



КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТЬ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

QUALITY CONTROL AND FOOD SAFETY

УДК 664.681

DOI:10.31677/2311-0651-2020-28-2-7-14

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ (ТЕМПЕРАТУРЫ, ВЛАЖНОСТИ, СВЕТА) НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ БИСКВИТА

А.Н. Гуляева, инженер

М.С. Воронина, кандидат технических наук

Н.В. Макарова, доктор химических наук, профессор

Самарский государственный технический университет

E-mail: nikol163@bk.ru

Ключевые слова: вкус, аромат, бисквит, активность, антиоксиданты, температура, порошок, реагент.

Реферат. Кондитерские изделия – пищевые продукты, как правило, с высоким содержанием сахара, характеризующиеся высокой калорийностью и усвояемостью. Они делятся на группы: сахаристые, мучные кондитерские изделия, шоколад, какао. В качестве основного сырья для приготовления кондитерских изделий используются следующие виды продуктов: мука (пшеничная, ржаная, кукурузная, рисовая, овсяная и т. д.), сахар, мед, фрукты и ягоды, молоко и сливки, жиры, яйца, дрожжи, крахмал, какао, орехи, пищевые кислоты, желирующие вещества, вкусовые и ароматические добавки, пищевые красители и разрыхлители. Высокое содержание углеводов, белков и жиров, а также полиненасыщенных жирных кислот и некоторых витаминов определяет значительную ценность кондитерских изделий. Показано влияние сроков хранения на бисквитные полуфабрикаты, приготовленные по классической рецептуре с использованием порошка из выжимок и концентрированного сока ягод черной смородины и черники. Методы, используемые в экспериментальной части: измерение общего фенольного содержания с помощью реагента Фолина-Чекелау, общего содержания флавоноидов и антоцианов, уровня захвата свободных радикалов DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил), суммарной антиоксидантной активности методом FRAP и антиоксидантной активности в системе линолевой кислоты. Установлено, что на содержание фенольных веществ, флавоноидов, антоцианов и антиоксидантной активности большое влияние оказывают повышенная влажность и постоянный источник света. Данные показатели значительно снижаются, но при хранении в условиях вакуума данное снижение показателей можно затормозить.

INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS (TEMPERATURE, HUMIDITY, LIGHT) ON THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BISQUIS

A.N. Gulyaeva, Engineer

M.S. Voronina, Candidate of Technical Sciences

N.V. Makarova, Doctor of Chemical Sciences, Professor

Samara State Technical University

Keywords: taste, aroma, biscuit, activity, antioxidants, temperature, powder, reagent

Abstract. Confectionery – food products, usually with a high sugar content, characterized by high calorie content and digestibility. They are divided into groups: sugar, flour confectionery, chocolate, cocoa. The following types of products are used as the main raw materials for the preparation of confectionery products: flour (wheat, rye, corn, rice, oatmeal, etc.), sugar, honey, fruits and berries, milk and cream, fats, eggs, yeast, starch, cocoa, nuts, food acids, gelling agents, flavoring and aromatic additives, food dyes and baking powder. The high content of carbohydrates, proteins and fats, as well as polyunsaturated fatty acids and some vitamins determines the significant value of confectionery products. The influence of shelf life on biscuit semi-finished products prepared according to the classical recipe using pomace powder and concentrated juice of black currant and blueberry berries is shown. Methods used in the experimental part: measurement of the total phenolic content using the Folin-Chekelau reagent, the total content of flavonoids and anthocyanins, the level of free radical capture DPPH (2,2-diphenyl-1-picrilhydrazyl), the total antioxidant activity by the FRAP method and the antioxidant activity in the linoleic acid system. It was found that the content of phenolic substances, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity is greatly influenced by high humidity and a constant light source. These indicators are significantly reduced, but when stored in a vacuum, this decrease in indicators can be slowed down.

Кондитерские изделия включают в себя продукты с высоким содержанием сахара. Они имеют высокую пищевую ценность, хорошую усвояемость, приятный аромат и вкус. Эти продукты характеризуются привлекательным внешним видом. Данные свойства присущи кондитерским изделиям из-за использования разнообразного высококачественного пищевого сырья для их производства, которое подвергается различным видам механической и термической обработки. Основу обширного ассортимента тортов и пирожных составляет выпеченное тесто, называемое в рецептурах полуфабрикатом. Среди всего разнообразия выпеченных полуфабрикатов, используемых для приготовления тортов и пирожных, наибольшую долю занимают бисквитные полуфабрикаты [1].

