

УДК 664.143

4.3.3. Пищевые системы
(биологические науки, технические науки)

**ОПТИМИЗАЦИЯ ДОЗИРОВКИ
СИМБИОТИЧЕСКОГО КОНСОРЦИУМА
БАКТЕРИЙ И ДРОЖЖЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ
КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Семиряжко Елизавета Сергеевна
аспирант
SPIN-код=5720-7451
e-mail: e.glazacheva@yandex.ru

Иванова Елена Александровна
старший преподаватель
SPIN-код=9573-1499
e-mail: elena_is_kubagro@mail.ru

*Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия*

Бабакина Мария Владимировна
аспирант
SPIN-код=2580-9961
e-mail: wuhdz@mail.ru

*Краснодарский научно-исследовательский институт
хранения и переработки сельскохозяйственной
продукции – филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Северо-
Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия» Краснодар, Россия*

Согласно государственным программам по улучшению продовольственной безопасности и развитию пищевой промышленности в целом, актуальной задачей является разработка функциональных продуктов питания. При производстве ферментированных напитков типа «Комбуча», в качестве вторичного сырья, образуется «бактериальная целлюлоза» представляющая собой, симбиотический консорциум бактерий и дрожжей, содержащий липиды, витамины, белки, ферменты и другие биоактивные вещества. В данном исследовании предлагается оптимизировать рецептуру смоквы яблочной с добавлением симбиотического консорциума бактерий и дрожжей. После проведения исследований было выявлено, что органолептические характеристики продукта значительно зависят от дозировки Scoby и температуры фруктовой массы при внесении. Суммарная оценка экспертных баллов показала, что оптимальным содержанием Scoby является 7,0% от общей массы, вносимой при температуре фруктовой массы 45°C. Применение статистического метода обработки полученных данных, подтвердило их достоверность и возможность использования для дальнейшей разработки новой рецептуры смоквы яблочной

UDC 664.143

4.3.3. Food systems
(biological sciences, technical sciences)

**OPTIMIZATION OF THE DOSAGE OF THE
SYMBIOTIC CONSORTIUM OF BACTERIA
AND YEAST IN THE PRODUCTION OF
CONFECTIONERY**

Semiryazhko Elizaveta Sergeevna
postgraduate student
RSCI SPIN-code=5720-7451
e-mail: e.glazacheva@yandex.ru

Ivanova Elena Aleksandrovna
senior lecturer
RSCI SPIN-code=9573-1499
e-mail: elena_is_kubagro@mail.ru

*Federal State Budgetary Educational Institution of
Higher Education Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia*

Babakina Maria Vladimirovna
postgraduate student
RSCI SPIN-code=2580-9961
e-mail: wuhdz@mail.ru

*Krasnodar Research Institute of Storage and
Processing of Agricultural Products – branch of the
Federal State Budgetary Scientific Institution "North
Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Winemaking" Krasnodar, Russia*

According to the state programs to improve food security and the development of the food industry in general, the development of functional food products is an urgent task. In the production of fermented beverages such as "Kombucha", as a secondary raw material, "bacterial cellulose" is formed, which is a symbiotic consortium of bacteria and yeast containing lipids, vitamins, proteins, enzymes and other bioactive substances. In this study, it is proposed to optimize the formulation of apple fig with the addition of a symbiotic consortium of bacteria and yeast. After conducting studies, it was found that the organoleptic characteristics of the product significantly depend on the dosage of Scoby and the temperature of the fruit mass during application. The total assessment of expert points showed that the optimal content of Scoby is 7.0% of the total mass introduced at a temperature of 45 °C fruit mass. The application of the statistical method of processing the data obtained confirmed their reliability and the possibility of using them for further development of a new apple fig recipe

Ключевые слова: РЕЦЕПТУРА, ДОЗИРОВКА, СИМБИОТИЧЕСКИЙ КОНСОРЦИУМ БАКТЕРИЙ И ДРОЖЖЕЙ, СМОКВА, ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Keywords: FORMULATION, DOSAGE, SYMBIOTIC CONSORTIUM OF BACTERIA AND YEAST, FIG, ORGANOLEPTIC EVALUATION, MATHEMATICAL PROCESSING

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-191-015>

Введение.

