

ність процесу вирощування.

Збільшення вмісту мікронутрієнтів природним шляхом дозволяє отримати якісну, біологічну цінну і безпечну продукцію. Овочі, вирощені в Україні, можуть стати важливим джерелом надходження до організму людей незамінних мікронутрієнтів у достатній для нормального функціонування кількості.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку. У світі існує ціла низка можливостей отримання харчових продуктів на основі рослинної сировини з керованим складом життєвоважливих вітамінів і мінеральних речовин, наприклад, використання прийомів традиційної селекції чи створення нових рослин за допомогою молекулярно-генетичних підходів. Остання набуває все більшого поширення у світі, хоча світова спільнота не завжди є прихильницею генно-модифікованих продуктів харчування. В Україні пропонують застосовувати органічне добриво «Ріверм». Проведені дослідження свідчать про те, що вирощені за новою технологією томатні овочі містять

підвищений вміст вітаміну С, каротиноїдів, заліза і цинку, порівняно з традиційними технологіями вирощування, які передбачають застосування різноманітних мінеральних добрив і пестицидів. На сесії Ради з прав людини Генеральної Асамблеї ООН, яка відбулася 26 грудня 2011, було названо 19 ризиків передчасної смерті людини, серед яких дефіцит у щоденному раціоні людей саме цинку, заліза і вітаміну А (перші місця у цьому списку посідають високий кров'яний тиск та тютюнопаління) [7]. Таким чином, вирощені овочі можуть стати тим фактором сучасного харчування, який може допомогти у подоланні небезпечної проблеми «прихованого голоду» в Україні і у світі. Перспектива подальших досліджень полягає у дослідженні вмісту мікронутрієнтів у інших видах овочів, а також у виявленні напрямків змін хімічного складу овочів, отриманих в використанні «Ріверму», під час їх переробки.

Поступила 04.2012

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Микроэлементы – макропоследствия. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.nffp.uz/rus/problems/microelements>.
2. Харчові добавки [Текст]. Харчування здорової та хворої людини: III Міжнар. наук.-практ. конф., 2009 р., 12-13 берез., м. Донецьк. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2009. – 374 с.
3. Постанова Президії Національної академії наук від 8 червня 2011 року № 189 «Про схвалення проекту Концепції Державної науково-технічної програми "Біофортificaція та функціональні продукти на основі рослинної сировини на 2012 – 2016 роки". – [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://www.licasoft.com.ua/component/lica/?href=0&view=text&base=1&id=647009&menu=807115>
4. Удинцев С.Н. Самый главный продукт. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.sibniit.tomsknet.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=158&Itemid=62
5. Козак, В.В. Принципы экологически безопасного земледелия [Текст]. – К.: МЭФ „AQUA-VITAE”, 2009. – 38 с.
6. Павлоцька, Л.Ф. Основи фізіології, гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів [Текст] / Л.Ф. Павлоцька, Н.В. Дуденко, Л.Р. Димирівич // Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 441 с.
7. Поощрение и защита всех прав человека, гражданских, политических, экономических, социальных и культурных прав, включая право на развитие. Девятнадцатая сессия Совета по правам человека Генеральной Ассамблеи ООН, 26.12.2011. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.ohchr.org/Documents/HRBodies/HRCouncil/RegularSession/Session19/A-HRC-19-59_ru.pdf.

УДК 001.891.58:[537.531:637.1]

БУРДО О.Г., д-р. техн. наук, профессор; РЫБИНА О.Б., канд. техн. наук., ассистент

Одесская национальная академия пищевых технологий

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ В МИКРОВОЛНОВОМ ПОЛЕ

В статье выдвигается и подтверждается гипотеза о возможности влияния на жизнедеятельность микроорганизмов при помощи изменения параметров высокочастотного электромагнитного поля. Приведено математическое моделирование перегрева микроорганизмов при различных видах подвода энергии. Рассмотрены процессы инактивации и активации микроорганизмов *Saccharomyces cerevisiae*, культур *Cordiceps Chinenses* и *Mesophilic Aromatic*.

