

# **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

УДК 664

*B.E. Силин*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ВЫЖИМОК КРАСНОЙ СМОРОДИНЫ**

*В статье представлен анализ процесса гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ из выжимок красной смородины. Научно обоснованы оптимальные значения технологических параметров, позволяющие обеспечить максимальный выход спиртоосаждаемых пектиновых веществ. Результаты исследований способствуют использованию отходов сокового производства для развития пищевых производств в Восточной Сибири.*

**Ключевые слова:** пектин, красная смородина, экстрагирование, технологический параметр.

*V.E. Siliin*

## **THE KINETICS STUDY AND THE TECHNOLOGICAL PARAMETER SUBSTANTIATION OF THE PROCESS OF THE PECTIC SUBSTANCE EXTRACTION FROM THE RED CURRANT RESIDUES**

*The analysis of the process of the pectin substance hydrolysis-extraction from the red currant residues is presented in the article. The optimal values of the technological parameters that allow to provide the maximum output of the alcohol precipitable pectin substances is scientifically substantiated. The research results contribute to the use of the juice production waste for the development of the food production in Eastern Siberia.*

**Key words:** pectin, red currant, extraction, technological parameter.

---

**Введение.** В последние годы огромное внимание уделяют улучшению качества выпускаемых пектинсодержащих желейных продуктов. Помимо привлекательного внешнего вида, насыщенного цвета, они также способны выводить из организма человека тяжелые металлы, способствуют снижению холестерина в крови. Перспективной культурой в желейном производстве является красная смородина, поскольку она богата глюкозой и фруктозой, часто используется в производстве продукции для диетического питания людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Важное значение в оптимизации питания населения имеет рациональное комбинирование пищевых продуктов, поэтому улучшение качества пищи – наиболее естественный и доступный путь оптимизации питания населения Красноярского края.

**Цель исследований.** Провести анализ процесса гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ из выжимок красной смородины; определить оптимальные технологические параметры.

**Актуальность исследований.** В условиях техногенной нагрузки на экологию человека специалисты уделяют внимание пектинсодержащим желейным продуктам, способным выводить из организма нерастворимые соединения вредных веществ. Перспективным направлением является использование компонентов из свежего и замороженного сырья красной смородины в производстве желейных продуктов с высокой пищевой ценностью. При этом необходимо решить научно-технологическую задачу, включающую переработку выжимок ягод красной смородины для использования в кондитерских изделиях с желейной структурой.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Основной стадией в технологическом процессе производства пектина является гидролиз-экстрагирование. Водородные и гидроксильные ионы являются катализаторами гидролиза. Обладая каталитическим действием водородных ионов, пектиновые вещества претерпевают изменения. При этом большое значение имеет температура и pH среды [1, 2, 3]. Гидролизующие агенты применяются для обеспечения химических условий протекания процесса, при этом наиболее типовым гидролизующим агентом для извлечения пектина из ягодных выжимок является азотная кислота. Для сравнительного анализа была рассмотрена лимонная кислота. Для получения пектиновых экстрактов из ягодного сырья также применяют лимонную кислоту [4], что является достаточным для основания использования в качестве гидролизующего агента в разрешенной технологией производством.

Для сравнительного анализа влияния вида гидролизующего агента на выход и качество пектина из выжимок красной смородины автором проведены исследования по оптимальной концентрации и влиянию на качество и количество пектина.

Если в качестве гидролизующего агента взять азотную кислоту с такими технологическими параметрами, как температура 80 °С, концентрация кислоты 0,4 %, продолжительность 2,5 ч, то лучший показатель выхода пектина даёт сорт «Мармеладница» – 12,39 %, а если гидролизующим агентом будет лимонная кислота с теми же технологическими параметрами, то лучший показатель выхода пектина вновь у сорта «Мармеладница» – 20,08 %, причём по сравнению с азотной кислотой выход пектина увеличился на 7,69 %. Результаты по выходу спиртоосаждаемых пектиновых веществ приведены в табл. 1

