

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕМ НА МИКРОБНУЮ ОБСЕМЕНЕННОСТЬ, ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И СОДЕРЖАНИЕ АНТОЦИАНОВ В ТЕМНОМ ИЗЮМЕ

Н.А. Васильева, кандидат биологических наук

Н.И. Санжарова, доктор биологических наук, профессор

И.В. Полякова, научный сотрудник

О.А. Губина, научный сотрудник

Е.П. Пименов, кандидат биологических наук

Н.А. Фролова, кандидат биологических наук

Д.В. Крыленкин, младший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии

E-mail: nellyanat@yandex.ru

Ключевые слова: ионизирующее излучение, пищевая промышленность, радиационная антимикробная обработка, сухофрукты, обеспечение микробиологической безопасности

Реферат. Одним из наиболее перспективных и щадящих методов снижения количества микроорганизмов в продуктах питания и сельскохозяйственном сырье является обработка ионизирующим излучением. Целью работы являлась оценка влияния антимикробной обработки гамма-излучением на показатели качества и содержание антоцианов в темном изюме. Объектом исследования был темный изюм, произведённый в Узбекистане. Исследуемые образцы анализировали по показателям качества (органолептические, влажность, цветность) и микробиологическим показателям (общая микробная обсемененность, содержание дрожжей, плесеней и бактерий группы кишечной палочки). Проводили также идентификацию основных групп микроорганизмов, выделенных с поверхности изюма, методом MALDI-TOF масс-спектрометрии. Содержание антоцианов в образцах измеряли методом рН-дифференциальной спектроскопии. Исследования показали, что при облучении темного изюма в диапазоне доз от 1,5 до 9 кГр происходит значительное снижение численности основных санитарно-показательных микроорганизмов. Установлено, что оптимальная доза для подавления микрофлоры лежит в диапазоне 4 – 6 кГр. За микробную контаминацию изюма отвечают в основном плесневые грибы родов *Mucor*, *Rhizopus* и *Aspergillus* и дрожжи родов *Candida* и *Phomopsis*. В результате обработки ионизирующим излучением отмечено снижение содержания антоцианов в 1,5 – 2 раза, при этом изменения цвета, вкуса и товарного вида изюма не установлено. Обработку темных сортов изюма гамма-излучением можно рекомендовать как альтернативу химической обработке.

INFLUENCE OF GAMMA RADIATION TREATMENT ON MICROBIAL CONTAMINATION, QUALITY INDICATORS AND ANTHOCYANIN CONTENT IN DARK RAISINS

N.A. Vasilyeva, PhD in Biological Sciences

N.I. Sanzharova, Doctor of Biological Sciences, Professor

I.V. Polyakova, Research Fellow

O.A. Gubina, Research Fellow

E.P. Pimenov, PhD in Biological Sciences

N.A. Frolova, PhD in Biological Sciences

D.V. Krylenkin, Junior Researcher

All-Russian Research Institute of Radiology and Agroecology

Keywords: Ionizing radiation, food industry, radiation antimicrobial treatment, dried fruits, microbiological safety assurance.

Abstract. *One of the most promising and gentle methods for reducing the number of microorganisms in food and agricultural raw materials is treatment with ionizing radiation. The work aimed to evaluate the effect of antimicrobial treatment with gamma radiation on quality indicators and anthocyanin content in dark raisins. The object of the study was dark raisins produced in Uzbekistan. The studied samples were analyzed according to quality indicators (organoleptic, moisture, color) and microbiological indicators (total microbial contamination, yeast content, mold, and coliform bacteria). The main groups of microorganisms isolated from the surface of raisins were also identified using MALDI-TOF mass spectrometry. The anthocyanin content of the samples was measured by pH differential spectroscopy. Studies have shown that when dark raisins are irradiated in the dose range from 1.5 to 9 kGy, there is a significant decrease in the number of main sanitary-indicative microorganisms. It has been established that the optimal dose for suppressing microflora is 4 – 6 kGy. Microbial contamination of raisins is mainly caused by molds of the genera *Mucor*, *Rhizopus*, and *Aspergillus* and yeasts of the genera *Candida* and *Phomopsis*. As a result of treatment with ionizing radiation, a decrease in the content of anthocyanins by 1.5–2 times was noted. At the same time, no changes in the color, taste, and presentation of raisins were established. Treatment of dark varieties of raisins with gamma radiation can be recommended as an alternative to chemical treatment.*