Мучные кондитерские изделия относятся к категории товаров регулярного потребления, спрос на которые постоянно увеличивается. Поэтому создание функциональных мучных кондитерских изделий является перспективным направлением. Оно основано на введении в их рецептуры фруктов и овощей или продуктов их переработки.

Одним из основных факторов, определяющих срок годности пищевых продуктов, является температура. Потери продукта при хранении в условиях температурных колебаний значительно выше, чем при постоянных температурах. Поэтому исследования, связанные с проверкой качества готовой продукции, хранящейся при различных температурах, не теряют актуальности.

Относительная влажность определяется как отношение парциального давления водяного пара в воздухе к равновесному давлению насыщенного пара. Равновесная относительная влажность пищевого продукта определяется как относительная влажность воздуха, окружающего пищевой продукт, который находится в равновесии с окружающей средой. При хранении продукта при постоянной влажности он будет поглощать или терять влагу до тех пор, пока не будет достигнута относительная влажность. На физико-химические свойства пищевых продуктов существенно влияет процесс миграции влаги.

На различных звеньях логической цепочки продукты подвергаются воздействию дневного или искусственного света. Под воздействием света окислительные процессы ускоряются, и, следовательно, скорость развития прогорклости увеличивается, что особенно актуально для жиросодержащих продуктов. Это вызывает неприятные запахи, обесцвечивание или потерю витаминов. Риск фотоокисления продуктов, упакованных в прозрачные упаковочные материалы, заметно возрастает. Правильный выбор упаковки является одним из основных условий поддержания качества пищевых продуктов и достижения требуемого срока годности. Основная функция упаковки заключается в защите пищевого продукта от воздействия света, кислорода, температуры, влаги и микроорганизмов [2]. Наличие кислорода определяет скорость окислительных реакций. Кроме того, важно, присутствует ли кислород в ограниченном или достаточном количестве. Вакуумная упаковка и продувка азотом замедляют нежелательные реакции, ограничивая доступность кислорода [3].

Цель исследований – изучение влияния срока хранения под воздействием провоцирующих факторов на содержание антиоксидантов в пищевом продукте.

Объектом исследования является бисквит, приготовленный по классическому рецепту, с добавлением порошка из сушеных выжимок ягод черной смородины и черники в качестве антиоксиданта. Чтобы изучить характер снижения количества антиоксидантов в бисквите, был использован образец бисквита, который хранился под воздействием провоцирующих факторов (колебание температур в пределах 15-20°C, вакуум, повышенная влажность) в течение пяти дней. В качестве образцов использовали свежеприготовленные бисквиты: с добавлением порошка из высушенной отжатой черной смородины и с добавлением свежеприготовленного сока черники.

Для анализа химического состава и определения антиоксидантной активности были использованы следующие методы: измерение общего фенольного содержания с помощью реагента Фолина-Чекелау, общего содержания флавоноидов и антоцианов, уровня захвата свободных радикалов DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил), суммарной антиоксидантной активности по методу FRAP и антиоксидантной активности в системе линолевой кислоты.

Основным методом определения фенольных веществ в фруктовых соках и напитках является спектрофотометрический метод с реагентом Фолина-Чекелау. Содержание фенольных веществ в прозрачном растворе определяли спектрофотометрически с использованием прибора КФК-3-01. Спектр поглощения регистрировали на длине волны 725 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. Общее содержание фенола рассчитывали в миллиграммах галловой кислоты на 100 г сырья в соответствии с калибровочной кривой [4]. Общее содержание флавоноидов определяли колориметрическим методом при взаимодействии ягодных экстрактов с комплексом заиси натрия и трихлорида алюминия. Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрически с использованием прибора КФК-3-01. Спектр поглощения регистрировали на длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. Общее содержание флавоноидов рассчитывали в миллиграммах катехина на 100 г сырья согласно калибровочной кривой [5]. Общая массовая концентрация антоцианов определяется на основе изменения поглощения света с длиной волны 510 нм с изменением кислотности растворов с pH от 1 до 4,4. Метод основан на использовании pH-дифференциальной спектрофотометрии. Содержание антоцианов выражается в миллиграммах цианидин-3-гликозида на 100 мг сырья [6].