Ключевые слова. Инактивация (активация) микроорганизмов, электромагнитное поле, удельная мощность.

The paper extends and confirms the hypothesis about the possibility of influence on the vital activity of microorganisms by high-frequency electromagnetic field. The mathematical simulation of overheating of microorganisms for different types of energy supply is presented. Activation and inactivation of microorganisms *Saccharomyces cerevisiae* and cultures *Cordiceps Chinenses* and *Mesophilic Aromatic* are analyzed.

Keywords. Inactivation (activation) of microorganisms, electromagnetic field, specific horsepower.

Известно, что микроорганизмы чувствительны к влиянию электромагнитного поля (ЭМП) [1]. В работе защищается гипотеза, что уровень энергетического воздействия является эффективным инструментом управления процессами жизнедеятельности микроорганизмов. Представляется, что существует некоторая критическая плотность электромагнитного воздействия, приближение к которой увеличивает жизненную активность микроорганизмов, а превышение –

вызывает их инактивацию. В статье приводятся результаты аналитических и экспериментальных исследований влияния ЭМП микроволнового диапазона на микроорганизмы в молочных продуктах.

Математическое моделирование теплового состояния микроорганизмов. Из литературных данных известно [1, 2], что инактивация микроорганизмов при помощи электромагнитного поля происходит при температурах, меньших, чем при обычной термической пастеризации. Это объясняется избирательным нагревом. Так как диэлектрические характеристики микроорганизма и окружающей его среды различны, то и нагреваться в электромагнитном поле они будут по-разному. Поскольку температуру микроорганизма измерить затруднительно, было проведено математическое моделирование процессов нагрева микроорганизмов при различных условиях теплообмена на его границе:

а) конвективном теплообмене (по уравнению Ньютона – Рихмана)

$$\frac{d\Theta}{dt} = A - \alpha \cdot B \cdot \Theta \quad (1)$$

где Θ – перегрев микроорганизма относительно

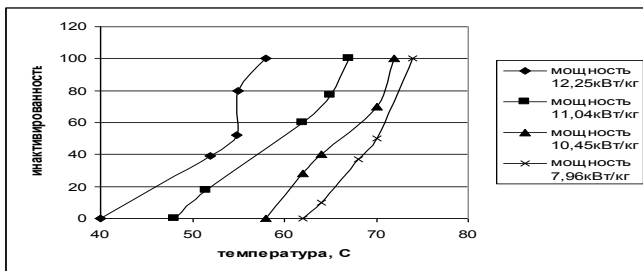


Рис.1. Зависимость инактивированности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* от температуры нагрева при различных значениях мощности электромагнитного поля

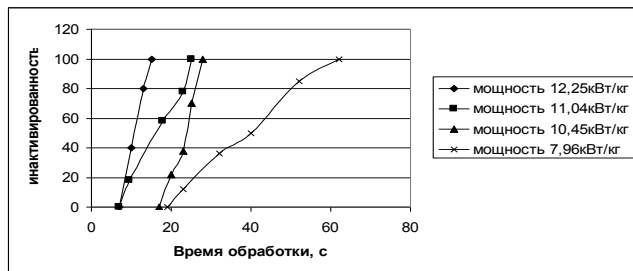


Рис.2. Зависимость инактивированности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* от времени обработки при различных значениях мощности электромагнитного поля

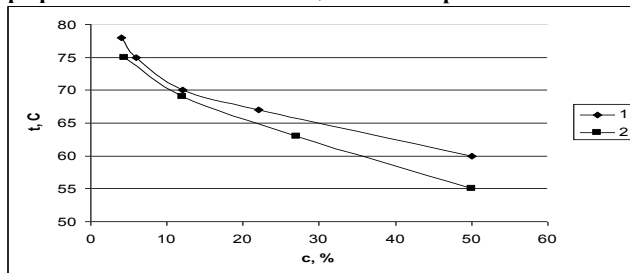


Рис.3. Зависимость температуры инактивации от концентрации сухих веществ для 1- творожной, 2 – казеиновой сывороток