Сухофрукты являются популярным пищевым продуктом во всем мире. Они употребляются как в нативном виде, так и в виде различных кулинарных изделий. Сухофрукты обладают остаточной влажностью около 20 % и богаты витаминами (А, В₁, В₂, В₃, В₅, В₆) и минеральными элементами (железо, кальций, магний, фосфор, калий, натрий) [1, 2]. Сроки хранения сухофруктов составляют 6 – 12 месяцев при температуре от 5 до 20 °С и относительной влажности не более 70 % в складах, не зараженных вредителями, с соблюдением санитарных правил. Это одно из главных преимуществ сухофруктов, и в этом отношении они являются удобной альтернативой свежим фруктам (особенно во время неурожайного сезона). Наиболее распространенными в РФ сухофруктами считаются изюм, сушеные абрикосы, вяленый чернослив, сушеные яблоки и финики [3].

Крупнейшими поставщиками сухофруктов на отечественный рынок являются Иран, Турция, Чили и страны Средней Азии, что определяется природно-климатическими условиями и эффективной возможностью выращивать и производить сухофрукты в данных странах. По усредненной оценке, на данные три государства приходится порядка 55 % всего объема импорта сухофруктов в Российскую Федерацию [4].

Одним из наиболее распространенных продуктов переработки винограда является изюм. Микробиологическое загрязнение изюма, как и любых других продуктов растительного происхождения, напрямую связано с технологией возделывания исходного сырья и переработкой. Уровень микробиологического обсеменения и таксономический состав микробиоты определяются типом продукции, условиями ее получения, изготовления и хранения. В изюме микроорганизмы попадают, прежде всего, из окружающей среды: почвы, воздуха, воды, причем как непосредственно в процессе прямого контакта, так и опосредованно, например, через инвентарь и руки работников.

Для снижения уровня микробной нагрузки и сохранения внешнего вида используют консервант – диоксид серы (Е220). Основной проблемой обработки сухофруктов химическими веществами является возможность их негативного воздействия на состояние здоровья потребителей. Традиционные методы деkontаминации не являются универсальными для большинства продуктов этого вида. Использование высоких температур снижает количество компонентов, отвечающих за аромат, вкус, лекарственные и антиоксидантные свойства растительного сырья [5]. Ультрафиолетовое излучение неэффективно при обработке упакованной продукции или больших объемов. Фумигация нежелательна из-за опасности для здоровья и негативного воздействия на окружающую среду [6]. Поэтому обработка ионизирующим излучением является

лучшим и зачастую единственным способом для микробной деконтаминации и дезинсекции без существенного изменения качества продукта.

Облучение продуктов питания признано специалистами ФАО, МАГАТЭ, ВОЗ в качестве альтернативы вредным химическим препаратам, применяющимся для обеззараживания пищи. Безопасность облученной продукции подтверждена многолетними исследованиями [7, 8].