Для создания питательных продуктов питания с функциональной направленностью, в том числе и кондитерских изделий, широко распространено применение нетрадиционных пищевых ингредиентов, чтобы улучшить качество продукта и повысить питательную ценность.

На сегодняшний день на рынке функциональных продуктов питания популярность набирают ферментированные продукты. Одним из таких популярных продуктов является ферментированный напиток «Комбуча», продуцируемый природным консорциумом бактерий и дрожжей. Преимуществом данного продукта является его безопасность, поскольку процесс ферментации является естественным и природным процессом. В 2019 году мировой рынок производства этого напитка оценивался в 1,9 миллиарда долларов, а совокупный годовой темп роста составил 16,8% в период с 2020 по 2025 год. По прогнозам, рынок продолжит свой рост и к 2025 году достигнет от 3,5 до 5 миллиардов долларов США [1,2].

При производстве напитка «Комбуча» консорциум дрожжей *Zygosaccharomyces kombuchaensis* и бактерий *Gluconacetobacter xylinus*, за счет поглощения питательных веществ, продуцирует бактериальную целлюлозу. В состав бактериальной целлюлозы входят липиды, витамины, белки, ферменты и другие биоактивные вещества, которые представляют ценность и могут быть использованы в медицинской, химической и пищевой промышленности.

Известен пищевой продукт, изготовленный из бактериальной целлюлозы «Nata de Coco» – толстые слои целлюлозы, которые нарезаются на небольшие однородные кубики, промываются и варятся в воде перед

<http://ej.kubagro.ru/2023/07/pdf/15.pdf>

приготовлением в сахарном сиропе для пищевых продуктов. «Nata de Soso» используется в пищевых продуктах, таких как низкокалорийные десерты, салаты, фруктовые коктейли и фруктовые желе [3].

Применение бактериальной целлюлозы в различных отраслях, обуславливает актуальность проводимых исследований. Кроме того, разработка функциональных продуктов питания – актуальная задача, соответствующая основным направлениям научных исследований, определенных в государственных программах по улучшению продовольственной безопасности и развития пищевой промышленности в целом.

Исходя из вышесказанного, целью исследования являлась оптимизация дозировок симбиотического консорциума бактерий и дрожжей (Scoby) при производстве кондитерских изделий, а именно смоквы, для дальнейшей разработки функционального продукта.

Объекты и методы исследования.

В качестве объектов исследования использовались: симбиотический консорциум бактерий и дрожжей (Scoby) и образцы смоквы яблочной. Смоква представляет собой высушенную фруктовую массу из яблок. В ходе проведения исследования было приготовлено 17 вариантов экспериментальных образцов.

Смокву яблочную готовили следующим способом: в готовое яблочное пюре добавляли сахар в соотношении 4:1 и тщательно перемешивали до полного растворения.

Использование нетрадиционных добавок в рецептуре смоквы яблочной требует оптимизации технологического процесса, а именно подбора оптимальной температуры фруктовой массы при введении добавки. В связи с этим, при введении различных дозировок Scoby также регулировали температуру фруктовой массы от 30 до 50 °С с различием в 5 °С.

Перед введением бактериальной целлюлозы (Scoby) в массу, добавку измельчали с помощью гомогенизатора. Была проведена серия опытов при добавлении Scoby с различным размером частиц (от 0,2 мм до 4 мм). В результате, рекомендуемым размером Scoby является 3 мм, основываясь на полученных баллах органолептической оценки. Контролем служила рецептурная смесь, не содержащая Scoby.

Для выбора оптимальной дозировки Scoby проводилась органолептическая оценка согласно общепринятым методам определения органолептических исследований кондитерских изделий ГОСТ 5897-90.

Для подтверждения достоверности полученных результатов применяли статистический метод аппроксимации функции нескольких переменных. Расчеты проводили с помощью инструментального средства Microsoft Excel и его встроенной статистической функции ЛГРФПРИБЛ.

Обсуждение результатов.

Разработка нового продукта, как правило, подразумевает изменение рецептуры или производственного процесса. Изменение рецептуры, путем добавления нового ингредиента, может привести к нарушению технологии производства, что в свою очередь оказывает влияние на потребительские характеристики продукта. В связи с этим, при выработке опытных образцов смоквы яблочной с добавлением Scoby была проведена экспертная органолептическая оценка с целью определения оптимального содержания добавки.