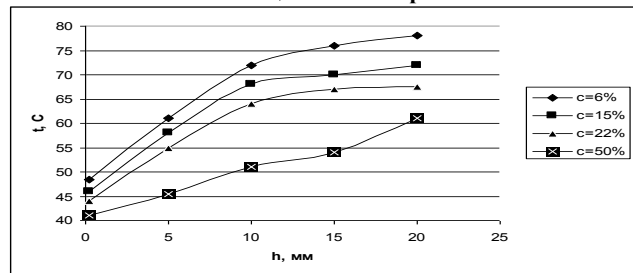


Рис.4. Зависимость температуры инактивации от толщины обрабатываемого слоя для различной концентрации сухих веществ

среды, A – параметр, зависящий от мощности электромагнитного поля, B – параметр, зависящий от физических свойств микроорганизма и окружающей его среды, α – коэффициент теплоотдачи;

б) теплообмене по уравнению теплопроводности

$$\begin{cases} \frac{\partial \Theta_i}{\partial t} = a_i \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \Theta_i}{\partial r} \right) + A_i \\ \text{где } 0 \leq r < R \text{ для } i=1; \quad R \leq r < \infty \text{ для } i=2 \\ A_1 = A \quad \text{и} \quad A_2 = 0 \\ \Theta_1(r, 0) = 0; \quad \Theta_2(\infty, t) = 0; \quad \frac{\partial \Theta_1}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0 \\ \Theta_1(R, t) = \Theta_2(R, t) \quad \lambda_1 \frac{\partial \Theta_1}{\partial r} \Big|_{r=R} = \lambda_2 \frac{\partial \Theta_2}{\partial r} \Big|_{r=R} \end{cases} \quad (2)$$

где R – радиус микроорганизма, t – время нагрева в электромагнитном поле, λ – коэффициент теплопроводности;

в) учитывалось влияние на перегрев микроорганизма его защитной оболочки

$$\Delta \Theta_{\text{ст}} = A \frac{hR}{3\alpha_1} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_0} \quad (3)$$

где h – толщина оболочки.

Расчеты показали, что перегрев максимален при импульсном воздействии ЭМП. Более того, с уменьшением длительности импульса перегрев увеличивается

$$\Theta \left(\frac{r}{R} \right) = A_u \left[\operatorname{erf} \left(\frac{1}{2\sqrt{Fo_u}} \right) - \frac{1}{\sqrt{\pi Fo_u}} \exp \left(-\frac{1}{4Fo_u} \right) + \frac{1}{2Fo_u} \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{1}{2\sqrt{Fo_u}} \right) \right) \right] \quad (4)$$

Экспериментальное моделирование процесса инактивации микроорганизмов. В опытах использовались микроорганизмы *Saccharomyces cerevisiae* в молочной сыворотке. Методика опытов изложена в [3]. Значение мощности ЭМП было порядка 0,68 кВт/кг. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что эти микроорганизмы инактивируются при температурах 46°C. Тогда как на производствах при термической пастеризации (без использования электромагнитного поля) температуры составляют 60 – 90°C.

Экспериментально исследовали, как влияют на инактивированность микроорганизмов мощность электромагнитного поля, концентрация сухих веществ, толщина обрабатываемого слоя, скорость протекания продукта и дополнительная закрутка канала, по которому продукт протекал. Было установлено,

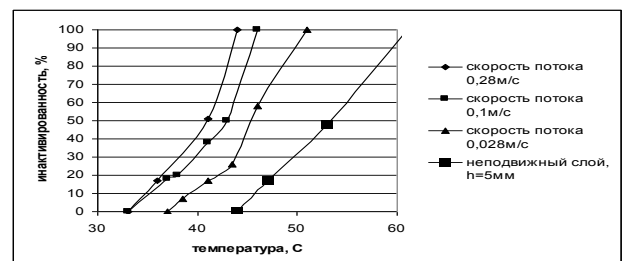


Рис.5. Зависимость инактивированности от температуры при различной скорости протекания сыворотки по прямому трубопроводу