Как любой другой физический метод воздействия, ионизирующее излучение может оказывать влияние на внешний вид, вкусовые и физико-химические свойства продуктов питания [7, 8]. Степень воздействия, прежде всего, зависит от величины поглощённой дозы и ее мощности, а также от индивидуальных свойств облучаемых объектов. Поскольку изюм используется как десерт, а не поставщик витаминов, то крайне важно в процессе деконтаминации сохранить его презентабельный вид и вкусовые качества. Цвет темному изюму, как и темным сортам винограда, придают в основном антоцианы – окрашенные растительные гликозиды. Несмотря на доказанное положительное влияние антоцианов на здоровье человека, они являются веществами с низкой биодоступностью в нативной форме – до 1 %, хотя дополнительные факторы могут увеличивать их доступность до 10 % и выше [9]. Темные сорта изюма являются богатым источником антоцианов: их содержание колеблется в пределах 250 – 350 мг/кг, однако в плодах черной смородины, бузины или аронии их в 5 – 10 раз больше [10]. Изюм относится к высококалорийным продуктам (270 – 300 ккал/100 г), поэтому его рекомендуемая суточная норма потребления невелика: не более 100 – 150 г в сутки. Таким образом, антоцианы, находящиеся в изюме, отвечают, главным образом, за товарный вид продукта, а не за его пищевую ценность.

Антоцианы, как химические вещества, растворимы в воде и полярных растворителях, способны изменять свой цвет при изменении pH среды. Сушеный виноград содержит до 20 % воды, которая находится в основном в связанном состоянии и образует сложную и прочную систему с органическими веществами продукта и только небольшое ее количество находится в свободном состоянии в капиллярах. Изюм относится к продуктам с низкой активностью воды ($a_w \leq 0,6$). Тем не менее содержащаяся в нём вода при облучении подвержена процессам радиоллиза. Эти процессы могут привести к многочисленным реакциям как с образованием активных радикалов, новых веществ, так и к сдвигам pH, влияющим на изменение цвета. Известно, что водные растворы антоцианов нейтрализуют почти все виды радикальных форм кислорода. Этот процесс широко изучен на примерах живых растений, соков и вина [11].

Применение ионизирующего излучения для снижения микробного обсеменения сухофруктов, в том числе изюма, недостаточно изучено и пока не нашло широкого распространения на территории Евразийского союза, но имеет большие перспективы.

Целью исследования была оценка влияния обработки изюма из темных сортов винограда гамма-излучением на изменение качества продукта, уровня и спектра микробной контаминации и содержание в нем антоцианов.

Опытные партии изюма производства Узбекистана были закуплены в торговой сети. Изюм был упакован в коробки из гофрокартона с дополнительным слоем полиэтилена (LDPE). Масса нетто – 4,5 кг. Из 6 коробок путем тщательного перемешивания получали объединенную пробу. Образцы для облучения массой по 400 г были расфасованы в полипропиленовые контейнеры (6×11×17 см). Радиационную обработку образцов изюма проводили на гамма-установке ГУР-120 (ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск). Мощность дозы при облучении – 100 Гр/ч. Поглощенные дозы гамма-излучения составили 1,5; 3,0; 6,0 и 9,0 кГр. Дозиметрию осуществляли с помощью универсального дозиметра ДКС-101 (ООО НПП «Доза», Россия) и пленочных дозиметров СО ПД(Э)-1/10 (ГСО 8916–2007) (ФГУП «ВНИИФТРИ», Россия).

Определение органолептических показателей образцов изюма осуществляли в соответствии с ГОСТ 6882-88 и ГОСТ 8756.1-2017. Влажность определяли методом высушивания до постоянной массы при температуре 105 °С.

Микробную обсемененность сухофруктов оценивали до радиационной обработки, спустя 3 суток и 3 месяца после нее. Все образцы хранились в равных условиях в закрытых контейнерах при комнатной температуре ($22 \pm 3^\circ\text{C}$) и без доступа прямого солнечного света. В качестве контроля использовали необлученные образцы. Количественный учет микроорганизмов проводили на питательных средах производства ФБУН «ГНЦ ПМБ», г. Оболенск, в соответствии с нормативными документами (ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ 31747-2012). Численность микроорганизмов выражали в колониеобразующих единицах на 1 г продукта (КОЕ/г). При испытании облученных образцов период инкубации микроорганизмов был увеличен до 5 суток для учета роста ослабленных форм бактерий. Количество образцов на каждый вариант эксперимента – 3 и по 3 независимых измерения каждого образца.

