

УДК 633.8

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПЛОДОВ АРОНИИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ

© А.С. Федюлин*, Т.В. Борисова, Б.Д. Левин, В.М. Воронин

Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира, 82,
Красноярск, 660049 (Россия) E-mail: fedylin@mail.ru

В статье описано влияние методов и режимов измельчения плодов аронии черноплодной на выход и сохранность биологически активных веществ в получаемых продуктах. Установлены рациональные способы и условия измельчения.

Введение

Плоды дикорастущих и культивируемых растений являются высокоценным сырьем для пищевых, ликероводочных, косметических производств и медицины, так как содержат множество биологически активных веществ (БАВ). Особый интерес вызывает арония черноплодная (*Aronia Melanocarpa*), в плодах которой содержится целый комплекс БАВ: витамины С и Р, антоцианы, флавоноиды, дубильные вещества и др. [1].

В основном плоды используются для получения соков и экстрактов как готовых целебных пищевых продуктов. Зрелые плоды аронии и свежий сок из них являются весьма эффективным средством для лечения гипертонической болезни, профилактики атеросклероза и других заболеваний. Свежие выжимки после извлечения сока – ценное сырье для получения красного пищевого красителя, так как в них остается практически весь пигмент кожицы и подкожного слоя плодов [2].

На современных производствах для измельчения плодов и ягод применяются следующие виды дробилок: валковые, бегуны, дисковые, барабанные, центробежные бичевые и лопастные, терочные, молотковые, дезинтеграторы и дисмембраторы, коллоидные мельницы. Для раздавливания ягод черноплодной рябины в основном используют валковые измельчители, а также некоторые другие [3].

Особенностью переработки плодов является двухвариантная схема: с разделением фаз и с получением пюре. Первый путь позволяет использовать сок и одновременно обеспечить значительное снижение объема твердой фазы (за счет удаления влаги), увеличить плотность укладки, а также сократить энергетические и эксплуатационные расходы на хранение жома и экстракцию.

В большинстве случаев основная цель разделения – достижение как можно большего выхода сока. Если же после сокоотделения из твердой фазы экстрагируются сохраняющиеся в ней БАВ, то при отжиме влаги необходимо обеспечить максимальное разрушение структуры плодов, что позволит увеличить выход этих веществ и снизить продолжительность процесса извлечения [4].

Экспериментальная часть

Сырьем служили хранившиеся при отрицательной температуре плоды аронии, собранные в окрестностях Красноярска.

Влажность материала и количественное содержание БАВ в растительном сырье и продуктах, полученных при разделении, определяли по традиционным методикам [5–8].

Измельчение плодов без предварительной разморозки из-за твердого состояния всей имеющейся в них влаги позволит обеспечить наибольшее разрушение структуры плода и тем самым увеличить выход БАВ при экстрагировании и снизить продолжительность процесса извлечения. С другой стороны, разделение разогретых плодов увеличит выход жидкой фазы (сок как готовый продукт) и, как указывалось выше, даст

* Автор, с которым следует вести переписку.

возможность сократить энергетические и эксплуатационные расходы на хранение жома и последующее экстрагирование. Поэтому работа состоит из двух частей: в первой исследуется переработка плодов с разделением на жидкую и твердую фазы, во второй – без отделения фаз.

Отделение сока осуществлялось на шнековом прессе из предварительно нагретых до температуры 20 °С ягод, а также из замороженных плодов, которые после извлечения из морозильной камеры, где они хранились при температуре –20 °С, сразу подвергались прессованию.

Обсуждение результатов

Таблица 1. Результаты разделения плодов аронии при различном исходном состоянии сырья

Состояние плодов	Выход, %		
	сок	жом	потери
Замороженные плоды	10	88	2
Размороженные плоды	55	42	3

Выход сока, жома и потери (в процентах от массы исходного сырья) представлены в таблице 1.

Как видно, наименьший выход жидкой фазы – 10% имеет место при прессовании замороженных плодов, при измельчении размороженных он возрастает в 5,5 раза – 55%. Максимальный выход твердой фазы наблюдается при разделении плодов, не подвергавшихся действию положительных температур, – 88%, минимальный – 42% при измельчении предварительно нагретых до комнатной температуры плодов. Потери существенных различий не имеют и составляют 2 и 3% при дроблении замороженных и размороженных ягод соответственно.

Наряду с отделением сока при прессовании ягод интерес представляют сведения о сохранности БАВ и их распределении между твердой и жидкой фазами.

Полученные результаты (в процентах от массы в исходном сырье) представлены в таблице 2.