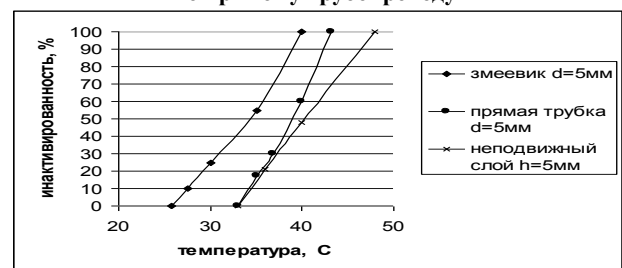


Рис.6. Зависимость инактивированности от температуры для змеевика, прямого трубопровода и неподвижного слоя одинаковой толщины

что инактивированность увеличивается, а температура инактивации, соответственно, снижается с увеличением мощности электромагнитного поля. Так увеличение мощности ЭМП позволяет снизить температуру инактивации на 20°C (рис.1), а время обработки – на 60с (рис.2). Рост концентрации сухих веществ продукта от 6 до 50% снижает температуру инак-

Результаты экспериментальных измерений
для *Cordiceps Chinenses*

Время обработки, мин	Температура после обработки, °C	pH через 23 часа	Удельная энергия, кДж/кг	Удельная мощность, кВт/кг	Прирост массы, %
10	28-30	4,05	46,7	0,080	24
9	31-32	4,13	46,4	0,086	20
9	29-33	4,16	54,0	0,100	23
6	20-21	4,20	23,0	0,064	24
5	23	4,23	39,0	0,065	21
3	26	4,35	21,0	0,172	17
4	25	4,42	12,0	0,050	26
4	22	4,46	16,8	0,070	30
контроль		4,6			15

вации на 20°C (рис.3). Уменьшение толщины обрабатываемого слоя с 20 до 0,2 мм снижает температуру инак-

Таблица 1

свидетельствовали о том, что инак-

тивированность микроорганизмов росла, а температура инактивации снижалась при увеличении скорости протекания. Наименьшие значения температуры инактивации (39°C) были получены при движении продукта по трубопроводу в виде змеевика.

Экспериментальные исследования процессов активации микроорганизмов с помощью ЭМП. Задача повышения активности микроорганизмов решалась с культурами *Cordiceps Chinenses* (тибетский кефирный гриб) и *Mesophilic Aromatic Culture*. В этом случае применялись

удельные мощности в диапазоне 0,02÷0,2 кВт/кг. Обе эти культуры применяются для производства кефира. Важны-