Идентификацию выделенных культур микроорганизмов проводили методом MALDI-TOF масс-спектрометрии.

После количественного определения микробного загрязнения все выросшие колонии переносили на специализированную модифицированную агаризованную среду (аминопептид – 60 мл, триптон – 5 г, экстракт дрожжей – 1 г, экстракт соевый – 30 мл, агар – 20 г, вода – до 1000 мл, pH – 7,2) для дорастивания при температуре $30 \pm 1^\circ\text{C}$.

Перенос колоний необходим, так как среда выращивания культур микроорганизмов влияет на результат идентификации, и, кроме того, это позволяет дополнительно очистить колонии от случайных примесей.

Анализировали колонии микроорганизмов, снятые с агара (среда 5/5a), смешанные с 1 мкл матрицы НССА, нанесенные на мишень из полированной нержавеющей стали и высушенные на воздухе при комнатной температуре. Анализы проводили на масс-спектрометре Autoflex speed (Bruker Daltonics, Германия), оснащенном лазером с длиной волны излучения 337 нм в линейной конфигурации и режиме регистрации положительных ионов. Внешняя калибровка прибора была выполнена с использованием стандарта «бактериальный тест» (BTS, # 255343, Bruker Daltonics). Для идентификации микроорганизмов использовали программу BioTyper 3.0 (Bruker Daltonics, Германия) которая опиралась на базу, включающую спектры 5989 известных микроорганизмов.

Для приготовления водной вытяжки сухофруктов брали навески 5 г продукта, заливали 25 см^3 горячей воды и выдерживали 15 мин при 80°C на водяной бане при постоянном помешивании. Пробу отфильтровывали в мерную колбу и повторно заливали 25 см^3 горячей воды, процедуру повторяли, фильтраты объединяли. Объем пробы, следовательно, составлял 50 мл.

Определение суммы антоцианов в водной вытяжке проводили методом pH-дифференциальной спектрофотометрии на основании ГОСТ 32709-2014.

Измеряемой величиной является разность в оптической плотности растворов с pH 1,0 и 4,5 при длинах волн 510 и 700 нм, которая пропорциональна массовой концентрации (массовой доле) антоцианов в исследуемом растворе и определяется по формуле

$$A = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH}=1,0} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH}=4,5} \quad (1)$$

Массовую долю суммы антоцианов в исходной продукции $C(X)$ мкг/г в пересчете на цианидин-3-глюкозид рассчитывают по формуле

$$C(X) = \frac{A \times M(X) \times R \times V \times 100}{\varepsilon \times l \times m(X) \times (100 - W)} \cdot 10^3 \quad (2)$$

где A – рассчитанная оптическая плотность суммы антоцианов (формула (1));

$M(X)$ – молекулярная масса цианидин-3-глюкозида (449,2 г/моль);

R – коэффициент разведения;

V – объем буферного раствора, дм^3 ;

ε – молярный коэффициент экстинкции цианидин-3-глюкозида ($26900 [\text{моль} \cdot \text{см} / \text{дм}^3]^{-1}$);

l – длина оптического пути кюветы (1 см);

$m(X)$ – масса анализируемой пробы, г;

W – потеря массы при высушивании (влажность продукта), %.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием программ Microsoft Office Excel 2007.

Органолептические показатели контрольных и облученных образцов изюма темного в дозах 1,5; 3,0; 6,0 и 9,0 кГр не отличались друг от друга и соответствовали ГОСТ 6882-88. Масса ягод сушеного винограда одного вида, сыпучая, без комкования, без плодоножек. Запах и вкус – свойственные сушеному винограду: вкус сладкий и сладко-кислый без постороннего привкуса и запаха. Цвет – сине-черный с красным оттенком. Содержание влаги – в пределах 12,4 – 15,1 %.