Сок, полученный из размороженных плодов, по всем показателям превосходит сок, получаемый при разделении замороженных. Содержание витамина С в соке из предварительно разогретых до комнатной температуры ягод выше в 2 раза, чем в соке, полученном при прессовании замороженных плодов, и составляет 61 и 30% соответственно. Наибольшее содержание антоцианов наблюдается в соке из размороженных ягод – 32%. Это в 8 раз больше, чем в жидкой фазе, полученной при прессовании замороженных плодов, – 4%. Распределение флавоноидов также неравномерно: содержание их в соке из размороженного сырья превосходит содержание в соке, отделившемся при дроблении замороженных плодов, и составляет 35 и 17% соответственно. Олигосахаридов в получаемой из разогретых до комнатной температуры плодов жидкой фазе 51%, а в соке из замороженных ягод – 22%. Содержание моносахаридов также выше в жидкой фазе, полученной при дроблении предварительно разогретого до комнатной температуры сырья, – 65%, а в соке, отделившемся при прессовании замороженных плодов их 13%.

Обратная картина наблюдается при химическом анализе твердой фазы измельченных плодов. Показатели жома, получаемого из разогретого до комнатной температуры сырья, ниже, чем показатели твердой фазы, полученной из не подвергавшихся действию положительных температур плодов. Витамина С содержится почти в 2 раза больше в жоме, отделившемся при прессовании от замороженных ягод, – 62%, в сравнении с содержанием в твердой фазе, полученной при прессовании размороженных плодов, – 32%. Такое же соотношение распределения антоцианов и флавоноидов: в жоме из разогретых до комнатной температуры ягод их содержится почти в 2 раза меньше (антоцианы – 43%, флавоноиды – 37%), чем в жоме, полученном из замороженных плодов (антоцианы – 81%, флавоноиды – 60%). Содержание олигосахаридов выше в твердой фазе, отделившейся при дроблении замороженных ягод, – 50%, чем при измельчении размороженных – 19%. Моносахаридов также больше в жоме из замороженных плодов – 85%, для твердой фазы, полученной при прессовании разогретых до комнатной температуры ягод, их содержание составляет 25%.

Таблица 2. Распределение биологически активных веществ плодов аронии черноплодной при шнековом сокоотделении

Показатель	Содержание БАВ в исходном сырье, %	Замороженные плоды, %			Размороженные плоды, %		
		сок	жом	потери	сок	жом	потери
Витамин С	0,35	30	62	8	61	32	7
Антоцианы	1,32	4	81	15	32	43	25
Флавоноиды	0,11	17	60	23	35	37	28
Олигосахариды	4,92	22	50	28	51	19	30
Моносахариды	2,95 %	13	85	2	65	25	10

Потери отличаются существенно в таких показателях, как антоцианы – 15 и 25%; моносахариды – 2 и 10% для замороженного и размороженного сырья соответственно. Не поддается простой интерпретации факт потери олигосахариды – 28–30%. Однако сходимость этих результатов в обоих случаях позволяет вести вероятность ошибки определения к минимуму и ставит перед авторами задачу объяснения этого явления в следующих работах. По остальным показателям потери существенных отличий не имеют, следовательно, не зависят от исходного состояния сырья перед прессованием. Среднее значение потерь по представленным показателям для не разогреваемых ягод – 15,2%, размороженных – 20%.

Полученные результаты можно объяснить следующим образом. При измельчении замороженные ягоды, имеющие жесткую структуру плода, подвергаются сжатию и истиранию, а практически вся влага сырья находится в твердом фазовом состоянии, этим и объясняется высокий выход жома – 88%. В процессе истирания мякоть плодов частично нагревается, и влага из твердого переходит в жидкое состояние. Не вся измельченная масса ягод подвергается разогреву, а только та ее часть, которая соприкасается с греющимися поверхностями измельчителя, поэтому выход сока всего 10% и содержание БАВ в нем меньше, чем в жоме.

При прессовании предварительно нагретых плодов сжатию и истиранию подвергается уже сырье, имеющее мягкую структуру плода. В размороженных плодах влага находится в жидком фазовом состоянии, отсюда и высокий выход сока – 55% и большее, по сравнению с твердой фазой, содержание БАВ.

Средние потери БАВ при прессовании размороженных плодов выше на 4,8% по сравнению с потерями при измельчении не разогреваемых ягод, так как температура измельчаемой массы в зоне контакта с рабочими органами измельчителя выше, что губительно сказывается на сохранности термочувствительных БАВ. Основная же часть потерь БАВ скорее всего связана с контактом измельчаемой массы с металлическими частями устройства.

Исследована также возможность подготовки плодов к последующей переработке путем ножевого измельчения без разделения на твердую и жидкую фазы, при котором параллельно со сжатием и истиранием под давлением шнека мякоть подвергается резке вращающимся ножом.

В соответствии с изложенными выше экспериментальными результатами для снижения потерь БАВ ножевое измельчение лучше проводить при низкой температуре ягод, к тому же замороженные плоды эффективнее дробятся.

