить (f_1, f_2 – при помощи интерполяции, а f_3 – при помощи аппроксимации) эмпирическое уравнение:

$$C(t, \tau, G) = 9,19 \times 10^{-6} (-0,0289 \cdot t^2 + 2,0556 \cdot t + 297,44)(0,0213 \cdot \tau^2 - 1,875 \cdot \tau + 365) \times (-26,66 \cdot G + 354). \quad (4)$$

Из представленных данных (рисунки 1–3) видно, что промывание гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, не приводит к увеличению выхода и улучшению основных показателей качества получаемого пектина. Поэтому было принято решение сравнить структуры молекул пектинов, полученных с предварительным промыванием и без промывания гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, со структурой пектина, полученного по традиционной технологии.

Таблица 2 – Параметры получения образцов пектина

Наименование образца	Режимные параметры
№ 1	Без промывания выжимок, гидролиз ПП раствором лимонной к-ты с рН=2,5, t=80 °C, τ=180 мин, гидромодуль 1:12
№ 2	Однократное промывание выжимок водой, гидромодуль 1:10, t=35 °C, τ =20 мин, гидролиз ПП раствором лимонной к-ты с рН=2,5, t=80 °C, τ=180 мин, гидромодуль 1:12
№ 3 традиционная технология	Трехкратное промывание выжимок водой, гидромодуль 1:20, t=30 °C – 35 °C, τ =20 мин, гидролиз ПП раствором азотной к-ты рН=1,5–2,0, гидромодуль 1:12, t=75 °C – 80 °C, τ=180–210 мин, экстракция водой гидромодуль 1:12, t=45 °C – 50 °C, τ=90–120 мин

ИК-спектр – это «отпечаток пальцев» молекулы, который легко отличим от спектров другой молекулы. Идентификация ИК-спектров каких-либо веществ сводится к отысканию ха-

рактических полос поглощения (которые соответствуют нормальным колебаниям поглощения в спектре) и их отнесению к соответствующим структурным элементам с учетом численных значений частот максимумов поглощения, формы и интенсивности полос [5].

Положения полос поглощения в спектрах связаны с колебаниями определенных групп атомов в молекулах и могут служить для идентификации химических соединений. Для идентификации наличия в ИК-спектрах изучаемых пектинов, определенных химических связей и групп связей используют специальные диаграммы или таблицы, содержащие данные о характеристических частотах [6,7].

Полученные образцы пектинов были охарактеризованы по основным физико-химическим показателям качества, представленным в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества образцов пектина

Физико-химические показатели	Наименование образца		
	№1	№2	№3
Степень метоксилирования, %	79,32±0,79	78,54±0,79	78,36±0,78
Молекулярная масса, Да	44 039±88	43 967±87	41 256±82
Прочность студней, °ТБ	271±7	265±6	253±5
Содержание балластных веществ, %	5,42±0,04	5,09±0,04	4,69±0,04

Чтобы убедиться, что в процессе получения пектина с молекулой пектина не происходит значительных структурных изменений, были исследованы ИК-спектры представленных образцов пектина.

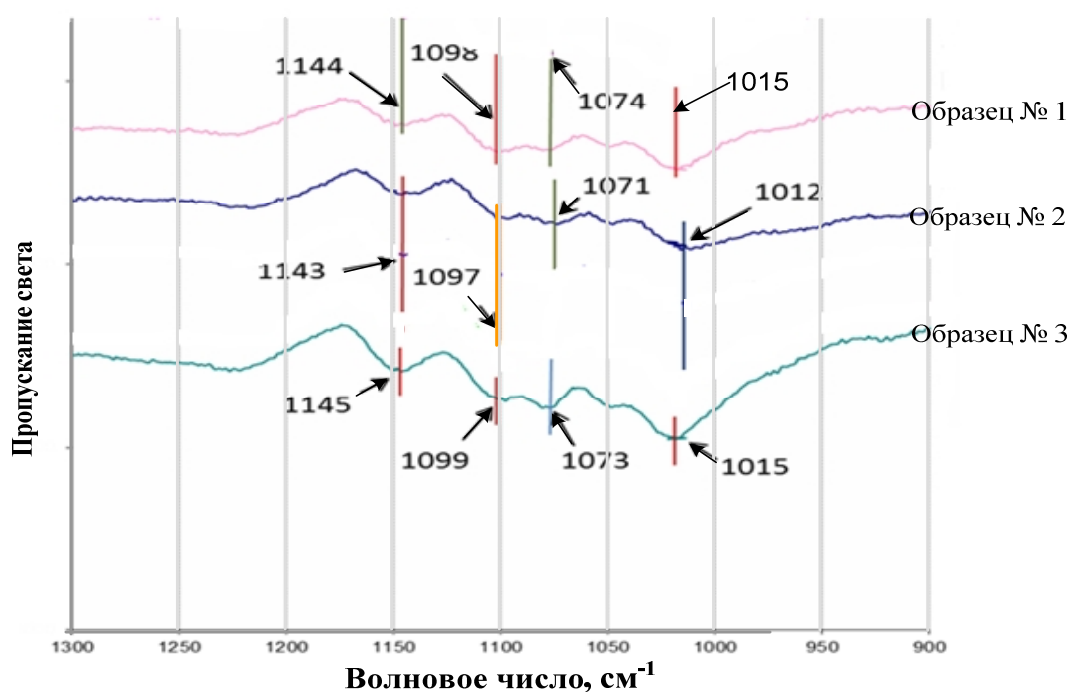


Рисунок 4 – ИК-спектры образцов яблочного пектина, полученных при различных режимных параметрах

