

Шишкина Н.С., к.б.н., в.н.с., Карастоянова О.В., с.н.с., Шаталова Н.И., аспирант, с.н.с.
ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
(Россия, г. Видное)

ПРИМЕНЕНИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЫХОДА ФРУКТОВЫХ СОКОВ

Аннотация. Одним из приоритетных направлений в современной науке и технике является научное обоснование практического использования в перерабатывающих отраслях продукции сельского хозяйства ионизирующих излучений. Незначительный вклад радиационных технологий в агропромышленное производство страны не отражает имеющегося отечественного потенциала коммерческого использования источников ионизирующих излучений и достижений атомной науки и техники. Преимущества радиационных технологий: экологичность, эффективность воздействия, технологичность процессов радиационной обработки и др. При возникновении сложных эпидемиологических ситуаций, связанных с заражением продукции сельского хозяйства и продуктов питания, применение радиационных технологий позволяет снизить риск заболеваний у населения. В работе показана перспективность применения обработки γ -излучением фруктового сырья с высоким содержанием пектиновых соединений для увеличения выхода соков с мякотью и натуральных соков благодаря пострadiaционному размягчению и увеличению влагоотдачи тканей. Радиационная обработка обеспечивает высокий уровень микробиологической безопасности и сохранения высоких показателей качества растительного сырья и соковой продукции. Одновременно сокращаются потери растительного сырья в 3-5 раз и продлевается сезон переработки.

Ключевые слова: фрукты, соки, γ -облучение, микробиологическая безопасность.

N.S. Shishkina, Candidate of Biological Science, Leading Researcher, O.V. Karastoyanova, Senior Researcher, N.I. Shatalova, Graduate Student, Senior Researcher
All-Russian Scientific Research Institute of Preservation Technology – Branch of the V.M. Gorbатов Federal Research Center of Food Systems of RAS, Vidnoe, Russia

APPLICATION OF IONIZING RADIATIONS FOR INCREASING THE FRUIT JUICES YIELD

Annotation. One of the priority areas in modern science and technology is the scientific justification for the practical use in the processing industries of agricultural products of ionizing radiations. The insignificant contribution of radiation technologies to the agro-industrial production of the country does not reflect the existing domestic potential for the commercial use of ionizing radiation sources and the achievements of atomic science and technology. Radiation technologies advantages: environmental friendliness, effectiveness of impact, radiation treatment technological process, etc. In the event of complex epidemiological situations associated with the contamination of agricultural products and food products, the use of radiation technologies can reduce the risk of disease in the population. The work shows the promise of using γ -radiation treatment of fruit raw materials with a high content of pectin compounds to increase the yield of juices with pulp and natural juices due to post-radiation softening and increase in moisture yield of tissues. Radiation treatment provides a high level of microbiological safety and preservation of high quality indicators of plant raw materials and juice products. At the same time, losses of plant raw materials are reduced by 3-5 times and the processing season is prolonged.

Key words: fruits, juices, γ -irradiation, microbiological safety.

Фруктовые соки являются продуктами высокого потребительского спроса как источник витаминов, биологически активных соединений, микро- и макроэлементов и др.

Повышение объемов производства отечественной соковой продукции – одна из актуальных задач АПК. К числу факторов, лимитирующих развитие сокоперерабатывающих предприятий относится необходимость повышения заготовок отечественного плодовоовощного сырья и необходимость оптимизации технологий производства соков с повышенным выходом продукции при высоких показателях качества и микробиологической безопасности. Совершенствование научно-технической базы перерабатывающей отрасли открывает возможности решения указанных проблем [1-10].

Рассмотрение существующих методов, применяемых для повышения выхода фруктовых соков, показывает, что наиболее перспективны направления, позволяющие осуществить подготовку сырья, отвечающую следующим требованиям: размягченная структура, высокая клеточная проницаемость, высокое сохранение пищевой ценности, снижение уровня фитопатогенной микрофлоры, особенно афлатоксинообразующей, высокий уровень выхода соков.

Исходя из имеющегося опыта по радиационной технологии [3, 4] и обобщения результатов научных исследований РФ и разных стран [3-6], можно рассматривать в качестве перспективного направления использование радиационной обработки плодовоовощного сырья как в целях повышения производственного эффекта с увеличением выхода сока, так и для рассмотрения вопросов по сохранению качества и микробиологической безопасности сырья для удлинения сезона переработки. В качестве радиационных источников на основе международных рекомендаций используются: γ – излучение от источников ^{60}Co и ^{137}Cs и ускоренные электроны при мощности до 10 кГр.