Микробиологический анализ образцов изюма до радиационной обработки показал низкое значение показателя количества мезофильных аэробных и факультативно аэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), однако количество плесневых грибов превышало нормативные показатели (ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции») (табл. 1), что делало продукт непригодным для непосредственного употребления. Бактерии группы кишечной палочки (БГКП) не обнаружены ни в одном из образцов. Облучение позволяет снизить контаминацию, после облучения изюма в дозах выше 6 кГр количество микроорганизмов снижается до неопределяемого уровня.

Спустя 3 месяца после радиационной обработки органолептические показатели (цвет, запах, вкус, внешний вид) всех исследуемых образцов оставались свойственными темному изюму и соответствовали нормативным требованиям в соответствии с ГОСТ 6882-88. Отмечено некоторое снижение количества микроскопических грибов, при этом следует отметить, что контаминация контрольных образцов превышает норматив по этому показателю. Во всех облученных образцах после трех месяцев хранения численность дрожжей, плесеней и КМАФАнМ соответствует нормативу (см. табл. 1).

Таблица 1

Микробиологические показатели контрольных и облученных образцов изюма темного
Microbiological parameters of control and irradiated dark raisin samples

Доза облучения, кГр	КМАФАнМ, КОЕ/г	Дрожжи и плесени, КОЕ/г	Кратность превышения нормативного значения по содержанию плесени
3 сут после облучения			
Норматив согласно ТР ТС 021/2011	Не более 50000	Не более 500	
Контроль	6250±1150	5550±1010	> 10
1,5	1240±490	900±340	1,8
3,0	720±80	860±50	> 1,7
6,0	Не обнаружено	Не обнаружено	
9,0	Не обнаружено	Не обнаружено	
3 мес после облучения			
Контроль	8844±840	1466±350	> 2,9
1,5	580±180	490±120	
3,0	150±30	100±20	
6,0	Не обнаружено	Не обнаружено	
9,0	Не обнаружено	Не обнаружено	

В контрольных (не облученных) образцах изюма преобладают плесневые грибы и не образующие спор бактерии (табл. 2). Плесневые грибы представлены в основном родами *Mucor*, *Rhizopus* и *Aspergillus*. Среди бактерий выделяются эпифитные и почвенные виды.

Таблица 2

Видовая и родовая принадлежность основных групп микроорганизмов, выделенных из тёмного изюма
Species and genus affiliation of the main groups of microorganisms isolated from dark raisins

Плесени	Спорообразующие бактерии	Бактерии	Дрожжи
<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Mucor</i> spp., <i>Rhizopus</i> spp.	<i>Bacillus endophyticus</i> , <i>Bacillus flexus</i> , <i>Fictibacillus barbaricus</i> , <i>Bacillus drentensis</i> , <i>Paenibacillus thiaminolyticus</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Sporobolomyces roseus</i> , <i>Bacillus cibi</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	<i>Staphylococcus</i> spp., <i>Streptomyces lavendulae</i> , <i>Starkeya novella</i> , <i>Campylobacter fetus</i> , <i>Microbacterium liquefaciense</i>	<i>Candida</i> spp., <i>Phomopsis viticola</i>

Известно, что ионизирующее излучение оказывает влияние практически на все значимые компоненты пищевых продуктов, том числе и на цвет [7]. Кожица и мякоть темных сортов винограда содержат антоцианы, которые и обеспечивают фиолетовый и сине-черный цвет ягод. Кроме антоцианов, на цвет ягод влияют флавоноиды, такие как кверцетин и катехины. Они обеспечивают желтые и оранжевые оттенки светлым сортам винограда и, в отличие от антоцианов, не растворимы в воде. Содержание их в темных сортах винограда невелико, поэтому они не оказывают существенного влияния на цвет темного изюма и на окраску водной вытяжки.

При облучении изюма в дозе 1,5 кГр содержание суммы антоцианов уменьшается практически в 2 раза (табл. 3). При увеличении доз от 1,5 до 9,0 кГр происходит плавное, но незначительное уменьшение значений. Как сказано выше, визуально цвет облученного в разных дозах изюма практически не отличался от необлученного.