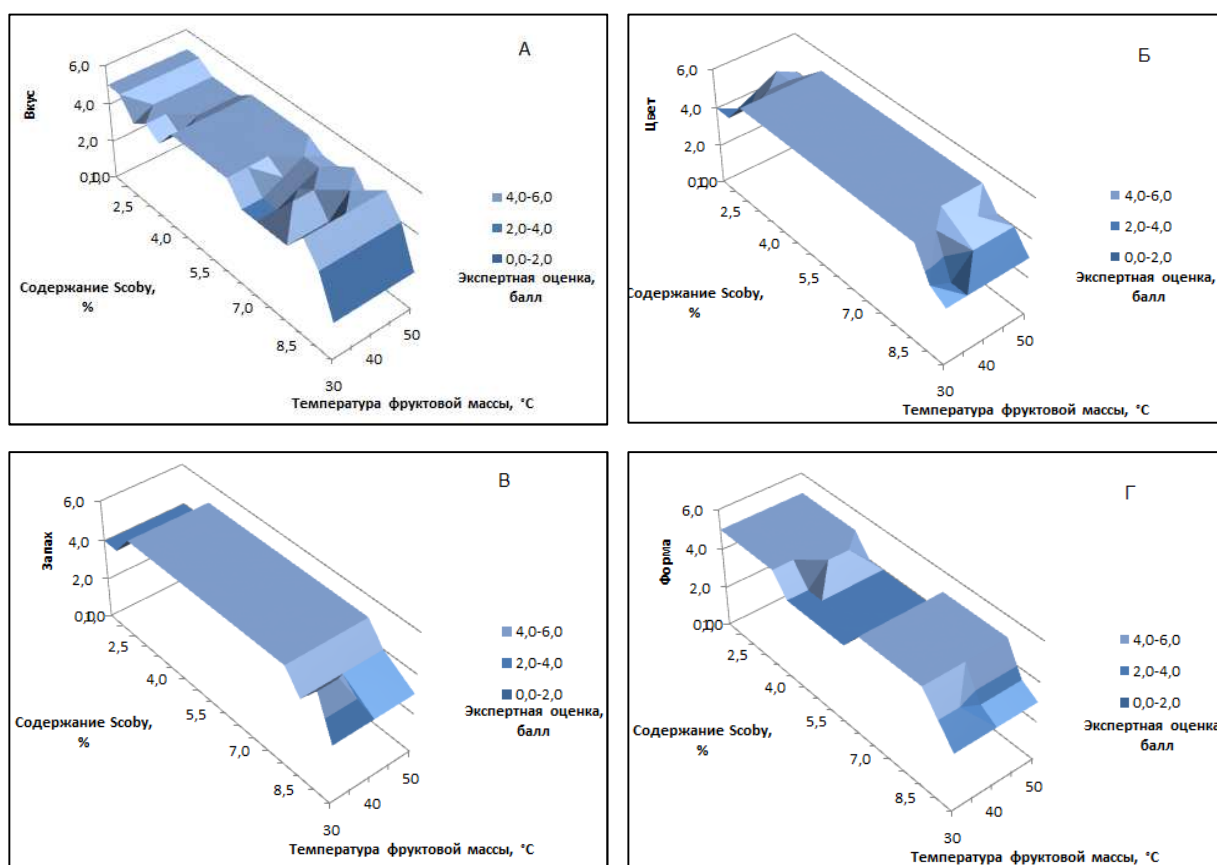
Установлено, что при введении Scoby дозировкой от 1,0 до 5,5 % не было отмечено влияния на органолептические показатели готового продукта.

При введении добавки в диапазоне от 6,0 до 7,5 % были отмечены наилучшие органолептические показатели готового продукта. А именно, при введении 7,0 % Scoby был отмечен насыщенный вкус и запах, плотная консистенция и правильная форма изделия.

При добавлении Scoby в диапазоне от 8,0 до 9,0 %, полученный полуфабрикат приобретал повышенную текучесть, был менее вязким и более влажным, что требовало дополнительной процедуры сушки.