Традиционно выход сока обеспечивается прессованием измельченной сырьевой массы (мезги). Однако для ряда фруктов, например черной смородины такой метод неприменим. Выход сока из черной смородины при прямом отжиме составляет не более 3 % [1, 5].

Нами проведены исследования по изучению технологической эффективности использования радиационного воздействия в целях совершенствования технологического процесса производства фруктовых соков и увеличения выхода сока, а также для повышения сохранности сырья и продления сезона переработки.

Для исследований использовали различные фрукты (черная смородина, вишня, абрикос, персик, слива и др.). Радиационную обработку проводили от источника ^{60}Co дозами от 1 до 4 кГр. Хранение сырья до обработки осуществляли в открытой упаковке в условиях охлаждения (4...5 °С) или без него.

Процесс изготовления соков проводили по традиционным технологическим схемам [1-8]. Из облученного сырья изготавливали соки натуральные и соки с мякотью. Обработку фруктов гамма-излучением осуществляли до начала операций переработки или перед краткосрочным хранением.

При исследовании влияния радиационной обработки на увеличение выхода сока из фруктов наибольшее внимание нами уделялось показателям, играющим важную роль в производстве соков – плотности и проницаемости тканей, а также изменениям других показателей качества сырья (рисунок 1, 2, таблица 1).

Обработка ионизирующими излучениями оказывала воздействие на физиолого-биохимические показатели растительных тканей. Одним из существенных изменений являлось размягчение тканей фруктов. Установлено, что размягчение тканей после обработки γ -лучами выражено тем сильнее, чем выше доза облучения.

Пострадиационная размягченность тканей фруктов связана с изменением пектинового комплекса, в том числе с сокращением содержания протопектина и возрастанием фракции растворимых пектиновых соединений.

С увеличением дозы облучения и изменением плотности фруктов возрастает проницаемость их тканей, определяемая по вымыванию органических веществ из клеток срезов фруктов (рисунок 2).