Таблица 1  
Выход пектиновых веществ из выжимок красной смородины

Сорт	Выход пектиновых веществ, % к сухой массе	
	Азотная кислота	Лимонная кислота
Ася	10,35	12,33
Вика	10,49	15,51
Мармеладница	12,39	20,08
Орловская звезда	9,87	17,72
Валентиновка	9,98	19,24

Следовательно, для изучаемых сортов красной смородины при действии лимонной кислоты наблюдался более высокий выход пектиновых веществ (в 1,19 раза – сорт «Ася», в 1,47 – «Вика», 1,62 – «Мармеладница», 1,79 – «Орловская звезда», в 1,92 раза – сорт «Валентиновка»), чем при использовании азотной кислоты (рис. 1).

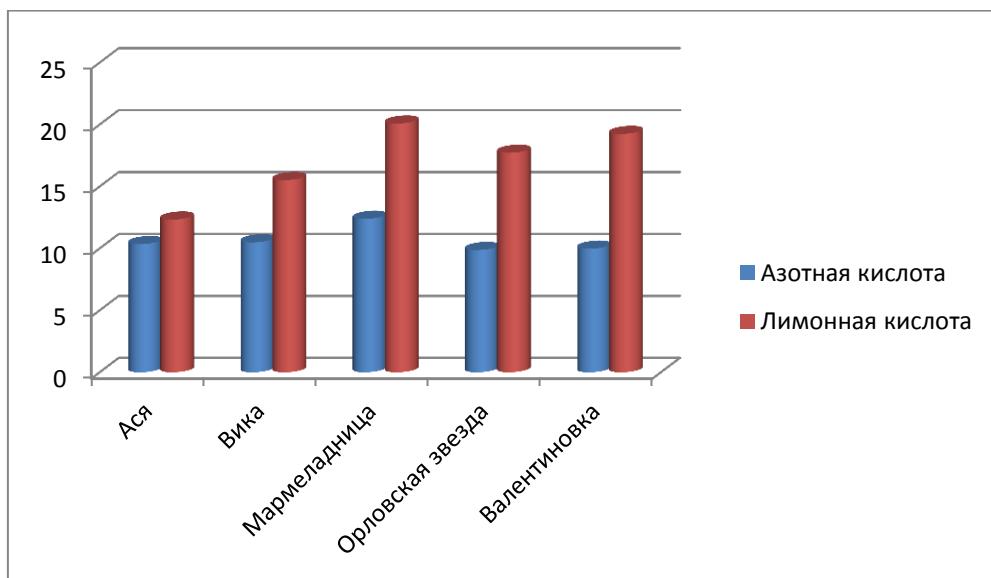


Рис. 1. Выход спиртоосаждаемых пектиновых веществ из выжимок красной смородины

Результаты исследований позволяют делать выводы, что выбранные сорта красной смородины подходят в полной мере для данной технологии (лидируют сорта «Мармеладница» и «Валентиновка»). Таким образом, при использовании в качестве пектиносодержащего сырья выжимок лидирующих сортов красной смородины в качестве гидролизующего агента целесообразно применение лимонной кислоты.

Для определения оптимальной концентрации лимонной кислоты были проведены дополнительные исследования при концентрации 0,03; 0,05; 0,1; 0,15 %. Свыше концентрация недопустима и экономически нецелесообразна. Полученные опытные значения приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Выход пектина в зависимости от применяемой концентрации лимонной кислоты

Сорт	Выход спиртоосаждаемых пектиновых веществ, % к массе сухих веществ			
	0,03 %	0,05 %	0,10 %	0,15 %
Ася	13,78	11,03	12,33	11,82
Вика	18,13	13,78	15,51	13,24
Мармеладница	15,24	18,13	20,08	19,12
Орловская звезда	17,01	15,24	17,72	16,25
Валентиновка	0,05%	17,01	19,24	17,58

Влияние концентрации лимонной кислоты на выход пектина из выжимок красной смородины показано на рис. 2.