Калибровочные кривые строятся независимо. Для построения кривых использовались аналогичные экспериментальные методы. Стандарты представляли собой чистые эталонные образцы галловой кислоты, катехина, FeSO_4 .

Одним из методов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов. Этот метод основан на реакции реагента DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта. Антирадикальную активность рассчитывали как Ec_{50} – концентрация исходного экстракта, необходимая для поглощения 50 % радика-

лов DPPH [7]. Метод определения антиоксидантной способности (FRAP) основан на реакции восстановления комплекса Fe (III)-2,4,6-трипиридил-s-триазина до Fe (II)-2,4,6-трипиридил-комплекс s-триазина, который имеет ярко-голубую полосу окрашивания и поглощения на длине волны 593 нм. Результаты измерения восстанавливающей силы выражены в миллимолях Fe²⁺ на 1 кг сырья согласно калибровочной кривой [8]. Метод в модели с линолевой кислотой основан на окислении линолевой кислоты с образованием пероксидов, и эти соединения окисляют Fe (II) до Fe (III). Ион Fe (III) образует комплекс с ионом SCN⁻, который имеет максимальную спектральную поглощательную способность при 500 нм. Таким образом, высокая степень спектрального поглощения является показателем образования большого количества пероксидов [9].

Антиоксидантную активность изучали тремя методами, потому что одна и та же пищевая система может иметь разные уровни способности улавливать свободные радикалы (метод DPPH), ингибировать окисление ненасыщенных жирных кислот (метод с линолевой кислотой) и предотвращать катализирование [10].

Результаты исследования химического состава и антиоксидантной активности бисквитных полуфабрикатов представлены на рис. 1-8.

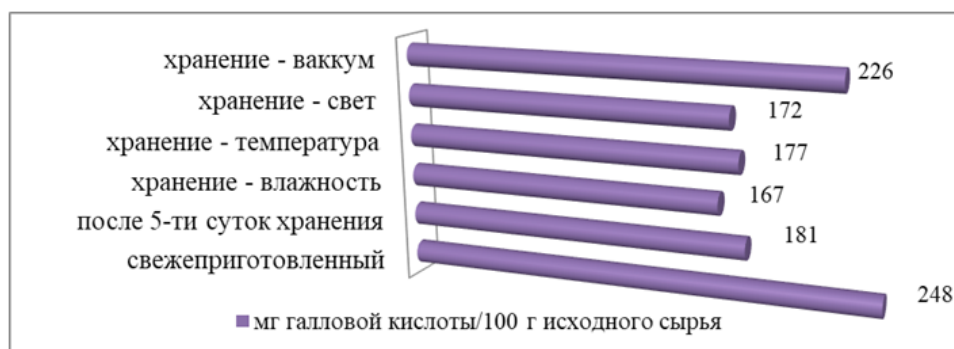


Рис. 1. Зависимость содержание фенольных веществ в бисквитном полуфабрикате с порошком из выжимок черной смородины от условий хранения

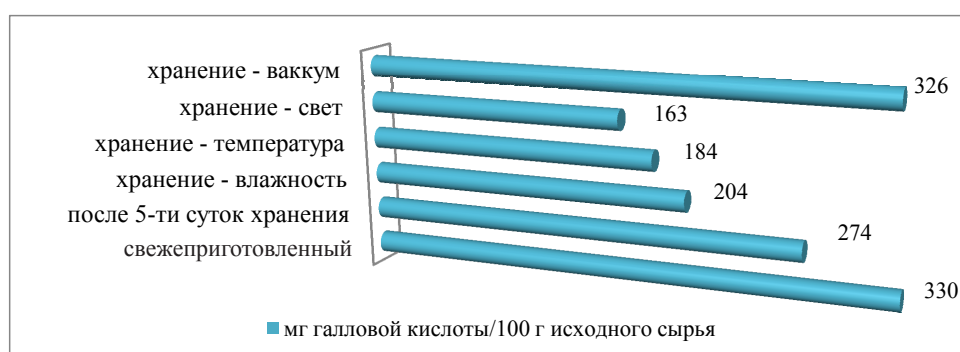


Рис. 2. Зависимость содержание фенольных веществ в бисквитном полуфабрикате с порошком из выжимок черники от условий хранения