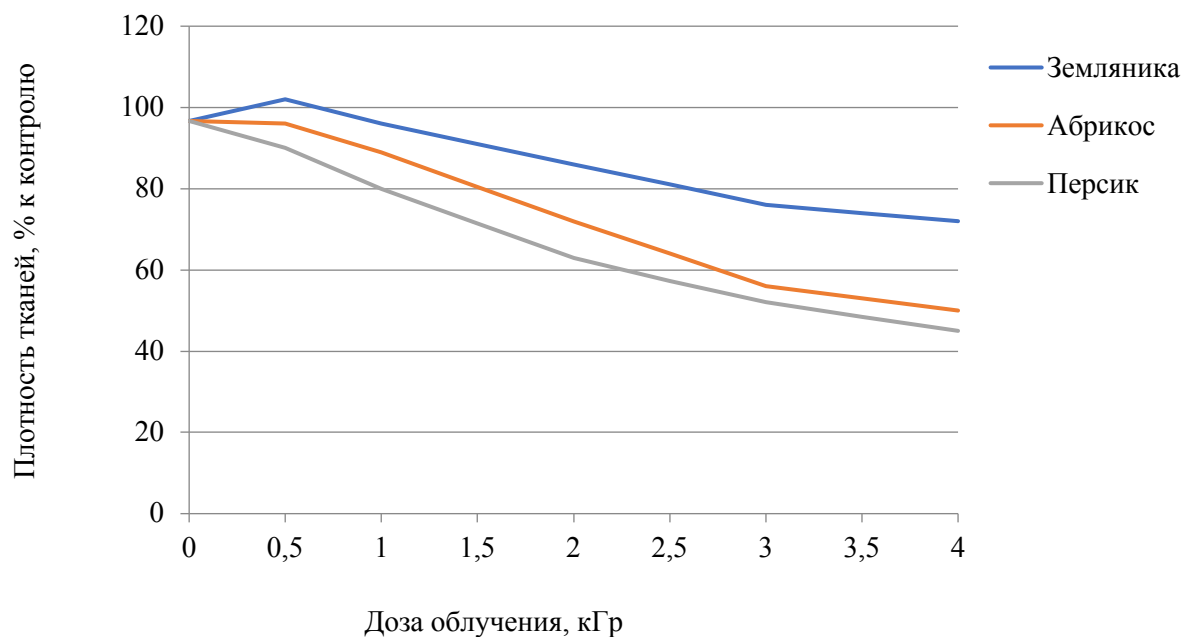


Рис. 1. Влияние дозы облучения на плотность тканей фруктов

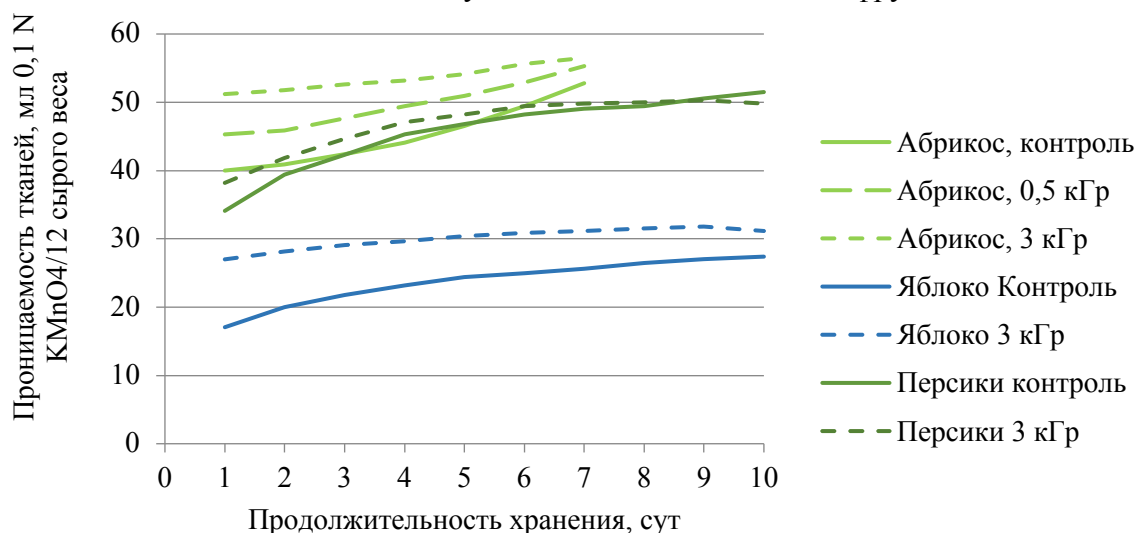


Рис. 2. Влияние различных доз облучения на изменение проницаемости тканей фруктов в процессе послеуборочного созревания

Натуральные соки из γ -облученных фруктов.

Учитывая специфику действия γ -излучения, предстояло исследовать возможность увеличения выхода натурального сока из фруктов, отличающихся низкой сокоотдачей или содержащих большое количество пектиновых веществ.

Для получения натуральных соков использовали партии черной смородины, сливы и других фруктов отечественных сортов. Сырье облучали дозами 1-4 кГр.

Соки отжимали при давлениях, принятых в практике изготовления соков. В таблице 1 приведены данные, показывающие выход сока из ягод и фруктов, облученных дозой 3 кГр. Наибольшее увеличение выхода сока отмечено у сливы и винограда. Для ягод, у которых

результаты по выходу сока мало изменялись – черная смородина, крыжовник на 2-5 %, осуществляли дополнительно комплексное использование γ -облучения и обработке пектолитическими ферментами.

Совместная обработка увеличивает выход сока на 10—15% (черная смородина) (таблица 1). Есть все основания предполагать, что облучение, вызывая частичное разрушение протопектина тканей и деэтерификацию галактуроновой кислоты, как бы подготавливает субстрат для действия пектолитических ферментов.

Как показали наши исследования, облучение в комбинации с пектолитическими ферментами особенно эффективно при переработке не полностью вызревших ягод, где много протопектина. Необходимо также подчеркнуть, что по мере хранения контрольные ягоды подвергались значительной микробиологической порче, тогда как соки из облученных ягод и после хранения (5—15 дней) имели отличное качество.