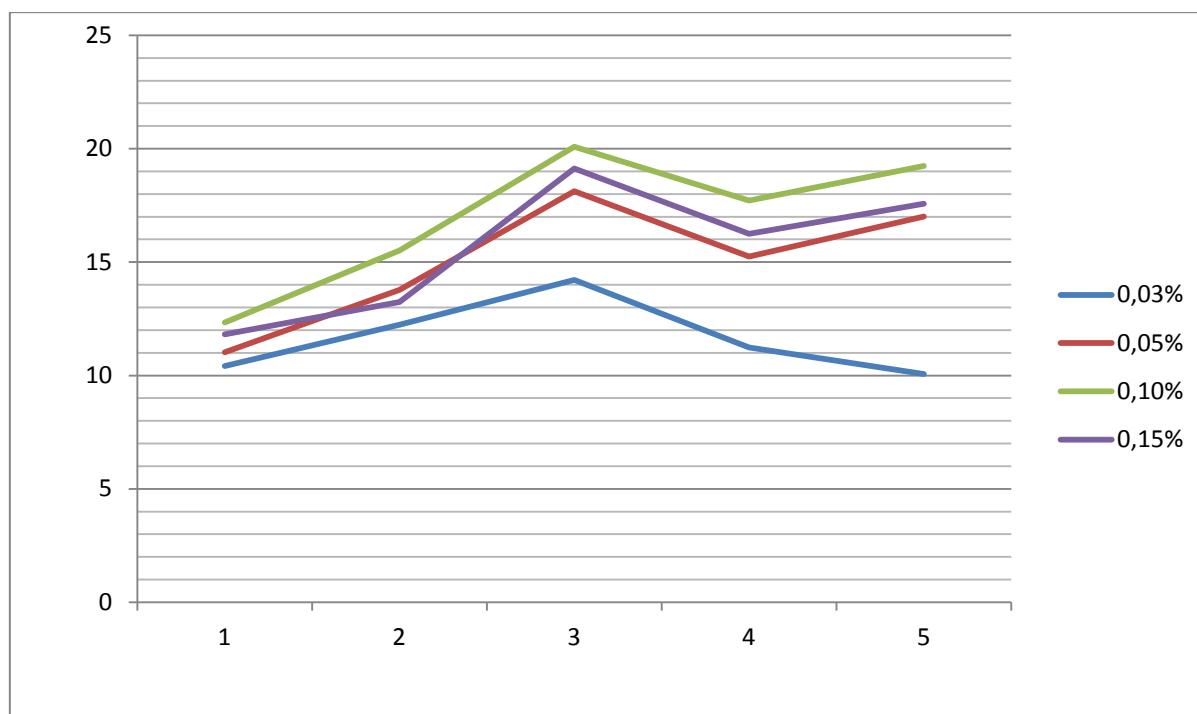


Рис. 2. Выход пектина в зависимости от применяемой концентрации лимонной кислоты

При концентрации лимонной кислоты менее 0,1 % происходит снижение выхода спиртоосаждаемых пектиновых веществ. При концентрации 0,15 % выход пектиновых веществ также снижается, что объясняется частичной деструкцией пектиновой молекулы. Поэтому в качестве наилучшего гидролизующего агента рекомендована лимонная кислота с концентрацией 0,1 %, а в качестве сырья – выжимки ягод лидирующего сорта «Мармеладница»

Экстрагирование пектиновых веществ при различных технологических параметрах. Экстрагирование является основным процессом, определяющим эффективность извлечения пектиновых веществ из растительного сырья.

Температура, время экстрагирования, диффузационная проводимость сырья являются наиболее весомыми факторами, влияющими на данный процесс.