Установлено (см. рис. 1 и 2), что на содержание фенольных веществ в бисквитном полуфабрикате с добавлением порошка из выжимок черной смородины большее негативное действие оказывает повышенная влажность. Обнаружено снижение фенольных веществ на 33 % по сравнению со свежеприготовленным и на 8 % по сравнению с бисквитом, хранившимся в обычных условиях. При хранении при постоянном источнике света количество фе-

нольных веществ снижалось на 31 %, а при колебаниях температуры – на 29 % по сравнению со свежеприготовленным бисквитом. Однако в бисквитном полуфабрикате с добавлением порошка из выжимок черники на содержание фенольных веществ большее негативное действие оказывает постоянный источник света. Обнаружено снижение фенольных веществ на 51 % по сравнению со свежеприготовленным и на 40 % по сравнению с бисквитом, хранившимся в обычных условиях. При хранении при повышенной влажности установлено снижение содержания фенольных веществ на 38 %, а при колебаниях температуры – на 44 % по сравнению со свежеприготовленным бисквитом. Вакуумная упаковка показала наиболее эффективное сохранение фенольных веществ по сравнению с обычными условиями хранения бисквита.



Рис. 3. Зависимость содержания флавоноидов в бисквитном полуфабрикате с порошком из выжимок черной смородины от условий хранения

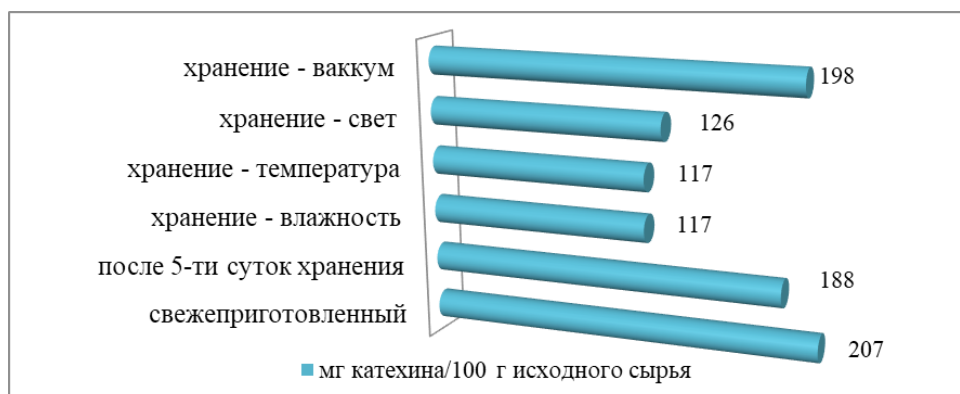


Рис. 4. Зависимость содержания флавоноидов в бисквитном полуфабрикате с порошком из выжимок черники от условий хранения

На содержание флавоноидов в бисквитном полуфабрикате с добавлением порошка из выжимок черной смородины (см. рис. 3, 4) большее негативное действие оказывает постоянный источник света. Обнаружено снижение количества флавоноидов на 39 % по сравнению со свежеприготовленным и на 26 % по сравнению с бисквитом, хранившимся в обычных условиях. При хранении в условиях повышенной влажности наблюдалось снижение содержания фенольных веществ на 24 %, а при колебаниях температуры – на 32 % по сравнению со свежеприготовленным бисквитом. Однако в бисквитном полуфабрикате с добавлением порошка из выжимок черники на содержание флавоноидов большее негативное действие оказывают повышенная влажность и колебания температуры. Отмечено снижение количества флавоноидов на 44 % по сравнению со свежеприготовленным и на 38 % по сравнению с бисквитом, хранив-

шимся в обычных условиях. При хранении при постоянном источнике света обнаружено снижение содержания флавоноидов на 39 % по сравнению со свежеприготовленным бисквитом. Вакуумная упаковка показала наиболее эффективное сохранение флавоноидов по сравнению с обычным хранением бисквита.