Таблица 1 – Влияние обработки γ – излучением на выход сока из ягод и фруктов

Вид сока натурального	Обработка пектолитическими ферментами	Выход сока (в %) из фруктов		Изменение выхода (увеличение или уменьшение), %	Достоверность различий полученных данных
		Контроль	Облучен.		
Сливовый	нет	52±0,88	66±0,90	+14	0,01
Виноградный	нет	77±0,60	84±0,58	+7	0,001
Черносмородиновый (из ягод после 20 сут. хр.)	нет	64 ±0,84	69 ±0,84	+5	0,01
Черносмородиновый (из ягод после 15 сут. хр.)	да	64 ±0,84	74 ±0,86	+10	0,01
Черносмородиновый (из ягод после 1-10 сут.)	да	65 ±0,84	90 ±0,81	+15	0,01

Таким образом, γ -облучение изменяя структуру протоплазмы, понижая ее эластичность и снижая способность удерживать клеточный сок в вакуолях, способствует лучшей сокоотдаче у растительного сырья. Размягчая ткань и подготавливая ее к действию пектолитических ферментов, облучение позволяет увеличить выход натурального сока из сырья, богатого пектиновыми соединениями.

Соки с мякотью из γ -облученной черной смородины.

Соки с мякотью готовили согласно существующим технологическим инструкциям с точным соблюдением последовательности всех процессов, исключая в некоторых опытах прогревание измельченной массы или предусматривая прогревание ее при различных температурах. Черную смородину дробили, прогревали до определенной температуры и финишировали. Облученное и необлученное сырье пропускали через экстрактор одинаковое количество раз. Выход сока из непрогретой облученной черной смородины увеличивается по сравнению с контролем на 15%, а из прогретой массы у облученных ягод и фруктов увеличивался менее значительно, чем у контрольных.

Таблица 2 – Влияние γ – излучения на выход соков с мякотью из ягод черной смородины

Вид сока с мякотью	Обработка теплом (температура) сырья	Выход сока (в %) из сырья		Изменение выхода (увеличение или уменьшение) в %	Достоверность различий полученных данных
		Контроль	Облученные		
Черносмородиновый	нет	40±1,10	55±0,98	+15	0,01
	40 °С	62±0,88	71±0,87	+9	0,01
	60 °С	68±0,86	73±0,84	+5	0,02

Выявлено также, что при переработке облученного сырья основная масса протирается в процессе первой протирки, а из контрольного — при последующих.

Таким образом, полученные материалы дают основание утверждать, что γ -облучение, размягчая растительную ткань и увеличивая клеточную проницаемость ягод, способствует более полному выходу массы при изготовлении соков с мякотью, позволяет получить продукт с хорошей гомогенной консистенцией.

Применение обработки ионизирующими излучениями позволяет не только увеличить выход соков (натуральных и с мякотью), но и сохранить высокие показатели их качества, что обусловлено особенностями пострадиационного воздействия на растительное сырье (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние γ -излучения на химико-технологические показатели соков из облученного сырья

Вид соков	Содержание в %			Витамина С в мг/%
	сухих в-в	сахаров	орг. к-т.	
Черносмородиновый с мякотью				
Необлученных, протертых при 85 °С	12,9	3,7	5,7	163
Облученные дозой 3 кГр				
Непрогретых	13,4	3,8	5,6	170
Прогретых при 40 °С	13,6	4,0	5,7	174
Прогретых при 60 °С	13,6	3,9	5,7	170
Прогретых при 85 °С	14,4	3,9	5,5	170
Черносмородиновый натуральный				
Необлученных	12,4	3,6	2,4	230
Облученные дозой 3 кГр	12,1	3,6	2,4	240

Как показали результаты исследований, натуральные соки и соки с мякотью из ягод, полученные из облученного сырья, характеризовались высоким содержанием сухих веществ, сахаров, органических кислот и пигментов, обладающих Р-витаминной активностью (таблица 3).

Радиационная обработка обеспечивает в результате ингибирования специфической микрофлоры снижение микробиологической обсемененности растительного сырья. При дозе 3 кГр количество поверхностной микрофлоры снижается у вишни и черной смородины по бактериям в 100-800 раз, по плесневой микрофлоре в 10-20 раз, по дрожжевой в 10 раз. В период хранения сырья различия с контролем возрастают. Количество жизнеспособных клеток, спор или конидий микроорганизмов в облученном сырье меньше, чем в контроле: по бактериям в $3 \cdot 10^3$ раз, по плесневым грибам в $8 \cdot 10^2$ раз, по дрожжам в $4 \cdot 10^3$ раз. В результате сокращаются потери от порчи и убыли массы в 3-5 раз, продляются сроки хранения ягод на 1-2 недели, косточковые фрукты на 1-2 месяца. Таким образом, повышается микробиологическая безопасность сырья и получаемого сока.