Таблица 3

Содержание антоцианов в контрольных и облученных образцах темного изюма в пересчете на сухое вещество (3-й сутки после облучения)
Anthocyanin content in control and irradiated samples of dark raisins in terms of dry matter (3rd day after irradiation)

Доза облучения, кГр	Содержание антоцианов в пересчете на цианидин-3-глюкозид, мкг/г
Контроль	1112,8±241,7
1,5	582,8±156,7
3,0	484,9±65,9
6,0	415,6±91,3
9,0	410,7±105,1

Для дальнейшего изучения этого явления произвели оценку спектров поглощения водных вытяжек исследуемых образцов.

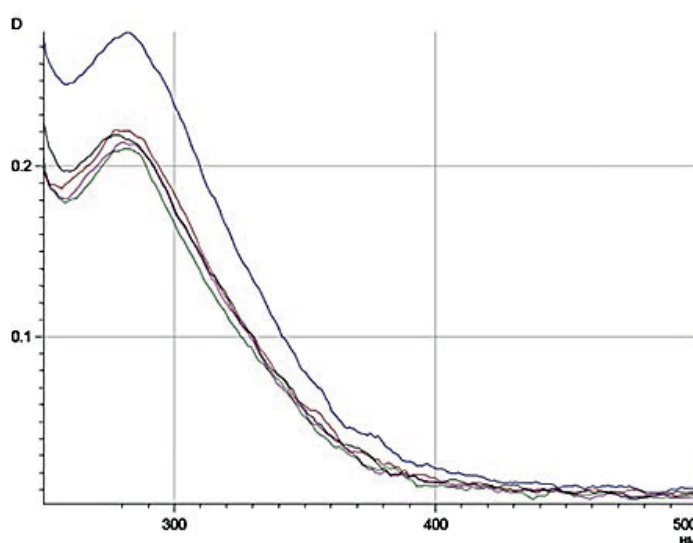
Максимум поглощения водных вытяжек для всех образцов установлен в области 280 нм (рисунок). Данная область является характерной для катехинов, галловой кислоты и простых фенолов [12]. В ягодах винограда содержится большое количество фенольных соединений, которые при экстракции горячей водой переходят из связанного состояния в водный раствор [13].

В облученных в разных дозах образцах отмечено снижение оптической плотности в области максимума поглощения, причем оно достоверно не зависит от величины дозы (табл. 4).

Таблица 4

Изменение оптической плотности водных вытяжек образцов темного изюма в зависимости от дозы облучения (при длине волны 280 нм)
Change in the optical density of aqueous extracts of dark raisin samples depending on the irradiation dose (at a wavelength of 280 nm)

Доза, кГр	Оптическая плотность, D
Контроль	0,263±0,124
1,5	0,194±0,099
3,0	0,207±0,071
6,0	0,208±0,074
9,0	0,200 ± 0,083



— Контроль; — 1,5 кГр; — 3,0 кГр; — 6,0 кГр; — 9,0 кГр.

Спектр поглощения водных вытяжек темного изюма, облученного в разных дозах
The absorption spectrum of aqueous extracts of dark raisins irradiated at different doses

Вероятнее всего, это явление можно объяснить тем, что изюм содержит в своем составе небольшое количество активной воды $a_w \leq 0,6$. При взаимодействии ионизирующего излучения с водой происходит выбивание электронов из молекул воды с образованием активных радикалов. Считается, что основной эффект лучевого воздействия обусловлен такими радикалами, как H^+ , OH^+ и особенно HO_2^+ (гидропероксид). Последний радикал обладает высокой окислительной способностью. Полифенольные соединения, в том числе антоцианы, способны взаимодействовать с гидроксильным (O^+)- и пероксильным (OO^+)- радикалами благодаря их способности отдавать электрон (или атом водорода). В результате образуются радикалы фенолов – феноксины, которые не участвуют в дальнейшем распространении окислительного процесса. Это связано с уникальной структурой их молекулы, в которой происходит стабилизация электронного облака [14, 15].