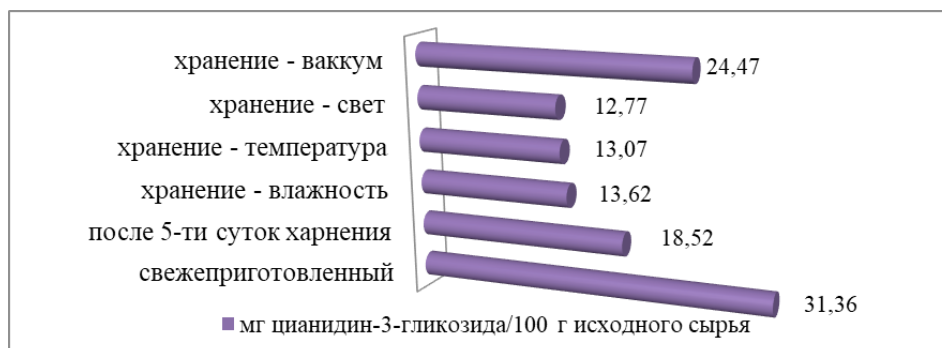


Рис. 5. Зависимость содержание антоцианов в бисквитном полуфабрикате с порошком из выжимок черной смородины от условий хранения



Рис. 6. Зависимость содержания антоцианов в бисквитном полуфабрикате с порошком из выжимок черники от условий хранения

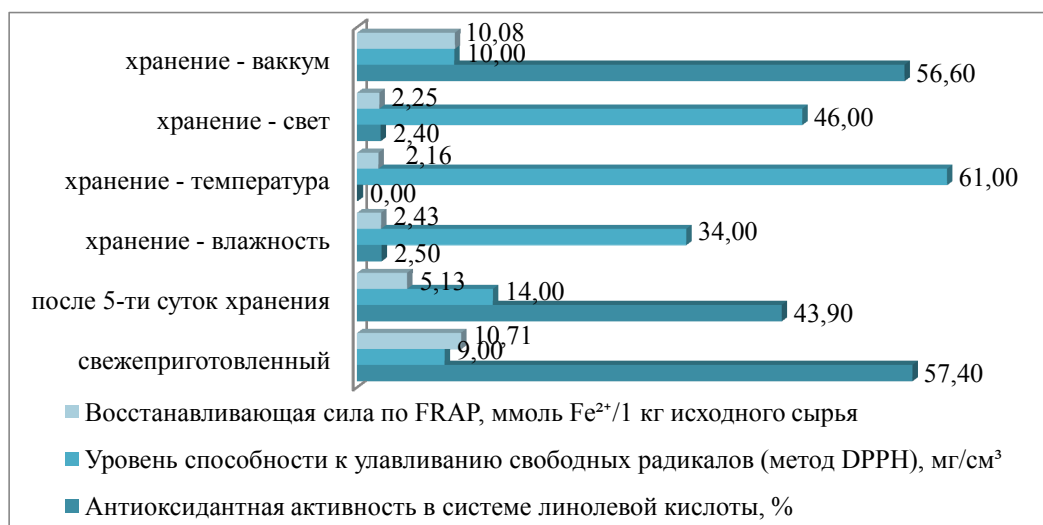
На содержание антоцианов в бисквитном полуфабрикате с добавлением порошка из выжимок черной смородины (см. рис. 5, 6) большее негативное действие оказывает постоянный источник света. Установлено снижение их содержания на 59 % по сравнению со свежеприготовленным и на 31 % по сравнению с бисквитом, хранившимся в обычных условиях. При хранении в условиях повышенной влажности оно уменьшилось на 57 %, а при колебаниях температуры – на 42 % по сравнению со свежеприготовленным бисквитом. Однако в бисквитном полуфабрикате с добавлением порошка из выжимок черники на содержание антоцианов большее негативное действие оказывают постоянный источник света и колебания температуры. Обнаружено снижение количества антоцианов на 98 % по сравнению со свежеприготовленным и на 90 % по сравнению с бисквитом, хранившимся в обычных условиях. Хранение при повышенной влажности снижает содержание антоцианов на 94 % по сравнению со свежеприготовленным бисквитом. Вакуумная упаковка показала наиболее эффективное сохранение антоцианов по сравнению с обычным хранением бисквита.