Степень разрушения структуры плода при измельчении зависит от конструктивных характеристик дробилки, поэтому с учетом того, что размер плодов аронии черноплодной колеблется в пределах 10–15 мм, использовались неподвижные ножи, изготовленные из одного материала, с диаметрами отверстий 5,7 и 9 мм, при условии, что площадь свободного сечения каждого ножа оставалась постоянной.

Выбранные пределы варьирования ограничены тем, что при размере отверстия меньше 5 мм высоко сопротивление решетки, велик расход энергии на измельчение и опасно возможное повышение температуры массы. При диаметре больше 9 мм степень измельчения окажется недостаточной, мелкие ягоды могут проскакивать в отверстия нераздробленными. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Сохранность БАВ при измельчении зависит от диаметра отверстий неподвижного ножа. Наибольшие их потери имеют место при размере 5 мм, при увеличении диаметра отверстий сохранность БАВ возрастает.

Сохранность витамина С в пюре выше при размере отверстий 7 мм – 89%, для 9 мм – 83%. Наибольшее его разрушение наблюдается при 5 мм – 45%. Для антоцианов максимальная сохранность в пюре 98% при диаметре 9 мм, 17% потерь при 5 мм. Флавоноиды при измельчении плодов на ноже с отверстиями размером 7 мм и 9 мм имеют одинаковую сохранность – 96 и 97% соответственно. Высокие потери флавоноидов при 5 мм – 55%. Больше олигосахаридов получаем при диаметре 7 мм – 88%, максимальные потери наблюдаются при 5 мм – 54%. Моносахариды сохраняются в пюре при размере отверстий 9 мм на 94%, наибольшие потери при 7 мм – 32% и 5 мм – 31%.

Таблица 3. Влияние условий измельчения плодов на сохранность БАВ

Показатель	Сохранность БАВ, % от массы в исходном сырье						
	В плодах	Диаметр отверстий ножа, мм					
		5		7		9	
		пюре	потери	пюре	потери	пюре	потери
Витамин С	100	55	45	89	11	83	17
Антоцианы	100	83	17	93	7	98	2
Флавоноиды	100	45	55	96	4	97	3
Олигосахара	100	46	54	88	12	86	14
Моносахара	100	69	31	68	32	94	6

Наибольшие потери БАВ наблюдаются при диаметре отверстий ножа 5 мм – 40,4%, минимальный результат потерь при измельчении через отверстие 9 мм – 8,4%, для диаметра 7 мм – 13,2%.

Заключение

Анализ полученных результатов указывает на особенность переработки плодов аронии, которой является двухвариантная схема: с разделением фаз и с получением пюре. В первом случае для получения сока из ягод аронии черноплодной целесообразнее использовать шнековое прессование предварительно нагретых до температуры 20 °С плодов. Такие условия обеспечивают максимальный выход жидкой фазы с высоким содержанием БАВ. Однако средние их потери выше на 4,8%, чем при разделении плодов с температурой –20 °С.

Если же при дроблении ягод нет необходимости в получении сока, а технологической целью является получение пюре либо подготовка плодов к экстрагированию, то предпочтительнее ножевое измельчение замороженных плодов без предварительного их нагрева. Сырье необходимо измельчать на ножевом измельчителе с диаметром отверстий неподвижного ножа 9 мм, что позволит снизить разрушение БАВ.

Основные выводы по работе таковы:

1. Установлены рациональные способы и условия измельчения;
2. Переработка плодов аронии может осуществляться по двум технологическим вариантам;
3. При шнековом разделении плодов аронии их исходное состояние оказывает влияние на массовый выход фаз и распределение БАВ между ними;
4. Конструктивные характеристики ножевого измельчителя влияют на сохранность БАВ в получаемом продукте.

Список литературы

1. Петрова В.П. Дикорастущие плоды и ягоды. М., 1987.
2. Кочеткова А.А. и др. Современная теория позитивного питания и функциональные продукты // Пищевая промышленность. 1999. №4. С. 15–17.
3. Ситников Е.Д. Практикум по технологическому оборудованию консервного и пищевого концентратного производств. СПб., 2004. 416 с.
4. Зологина В.Г. Технология комплексной переработки плодов рябины обыкновенной: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2005.
5. Кушманова О.Д. Руководство к практическим занятиям по биохимической химии. М., 1974. 424 с.
6. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. М., 1985. 255 с.
7. Ашабаева А.А. и др. Изучение динамики накопления флавоноидов в цветках липы // Фармация. 1987. №6. С. 10.
8. Муравьева Д.А., Бубенчикова В.Н., Беликов В.В. Спектрофотометрическое определение суммы антоцианов в цветках василька синего // Фармация. 1987. №5. С. 28.
9. Рязанова Т.В., Чупрова Н.А., Исаева Е.В. Химия древесины. Красноярск, 1996. 358 с.

Поступило в редакцию 1 июня 2006 г.

После переработки 27 ноября 2006 г.