В ходе проведенного исследования, также было установлено, что оптимальной температурой фруктовой массы для внесения 7,0 % добавки является 45 °С.

Достоверность полученных результатов подтверждается статистическим методом аппроксимации функции органолептической оценки (вкус, цвет, запах, форма, консистенция, поверхность, итого). На рисунке 1 представлены полученные результаты.



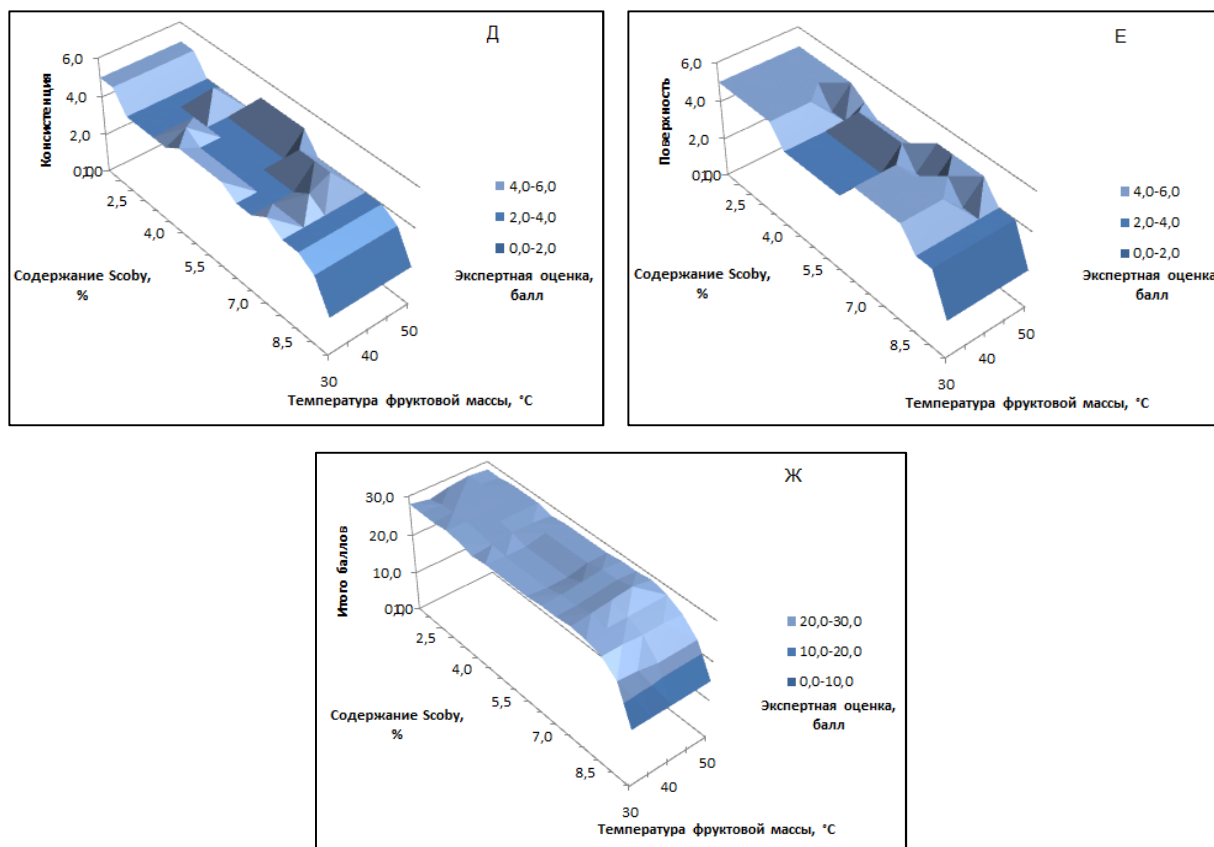


Рисунок 1 - Влияние содержания Scoby и температуры фруктовой массы на органолептические показатели смоквы яблочной

С целью проверки достоверности приведенных данных о влиянии процента содержания Scoby и температуры фруктовой массы на органолептические показатели смоквы яблочной применимы методы статистики, в частности, множественная регрессия, позволяющая аппроксимировать функции нескольких переменных. Для расчетов была использована встроенная функция ЛГРФПРИБЛ пакета Microsoft Excel.