По результатам исследования (см. рис. 7), на антиоксидантную активность в системе линолевой кислоты в бисквите с добавлением порошка из выжимок черной смородины оказывают большее негативное влияние повышенная влажность и постоянный источник света, снижая данный показатель до 0, а в бисквите с добавлением порошка из выжимок черники – колебания температуры, также снижающие данный показатель до 0. На уровень улавливания свободных радикалов по методу DPPH в обоих видах бисквита большее негативное влияние оказывают колебания температуры, повышая данный показатель до 72 и 61 мг/см³ соответственно. На

восстанавливающую силу по методу FRAP в бисквите с черной смородиной оказывает большее негативное воздействие постоянный источник света, снижая данный показатель до 2,14 ммоль Fe^{2+} /1 кг исходного сырья, а в бисквите с черникой – колебания температуры, снижающие данный показатель до 2,16 ммоль Fe^{2+} /1 кг исходного сырья.



а



б

Рис. 7. Зависимость антиоксидантной активности трех моделей от условий хранения: а – бисквит с добавлением порошка из выжимок черной смородины; б – бисквит с добавлением порошка из выжимок черники

По результатам исследования можно сделать вывод, что на содержание антиоксидантов и антиоксидантную активность достаточно большое влияние оказывают все провоцирующие факторы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пашук З.Н., Анет Т.К., Дубинина С.В. Торты и пирожные: Справочное пособие. – Минск: Вышш. шк., 2016. – 346 с.
2. Бутейкис Г.Н., Жукова А.А. Технология приготовления мучных кондитерских изделий. – М.: Академия, 2017. – 302 с.
3. Меньщикова Е.Б., Ланкин В.З. Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты. – М.: Слово, 2016. – 556 с.
4. Скоринова Ю.Г. Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов. – М.: Пищ. пром-сть, 2017. – 233 с.
5. *Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya* / L.C. Wu, H.W. Hsu, Y.C. Chen [et al.] // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 95, N 5. – P. 319–327.
6. *ГОСТ 32709-2014* Продукция соковая. Методы определения антоцианинов. – Введ. 2016-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 17 с.
7. *Chemical profile and antioxidant capacities of tart cherry products* / A. Kirakosyan, E.M. Seymour, D.E. Urcuyolanes [et al.] // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 115, N 5. – P. 20–25.
8. *Sun T., Powers J. R., Tang J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices* // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 105, N 1. – P. 101–106.
9. *Antioxidant power of Iranian propolis extract* / S. Mohammadzadeh, M. Sharriatpanahi, M. Hamed [et al.] // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 103, N 3. – P. 729–733.
10. *Liu Q., Yao H. Antioxidant activities of barley seeds extracts* // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 102, N 3. – P. 732–737.

REFERENCES

1. Pashuk Z.N., Apet T.K., Dubinina S.V. Torty i pirozhnye: Spravochnoe posobie. – Minsk: Vyssh. shk., 2016. – 346 s.
2. Butejkis G.N., Zhukova A.A. Tekhnologiya prigotovleniya muchnyh konditerskih izdelij. – M.: Akademiya, 2017. – 302 s.
3. Men'shchikova E.B., Lankin V.Z. Okislitel'nyj stress. Prooksidanty i antioksidanty. – M.: Slovo, 2016. – 556 s.
4. Skorikova YU.G. Polifenoly plodov i yagod i formirovanie cveta produktov. – M.: Pishch. prom-st', 2017. – 233 s.
5. *Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya* / L.C. Wu, H.W. Hsu, Y.C. Chen [et al.] // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 95, N 5. – P. 319–327.
6. *GOST 32709-2014* Produkciya sokovaya. Metody opredeleniya antocianinov. – Vved. 2016-01-01. – M.: Standartinform, 2014. – 17 s.
7. *Chemical profile and antioxidant capacities of tart cherry products* / A. Kirakosyan, E.M. Seymour, D.E. Urcuyolanes [et al.] // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 115, N 5. – P. 20–25.
8. *Sun T., Powers J. R., Tang J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices* // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 105, N 1. – P. 101–106.
9. *Antioxidant power of Iranian propolis extract* / S. Mohammadzadeh, M. Sharriatpanahi, M. Hamed [et al.] // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 103, N 3. – P. 729–733.
10. *Liu Q., Yao H. Antioxidant activities of barley seeds extracts* // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 102, N 3. – P. 732–737.