В процессе исследований были определены коэффициент диффузии пектиновых веществ  $D$  и коэффициент массоотдачи  $\beta$ . В качестве используемой была выбрана методика Л.В. Донченко. Для выявления зависимости коэффициента диффузии пектиновых веществ от температуры были проведены исследования с шагом 5°C (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициент диффузии пектиновых веществ из выжимок красной смородины ( $t=80^{\circ}\text{C}$ )

Участок	Продолжительность процесса, мин	Коэффициент диффузии пектиновых веществ $D, 10^{-11}, \text{м}^2/\text{с}$		
		$85^{\circ}\text{C}$	$90^{\circ}\text{C}$	$\Delta C$
1	10	4,85	4,87	0,02
2	20	3,43	3,44	0,01
3	30	2,99	3,02	0,03
4	40	2,95	2,97	0,02
5	50	2,84	2,96	0,12
6	60	2,74	2,78	0,04
7	70	2,76	2,77	0,01
8	80	2,78	2,80	0,02
9	90	2,80	2,82	0,02
10	100	2,81	2,82	0,01

На начальной стадии процесса (10 мин) коэффициент диффузии максимальный, затем он колеблется около величины 2,93. Снижение коэффициента диффузии до 2,81 можно объяснить увеличением вязкости экстрагента. Для выявления зависимости коэффициента диффузии пектиновых веществ от температуры проведены исследования с шагом  $5^{\circ}\text{C}$  (табл. 3).

При температуре  $85^{\circ}\text{C}$  и экспозиции до 10 мин коэффициент диффузии максимальный – 4,85, затем он колеблется около величины 2,90. Снижение коэффициента диффузии до 2,81 на стадии от 20 до 100 мин также можно объяснить увеличением вязкости.

При температуре  $90^{\circ}\text{C}$  и экспозиции до 10 мин коэффициент диффузии максимальный – 4,87, затем он колеблется около величины 2,91. Происходит снижение коэффициента диффузии до 2,82, что свидетельствует о нецелесообразности дополнительных энергетических затрат на нагрев до  $90^{\circ}\text{C}$ .

Другой не менее важной характеристикой кинетики экстрагирования является коэффициент массоотдачи, который также зависит от продолжительности реакции. Данные эксперимента по оценке влияния продолжительности экспозиции на значение коэффициента массоотдачи при  $85^{\circ}\text{C}$  представлены в табл. 4.

Таблица 4

## Оценка массоотдачи пектиновых веществ из выжимок красной смородины

Участок	Продолжительность, мин	Коэффициент массоотдачи $\beta 10^{-7}, \text{м}/\text{с}$
1	10	9,5627
2	20	0,7925
3	30	0,5102
4	40	0,4825
5	50	0,3925
6	60	0,3125
7	70	0,2725
8	80	0,2552
9	90	0,2011
10	100	0,1405

Уменьшение коэффициента массотдачи при увеличении продолжительности экстракции от 10 до 100 мин можно объяснить потерей упругости и ростом концентрации пектиновых веществ и, как следствие, увеличением вязкости экстракта. Снижение скорости циркуляции жидкости-экстрагента приводит к снижению коэффициента массоотдачи пектиновых веществ. В качестве результатного физического показателя для пастыло-мармеладной группы изделий логично взять студнеобразующую способность, а в качестве фактор-

ных показателей использовать время нагрева до температур 80, 85, 90°C. Экспериментальная оценка влияния температуры на студнеобразование выполнена для сорта «Мармеладница» (рис. 3).