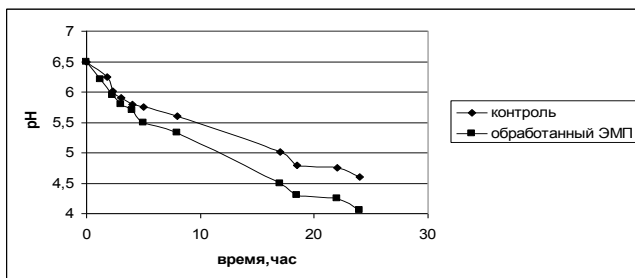


Рис.7. Зависимость pH продукта от времени выдержки

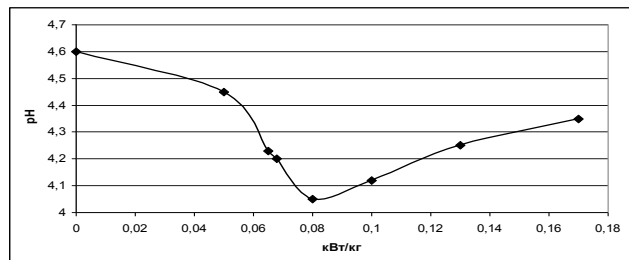


Рис.8. Зависимость pH продукта от удельной мощности электромагнитного поля

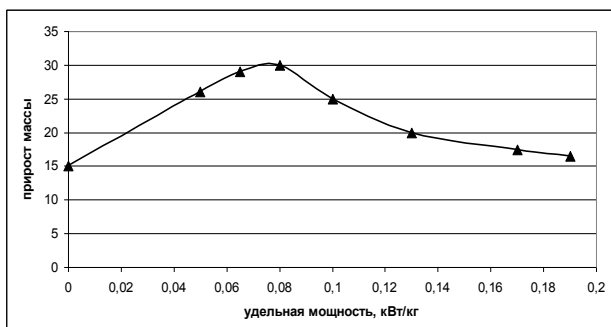


Рис.9. Зависимость прироста биомассы (в %) от удельной мощности электромагнитного поля



Рис.10. зависимость pH от времени выдержки при различных удельных мощностях

ции на 20°C (рис.4).

Вся серия графиков, представленных выше, относится к неподвижному слою продукта. Дальнейшие эксперименты проводились в потоке по прямому трубопроводу и

ми параметрами в этом процессе являются значение pH и прирост биомассы. Результаты измерения pH и прироста биомассы для *Cordiceps Chinenses* представлены в таблице 1 и на графиках (рис.7, 8, 9).

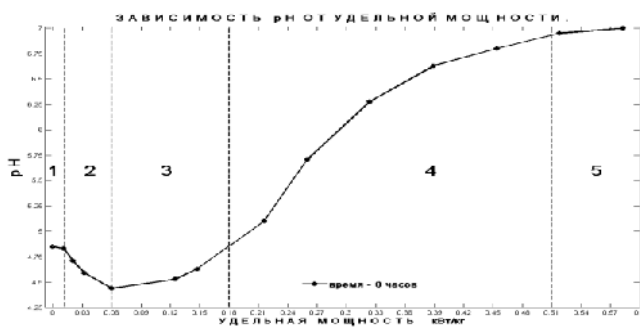


Рис.11. Зависимость pH от удельной мощности

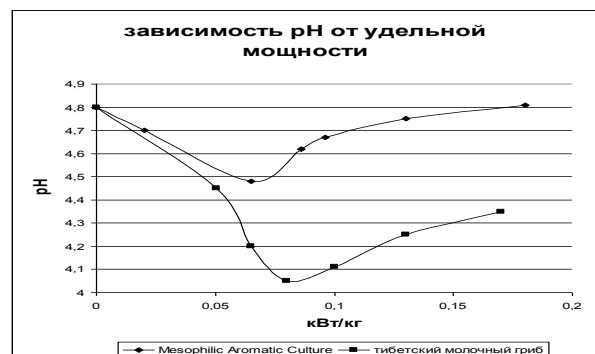


Рис.12. Сводная зависимость pH от удельной мощности для *Mesophilic Aromatic Culture* и *Cordiceps Chinenses*

трубопроводу в виде змеевика. Результаты экспериментов

Из рис.7 следует, что значение pH=4,6, которое

Таблица 2.
Результаты экспериментальных исследований для культуры
Mesophilic Aromatic Culture

Время обработки, мин	Удельная мощность, кВт/кг	Изменение pH во времени						
		2ч	3ч	4ч	5ч	6ч	7ч	8ч
6	0,011	6,30	5,98	5,70	5,47	5,18	4,95	4,81
5	0,020	6,20	5,90	5,55	5,35	5,10	4,90	4,71
10	0,052	6,10	5,72	5,37	5,10	4,88	4,70	4,59
2	0,060	5,89	5,50	5,18	4,82	4,65	4,51	4,44
5	0,125	6,03	5,63	5,29	5,01	4,81	4,63	4,53
4	0,147	6,15	5,80	5,44	5,22	4,98	4,78	4,63
3	0,216	6,48	6,21	5,95	5,79	5,49	5,29	5,10
3	0,260	6,71	6,59	6,45	6,27	6,07	5,91	5,73
2	0,324	6,86	6,77	6,69	6,61	6,45	6,40	6,28
3	0,389	6,92	6,87	6,83	6,81	6,75	6,65	6,63
1	0,454	6,97	6,93	6,88	6,88	6,83	6,83	6,80
5	0,518	6,97	6,97	6,93	6,93	6,93	6,93	6,93
3	0,583	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
контроль		6,36	6,04	5,78	5,49	5,26	5,02	4,85