Поскольку содержание свободной воды в сухофруктах, в том числе и изюме, ограничено, то процессы радиолитиза и связанные с ним химические превращения исчерпываются при воздействии в дозах ниже 1,5 кГр, и дальнейшее увеличение дозы облучения не влияет ни на содержание антоцианов, ни на изменение оптических свойств водных вытяжек.

Ионизирующее излучение приемлемо для обработки темного изюма, поскольку способствует снижению микробной нагрузки до уровней, соответствующих нормативным требованиям по содержанию микроорганизмов. Для антимикробной обработки изюма темного достаточно дозы 4 – 5 кГр. Радиационная обработка не влияет на вкус и внешний вид темных сортов изюма. Незначительное снижение количества антоцианов не оказывает существенного влияния на пищевую ценность продукта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Уникальный баланс полезных веществ сухофруктов* / С.К. Касымов, Ф.Х. Смольникова, А.Н. Нургазезова, А.С. Серикова // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти В.М. Горбатова. – М.: Изд-во ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, 2014. – С. 89–90.
2. *Макаренкова О.Г., Шевякова Л.В., Бессонов В.В.* Сухофрукты – природный источник микроэлементов // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № S5. – С. 51.
3. *Наумова Н.Л., Бец Ю.А., Велисевич Е.А.* Сравнительная оценка пищевой ценности изюма разных видов // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 6. – С. 180–186. – DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-180-186.
4. *Экспорт* в Европейский союз. Сухофрукты и орехи // Центральная Азия. – 2018. – [Электронный ресурс]. – URL: https://export.gov.kg/assets/bashkaruu/files/analytics-market/eksport_v_evropeyski_ru.pdf (дата обращения: 05.02.2023)
5. *Fine F., Gervais P.* A new high temperature short time process for microbial decontamination of seeds and food powders // Powder Technol. – 2005. – Vol. 157. – P. 108–113.
6. *Bell C.H.* Fumigation in the 21st century // Crop Protection. 2000. – Vol. 19. – P. 563–569.
7. *Effects of Radiation Technologies on Food Nutritional Quality* / F. Lima, K. Vieira, M. Santos, P. Mendes de Souza // Descriptive Food Science. – November 2018. – P. 137–146. – DOI:10.5772/intechopen.80437
8. *WHO: Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food.* – Geneva: World Health Organization, 1994. – 182 p.
9. *Tena N., Martín J., Asuero A.G.* State of the Art of Anthocyanins: Antioxidant Activity, Sources, Bioavailability, and Therapeutic Effect in Human Health // Antioxidants. – 2020. – Vol. 9. – P. 451. – DOI: 10.3390/antiox9050451.
10. *Bioavailability of anthocyanins* / A. Faria, I. Fernandes, N. Mateus, C. Calhau // Natural products: phytochemistry, botany and metabolism of alkaloids, phenolics and terpenes / edited by K.G. Ramawat, J.-M. Mérillon. – Heidelberg. New York.: Springer. – 2013. – Vol. 3.79. – P. 4242.
11. *Antioxidant Capacity of Anthocyanin Pigments* / J. Martín, E.M. Kuskoski, M.J. Navas, G. Agustín // Flavonoids – From Biosynthesis to Human Health. – 2017. – P. 205–255. – DOI: 10.5772/67718 August 2017.
12. *Еремينا А.В.* Фитохимическое изучение и стандартизация лекарственных средств и биологически активных добавок из продуктов переработки винограда культурного (*Vitis vinifera* L.): автореф. дис. ... канд. фармацевт. наук. – М., 2005. – 133 с.
13. *Кустова И.А., Макарова Н.В., Гудкова А.М.* Получение экстрактов из вторичного виноградного сырья // Химия растительного сырья. – 2017. – № 3. – С. 175 – 184. – DOI: 10.14258/jcprm.2017031659
14. *Shahidi F., Wanasundara P.K.* Phenolic antioxidants // Crit Rev. Food Sci. Nutr. – 1992. – Vol. 32. – P. 67–103.
15. *Prooxidant activity and cellular effects of the phenoxyl radicals of dietary flavonoids and other polyphenolics* / G. Galati [et al.] // Toxicology. – 2002. – Vol. 177, N 1. – P. 91–104.