Для каждого выходного показателя y_i получено уравнение зависимостей $y_{iэксп}(x_1, x_2, x_3)$ – уравнение экспоненциальной кривой, аппроксимирующей исходные данные. Эти уравнения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уравнения зависимостей показателей

Показатель	Уравнение экспоненциальной кривой
Вкус	$Y_{1\text{экс}}(x_1, x_2, x_3) = 3,740186 \cdot 1,332517^{x_1} \cdot 0,506164^{x_2} \cdot 1,002563^{x_3}$
Цвет	$Y_{2\text{экс}}(x_1, x_2, x_3) = 3,046543 \cdot 1,742165^{x_1} \cdot 0,3061034^{x_2} \cdot 1,000438^{x_3}$
Запах	$Y_{3\text{экс}}(x_1, x_2, x_3) = 3,454866 \cdot 1,613474^{x_1} \cdot 0,359168^{x_2} \cdot 0,998742^{x_3}$
Форма	$Y_{4\text{экс}}(x_1, x_2, x_3) = 4,736268 \cdot 1,076316^{x_1} \cdot 0,813736^{x_2} \cdot 0,999791^{x_3}$
Консистенция	$Y_{5\text{экс}}(x_1, x_2, x_3) = 4,441281 \cdot 1,040405^{x_1} \cdot 0,835956^{x_2} \cdot 1,001627^{x_3}$
Поверхность	$Y_{6\text{экс}}(x_1, x_2, x_3) = 4,974132 \cdot 1,051933^{x_1} \cdot 0,817807^{x_2} \cdot 1,000277^{x_3}$
Итоговый показатель	$Y_{7\text{экс}}(x_1, x_2, x_3) = 24,14928 \cdot 1,279034^{x_1} \cdot 0,562735^{x_2} \cdot 1,000527^{x_3}$

*где x_1 – содержание Scoby на 100 г, %; x_2 – размер частиц, мм; x_3 – температура фруктовой массы, °С.

Для проверки адекватности результатов, был произведен расчет коэффициента детерминации r^2 (приведен в таблице 2). Этот коэффициент показывает, насколько построенная модель соответствует исходным данным. Чем ближе значение r^2 к 1, тем выше точность модели и ее способность объяснить изменения в зависимой переменной y от факторов, входящих в модель. Модель считается достаточно точной, если значение r^2 составляет не менее 50%. Однако, если значение r^2 выше 80%, это можно считать признаком хорошо построенной модели, которая в достаточной мере описывает функциональную зависимость между переменными.

Таблица 2 – Значения коэффициентов детерминации

Показатель	Коэффициент детерминации r^2
Вкус	0,886027678
Цвет	0,906702842
Запах	0,925271919
Форма	0,791422516
Консистенция	0,933288728
Поверхность	0,874463553
Итоговый показатель	0,939778409

Анализ приведенной таблицы позволяет сделать вывод о достаточно высокой значимости разработанных моделей. При этом самый высокий, близкий к 1, коэффициент детерминации наблюдается для итогового

органолептического показателя, что свидетельствует о корректности его расчета.

Далее с помощью критерия Стьюдента (методов t-статистики) оценим степень важности исходных переменных, т.е. насколько они полезны в полученных моделях. Данный статистический метод применяют для сравнения средних значений выборок и определения, отличаются ли они друг от друга статистически. Для правильной трактовки полученного значения необходимо знать число степеней свободы (согласно справочной таблице критических значений). Расчеты показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет t-статистик

Показатель	t_1	t_2	t_3
Вкус	9,460153	1,74344	346,7273
Цвет	19,91674	1,697805	557,1474
Запах	17,34009	1,872739	522,8698
Форма	10,36438	3,8017	468,9902
Консистенция	8,228064	3,207523	385,8803
Поверхность	7,319534	2,760814	339,0524
Итоговый показатель	13,45896	2,872922	512,872

Двустороннее критическое значение $t_{\text{крит}}$ было рассчитано для уровня достоверности $\alpha=0,05$ (предполагается 5% ошибок) и количества степеней свободы $df=81$ и составило 1,989686.