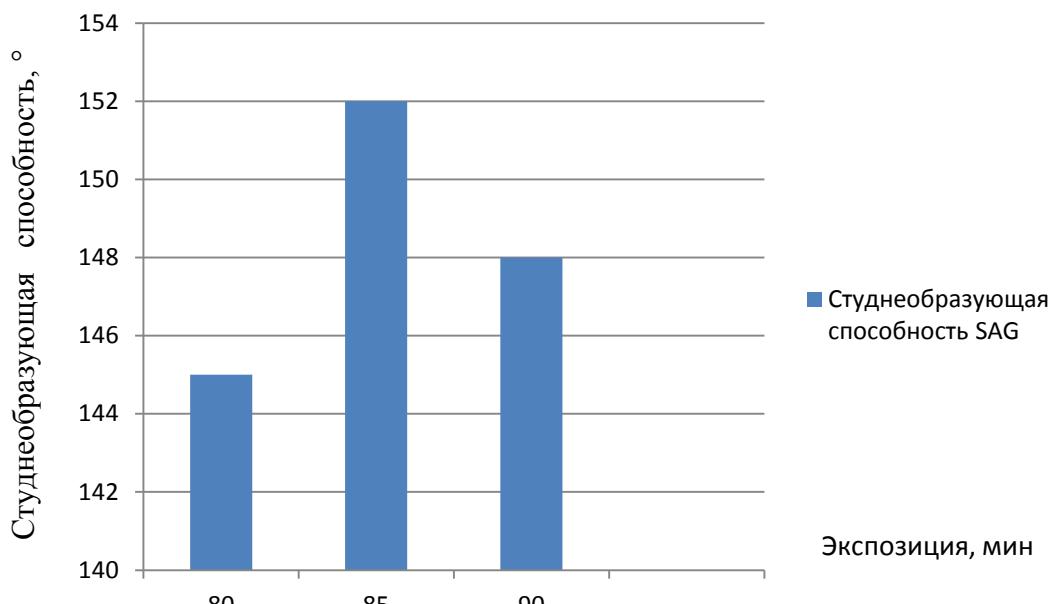


Рис. 3. Зависимость студнеобразующей способности пектина от применяемой температуры (сорт «Мармеладница»)

На рис. 3 видно, что наибольшая студнеобразующая способность пектина достигается при температуре процесса 85°C, а далее при увеличении температуры студнеобразующая способность падает до 148°SAG, что отрицательно влияет на качество пектина. Оптимальность выбора температуры 85°C также соответствует опытам по оценке величины диффузии и массотдачи. Необходимая продолжительность технологического процесса экстрагирования определена для сорта «Мармеладница» при средней температуре 85°C, при этом время экспозиции менялось во временном интервале от 60 до 240 мин. Анализ динамики студнеобразования показывает, что максимум достигается при 120 мин (рис. 4).