REFERENCES

1. Kasymov S.K., Smol'nikova F.H., Nurgazezova A.N., Serikova A.S., *Unikal'nyj balans poleznyh veshchestv suhofruktov*, Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the Memory of V.M. Gorbato, Moscow: Izd-vo FGBNU Federal'nyj nauchnyj centr pishchevyh sistem im. V.M. Gorbato, 2014, pp. 89–90. (In Russ.)

2. Makarenkova O.G., Shevyakova L.V., Bessonov V.V., *Voprosy pitaniya*, 2015, Vol. 84, No. S5, P. 51. (In Russ.)
3. Naumova N.L., Bec Yu.A., Velisevich E.A., *Vestnik KrasGAU*, 2022, No. 6, pp. 180–186, DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-180-186. (In Russ.)
4. Central'naya Aziya, 2018, available at: https://export.gov.kg/assets/bashkaruu/files/analytics-market/eksport_v_evropeyski_ru.pdf (February 5, 2023)
5. Fine F., Gervais P. A new high temperature short time process for microbial decontamination of seeds and food powders, *Powder Technol*, 2005, Vol. 157, P. 108–113.
6. Bell C.H. Fumigation in the 21st century, *Crop Protection 19: 2000*, P. 563–569.
7. Lima F., Vieira K., Santos M., Mendes de Souza P., Effects of Radiation Technologies on Food Nutritional Quality, *Descriptive Food Science*, November 2018, P. 137–146, DOI:10.5772/intechopen.80437
8. WHO: Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food, Geneva: World Health Organization, 1994, 182 p.
9. Tena N., Martín J., Asuero A.G., State of the Art of Anthocyanins: Antioxidant Activity, Sources, Bioavailability, and Therapeutic Effect in Human Health, *Antioxidants*, 2020, Vol. 9, P. 451, DOI: 10.3390/antiox9050451.
10. Faria A., Fernandes I., Mateus N., Calhau C., Bioavailability of anthocyanins, *Natural products: phytochemistry, botany and metabolism of alkaloids, phenolics and terpenes*, edited by K.G. Ramawat, J.-M. Mérillon, Heidelberg. New York.: Springer, 2013, Vol. 3.79, P. 4242.
11. Martín J., Kuskoski E.M., Navas M.J., Agustín G., Antioxidant Capacity of Anthocyanin Pigments, *Flavonoids – From Biosynthesis to Human Health*, 2017, P. 205–255, DOI: 10.5772/67718 August 2017.
12. Eremina A.V. *Fitohimicheskoe izuchenie i standartizaciya lekarstvennyh sredstv i biologicheski aktivnyh dobavok iz produktov pererabotki vinograda kul'turnogo Vitis vinifera L.* (Phytochemical Study and Standardization of Medicines and Dietary Supplements from Processed Products of Cultivated Grape (*Vitis vinifera* L.)), Abstract of the Dissertation of the Candidate of Pharmaceutical Sciences, Moscow, 2005, 133 p. (In Russ.)
13. Kustova I.A., Makarova N.V., Gudkova A.M., *Himiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, No. 3, pp. 175 – 184, DOI: 10.14258/jcprm.2017031659
14. Shahidi F., Wanasundara P.K. Phenolic antioxidants, *Crit Rev. Food Sci. Nutr*, 1992, Vol. 32, P. 67–103.
15. Galati G. [et al.] Prooxidant activity and cellular effects of the phenoxyl radicals of dietary flavonoids and other polyphenolics, *Toxicology*, 2002, Vol. 177, N 1, P. 91–104.