Как известно, каждую i -ю переменную можно считать полезной в полученном уравнении, если справедливо неравенство $|t_i| > t_{\text{крит}}$. Анализируя приведенные в таблице результаты, можно увидеть, что данное соотношение выполняется практически для всех переменных, то есть они оказывают влияние на описанные модели. Исключением является параметр t_2 , у которого не выполняется данное неравенство для показателей вкус, цвет и запах, из чего следует, что переменная «размер частиц» – x_2 , слабо влияет на оценку этих показателей.

И, наконец, последним этапом проверки адекватности моделей является оценка «неслучайности» значений коэффициентов детерминации r^2 . Это реализовано с использованием методов F-статистики (распределения Фишера).

Результатом является значение вероятности P, на основании которого можно сделать вывод о значимости построенной модели. Для этого сравнивают табличное и полученное значение F-критерия Фишера (представляет собой соотношение факторной и остаточной дисперсии, рассчитанных на одну степень свободы). Чем меньше полученное значение вероятности, тем более качественной является регрессионная модель. Полученные результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов F-статистики

Показатель	F-наблюдаемое значение	Вероятность P получения значения F-распределения большего, чем F-наблюдаемое
Вкус	10,81659	$6,86 \cdot 10^{-5}$
Цвет	18,50839	$2,4 \cdot 10^{-7}$
Запах	13,01612	$1,25 \cdot 10^{-5}$
Форма	6,391976	$2,65 \cdot 10^{-3}$
Консистенция	13,49729	$8,73 \cdot 10^{-6}$
Поверхность	10,21384	$1,11 \cdot 10^{-4}$
Итоговый показатель	13,89536	$6,48 \cdot 10^{-6}$

Анализируя таблицу, установлено, что вероятности получения большего значения F-распределения, чем наблюдаемые, являются крайне малыми величинами. Из этого следует, что рассчитанные в таблице 2 значения коэффициентов детерминации r^2 для всех результирующих уравнений не случайны, то есть найденные уравнения функции $U_{i\text{эксп}}(X_1, X_2, X_3)$ адекватны, а исходные данные для расчетов (экспертные оценки органолептических показателей) являются достоверными, и их можно использовать для проектирования рецептуры смоквы яблочной.

Вывод.

Установлено, что органолептические характеристики продукта значительно зависят от дозировки Scoby и температуры фруктовой массы при внесении. Суммарная оценка экспертных баллов показала, что оптимальным содержанием Scoby является 7,0 % от общей массы, вносимой при температуре фруктовой массы 45 °С. Применение статистического метода доказало достоверность полученных данных и их можно использовать для дальнейшей разработки новой рецептуры смоквы яблочной.

Литература

1. Intelligence M. Kombucha market size report, 2020-2025 / M. Intelligence // IndustryARC. - 2020. URL: <https://www.industryarc.com/Report/16670/kombucha-market.html>
2. Rafidah M. A. Recent trends in Kombucha: Conventional and alternative fermentation in development of novel beverage / M.A. Rafidah, X.Y.Chai, L.S. Chang [et al.] // Food Bioscience. – 2023.- 102714.
3. Jagannath A. The effect of pH, sucrose and ammonium sulphate concentrations on the production of bacterial cellulose (Nata-de-coco) by Acetobacter xylinum / A. Jagannath , A. Kalaiselvan, S. S. Manjunatha, P. S. Raju, A.S. Bawa // World J. Microbiol. Biotechnol. – 2018. – N 24. – P. 2593-2599.

References

1. Intelligence M. Kombucha market size report, 2020-2025 / M. Intelligence // IndustryARC. - 2020. URL: <https://www.industryarc.com/Report/16670/kombucha-market.html>
2. Rafidah M. A. Recent trends in Kombucha: Conventional and alternative fermentation in development of novel beverage / M.A. Rafidah, X.Y.Chai, L.S. Chang [et al.] // Food Bioscience. – 2023.- 102714.
3. Jagannath A. The effect of pH, sucrose and ammonium sulphate concentrations on the production of bacterial cellulose (Nata-de-coco) by Acetobacter xylinum / A. Jagannath , A. Kalaiselvan, S. S. Manjunatha, P. S. Raju, A.S. Bawa // World J. Microbiol. Biotechnol. – 2018. – N 24. – P. 2593-2599.