Из приведенных на рисунке 4 данных следует, что в спектрах образцов пектина присутствуют индивидуальные полосы колебаний, отличные между собой по интенсивности и малому смещению по отношению к данным, представленным в характеристических таблицах. Все частоты колебаний опытных образцов пектина представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристические полосы изучаемых образцов яблочного пектина

Типы колебаний		Полосы, см ⁻¹				
		$\nu(\text{C-O-C})$	$\nu(\text{C-C})(\text{C-O})_{\text{К}}$	$\nu, \delta(\text{C-OH})_{\text{С}}$	$\nu(\text{C-C})(\text{C-O})_{\text{К}}$	$\nu(\text{C-C})(\text{C-O})_{\text{К}}$
образец	№1	1144	1098	1074	1048	1015
	№2	1143	1097	1071	1048	1012
	№3	1145	1099	1073	1048	1015

Из данных, представленных в таблице 4, видно, что в ИК-спектрах всех образцов пектина в области 1300–900 см⁻¹ (область «отпечатков пальцев») имеют место полосы, характерные для пектина. Во всех случаях обнаруживаются полосы, соответствующие валентным колебаниям эфирной связи $\nu(\text{C-O-C})$ с частотами 1143–1145 см⁻¹.

Известно, что на участке спектров 1000–1200 см⁻¹ обнаруживается группа интенсивных полос, характерная для полисахаридов и соответствующая колебаниям пиранозных колец пектиновых молекул. Так, наиболее интенсивная полоса во всех случаях с частотой 1048 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям $\nu(\text{C-C}, \text{C-O})$ пиранозного кольца, менее интенсивная полоса с частотой 1071–1074 см⁻¹ относится к сложному колебанию $\nu, \delta(\text{C-OH})_{\text{С}}$ пиранозного кольца.

Как видно из данных ИК-спектров всех образцов пектина, представленных на рисунке 4, существенных изменений в спектрах, которые свидетельствовали бы об изменении в структуре полученного пектина, не обнаружено. Данные ИК-спектрального исследования приведенных образцов свидетельствуют о том, что во всех случаях получены образцы пектина, относящегося к высокометоксилированному. Причем интенсивности полос поглощения, характерных для колебаний кето-групп, сложноэфирных связей и метоксильных групп, примерно одинаковы во всех случаях.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что промывание гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, не приводит к увеличению выхода и улучшению основных показателей качества получаемого пектина. Пектин, полученный без предварительного промывания, характеризуется большим выходом и более высокими молекулярной массой и прочностью студней по сравнению с пектином, полученным с предварительным промыванием гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое. Сравнительный анализ ИК-спектров образцов пектина показал, что в структуре молекулы пектина не происходит никаких изменений, получен он с предварительным промыванием гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, или без промывания выжимок, что позволит исключить стадию промывания гранулированных выжимок яблок, высушенных в виброкипящем слое, перед проведением гидролиза.

Литература

- 1 Донченко, Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов / Л.В. Донченко. – М.: ДеЛи, 2007. – 275 с.
- 2 Грачев, Ю.П. Математические методы планирования эксперимента / Ю.П. Грачев // Пищевая промышленность, 1978. – 197с.
- 3 Василенко, З.В. Исследование влияния условий процесса гидролиза-экстрагирования протопектина сушеных выжимок яблок на качество получаемого пектина / Василенко З.В., Никулин В.И., Азарова Л.В. // Вестник МГУП./ УО «МГУП»; гл. ред. А.В. Акулич. – Могилев: 2008. – Вып. 2(5). – С. 24–29.
- 4 Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк. – М.: Мир, 1972. – 151 с.
- 5 Смит, А. Прикладная ИК-спектроскопия/ А. Смит; под ред. А. А. Мальцева. – М.: Мир, 1982. – 328 с.
- 6 Филиппов, М. П. Инфракрасные спектры пектиновых веществ / М. П. Филиппов // Методы анализа пищевых продуктов / М. П. Филиппов. – М., 1988. – С. 198–216.
- 7 Наканиси, К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений: практическое руководство/под редакцией А. А. Мальцева. – М.: Мир 1965.– 220 с.

Поступила в редакцию 29.06.2016