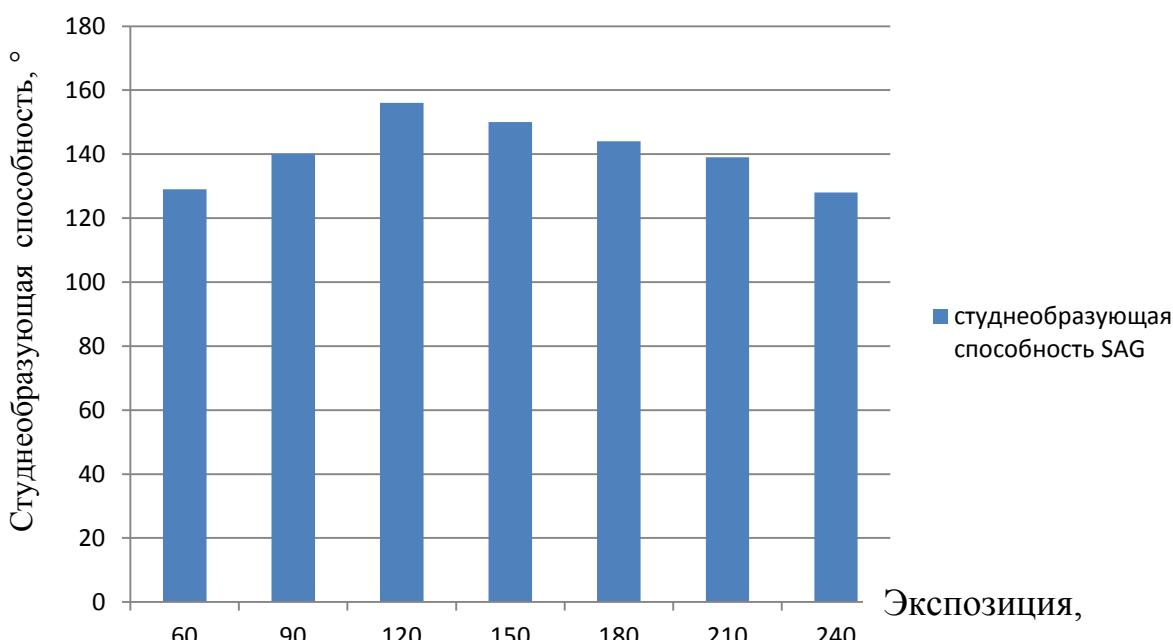


Рис. 4. Влияние продолжительности экстрагирования на студнеобразующую способность пектина из выжимок красной смородины

Дальнейшее увеличение продолжительности экстракции свыше 120 мин отрицательно влияет на процесс студнеобразования. Таким образом, проведенные исследования по оценке технологической эффективности кинетики процесса экстрагирования посредством оценки технологических параметров (коэффициент диффузии, коэффициент массоотдачи пектиновых веществ, студнеобразующая способность пектина) показали, что оптимальными являются следующие условия экстракции: концентрация лимонной кислоты – 0,1 %; температура – 85 °С; экспозиция – 120 мин.

**Заключение.** Исследование влияния основных технологических параметров (температура, продолжительность экстракции, вид агента) на процесс экстрагирования пектиновых веществ из выжимок красной смородины с учетом физико-химического анализа ее сортов показало, что при оптимальных технологических параметрах (температуре 85 °С и продолжительности экстракции 2 ч) с использованием в качестве гидролизующего агента лимонной кислоты с концентрацией 0,1 % выход пектина повышается в 1,62 раза по сравнению с азотной кислотой.

### Литература

1. Василенко З.В. Влияние условий процесса гидролиза-экстрагирования протопектина яблочных выжимок на качество получаемого пектина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 8. – С. 25–27.
2. Красноселова Е.А. Разработка технологии комплексной переработки яблок летних и осенних сортов с получением пектина и пектинопродуктов функционального назначения: дис. ...канд. техн. наук. – Краснодар, 2007. – 187 с.
3. Кузнецов Д.В., Шеставин А.И. Влияние концентрации и природы гидролизующего агента на степень этерификации свекловичного пектина // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2000. – № 2/3. – С. 17–18.
4. Карпович Н.С., Донченко Л.В., Нелина В.В. Оптимальный режим гидролиза-экстрагирования пектиновых веществ из свекловичного жома // Хлебопекарная и кондитерская пром-сть. – 1985. – № 4. – С. 34–35.

УДК 664.68

Н.Н. Типсина, В.В. Матюшев, А.А. Беляков

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ В ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

В статье представлена информационно-логическая модель технологической системы для расчета выхода готовой продукции бисквитного полуфабриката с добавлением порошка из ламинарии.

**Ключевые слова:** технология производства, порошок из ламинарии, сахарное печенье, бисквитный полуфабрикат, моделирование потоков, информационно-логическая модель.

N.N. Tipsina, V.V. Matyushev, A.A. Belyakov

### THE USE OF THE NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS IN FOOD PRODUCTION

*The information and logical model of the technological system to calculate the finished production yield of the sponge cake half-finished product with the added kelp powder is presented in the article.*

**Key words:** production technology, kelp powder, sugar biscuits, sponge cake half-finished product, flow simulation, information and logical model.

**Введение.** Кондитерские изделия – удобный объект для обогащения микронутриентами, дефицит которых представляет собой серьезную проблему в нашей стране. Используемые при производстве кондитерских изделий компоненты содержат незначительное количество минеральных веществ и витаминов, которые в процессе технологической переработки разрушаются. При этом снижается пищевая, прежде всего? витаминная ценность продукта. Обогащение кондитерских изделий, таким образом, становится не только целесообразным, но и абсолютно необходимым. Одним из важных направлений повышения эффективности технологических процессов кондитерского производства является использование нетрадиционного сырья, ко-