Следует отметить еще одно преимущество использования обработки ионизирующими излучениями сырья в технологии получения соков. Установлено, что дозы 2-4 кГр ингибируют жизнедеятельность плесневых грибов *Penicillium expansum* и *Aspergillus niger* и других, образующих афлатоксисины, что повышает микробиологическую безопасность соковой продукции.

Ранее нами установлено, что количество жизнеспособной микрофлоры у фруктов (вишни и черной смородины), облученных дозой 3 кГр и сохраняемых при температуре 4-5 °С ($\tau=3$ недели) сокращалось в сравнении с контролем по дрожжевой микрофлоре в $2,3 \cdot 10^3$ - $5 \cdot 10^3$ раз, по плесневым грибам в $1,8 \cdot 10^2$ - $3,8 \cdot 10^2$ раз, а по бактериям в $5,0 \cdot 10^2$ - $8,6 \cdot 10^3$ раз.

Сроки хранения фруктов до переработки продляются до 15-20 суток. При сохранении высокой органолептической оценки [2].

Обобщенные результаты исследований.

Применение радиационной обработки обеспечивает пострadiационное размягчение растительных тканей и повышает клеточную проницаемость, что обеспечивает увеличение выхода фруктовых соков на 10-15 % при сохранении высоких химико-технологических и органолептических показателей.

Для фруктов, характеризующихся малым выходом сока, наибольший эффект отмечается при применении комплексных методов обработки дополнительно к γ -облучению (тепловой прогрев, пектолитические ферменты и др.).

Важную роль играет возможность при радиационной обработке обеспечить микробиологическую безопасность сырья и соков, в том числе ингибирование развитие афлатоксинообразующей микрофлоры. Преимуществом метода является также продление сроков хранения сырья, что обеспечивает увеличение сезона переработки.

В настоящее время расширяются возможности промышленного применения в РФ радиационного метода обработки пищевой и сельскохозяйственной продукции - для чего введена в действие первая промышленная радиационная установка (Обнинск, Калужская обл., ООО «Теклеор»). Это открывает перспективы для производственной реализации радиационных методов обработки в АПК.

Список литературы

1. Самсонова А.Н. Фруктовые и овощные соки/ А.Н.Самсонова - Агропромиздат., 1990, 280 с.
2. Ломачинский В.А. Новые функциональные плодоовощные продукты /В.А.Ломачинский/ Ж. «Пищевая промышленность». – №2007- № 1 - С. 18-19.
3. Шишкина Н.С./ Перспективная радиационная технология переработки и хранения плодоовощной продукции //Н.С.Шишкина, Г.П.Степанов// Ж. «Вопросы атомной науки и техники» Серия: Техническая физика и автоматизация, выпуск 76. – 2017 - С. 35-42.
4. Фрумкин М.Л. Технологические основы радиационной обработки пищевых продуктов // М.Л.Фрумкин, Л.П.Ковальская, С.Ю.Гельфанд.// – М.: 1973 - 406 с.
5. Диденко Р.А. Оценка качества ягод при замораживании и хранении / Р.А. Диденко/ Ж. «Холодильная техника». –№ 9 -1984 - С.29-32.
6. Коротная Е.В. Заморозка черной смородины/ Е.В.Коротная / Ж. «Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья». –№ 3 - 2006 - С. 15-16.
7. Скрипников Ю.Г. Производство плодово-ягодных вин и соков/ Ю.Г.Скрипников/ Изд-во «Колос». - 1983 - 256 стр.
8. Кожухов М.А. Получение овощных соков и напитков с использованием биотехнологических методов / М.А.Кожухов / Известия вузов. Пищевая технология. - № 4 - 2007 - С.27-29.
9. Лазаревич Н.В. Радиобиология // Н.В.Лазаревич, И.И.Сергеева и др. // Горки: БГСХА - 2012 - 64 с.
10. Ахметзянов А.М. Получение сока дикорастущих ягод методом прямого отжима / А.М.Ахметзянов / Ж. «Пищевая промышленность». - № 2 - 2008 г - С. 58-59.