свидетельствует о сквашенности кефира, для контрольного образца достигается через 23 часа выдержки, а для образца, обработанного электромагнитным полем, – через 16 часов выдержки. Т.е. электромагнитная обработка сокращает время сквашивания кефира на 7 часов. На рис.8 представлена зависимость pH от удельной мощности, на рис.9 – прирост биомассы в зависимости от удельной мощности электромагнитного поля. Видно, что значение мощности, равное 0,08 кВт/кг дает и минимальное значение pH, и максимальный прирост биомассы (в 2 раза больше по сравнению с контрольным образцом). Для *Mesophilic Aromatic* измерялась кинетика изменения pH при разных значениях удельной

мощности. Результаты сведены в таблицу 2 и представлены на графике (рис.10). Все экспериментальные точки этого графика хорошо ложатся на кривые, описываемые полиномами второго порядка (для их аппроксимации применялся метод наименьших квадратов). Параметром является удельная мощность. На основании данных таблицы 2 и рис 10 построена сводная зависимость pH от удельной мощности (рис.11). Из нее следует, что при малых мощностях pH не зависит от мощности (зона 1). При увеличении мощности значение pH уменьшается (зона 2). При мощности 0,06 кВт/кг – значение pH минимально. При дальнейшем увеличении мощности конечное значение pH начинает расти (зона 3). При мощности 0,18 кВт/кг значение pH у продукта такое же, как и в контрольном образце. При еще большем увеличении мощности pH растет до первоначального значения. На рис.12 представлена сводная зависимость pH от удельной мощности для *Mesophilic Aromatic* и *Cordiceps Chinenses* от удельной мощности ЭМП. Эти кривые имеют схожий характер. Для *Mesophilic Aromatic* минимальное значение pH соответствует значению удельной мощности 0,06 кВт/кг, а для *Cordiceps Chinenses* – 0,08 кВт/кг.

Выводы. В результате проведенных комплексных и экспериментальных подтверждена выдвинутая в работе гипотеза об эффективности управления процессами жизнедеятельности микроорганизмов с помощью регулирования удельной мощности электромагнитного поля. Показано, что время сквашивания кефира сокращается на 7 часов.

Поступила 05.2012

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вызулин, С.А. Эффект действия излучения магнитостатических волн на биологическую активность микроорганизмов. [Текст] / С.А. Вызулин, В.И. Вызулина, Д.И. Крыцын // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества, 2004, №4, с. 28 – 33.
2. Renzo Carta, Francesco Desyus. The effect of low-power microwaves on the growth of bacterial populations in a plug flow reactor. [Text]. AIChE Journal, v. 56, iss 5, pp 1270 – 1278, May, 2010
3. Бурдо, О.Г. Процессы инактивации микроорганизмов в микроволновом поле. [Текст] / О.Г. Бурдо, О.Б. Рыбина. 200стр., Одесса-2010, Изд. «Полиграф».

УДК 637.146.1:637.344

ЧАБАНОВА О.Б., канд. техн. наук, доцент, КОЧМАР Л.П., студент, ЧАБАНОВА А.А., студент
Одесская национальная академия пищевых технологий

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПИТЬЕВЫХ СЫВОРОТОЧНЫХ НАПИТКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАТУРАЛЬНЫХ СОКОВ

Использование сыворотки или ее составных частей является важным направлением в разработке новых технологий.

Ключевые слова: сыворотка, натуральные соки.

The use of whey or its components is an important conductor in development of new technologies.

Keywords: whey, natural juices.

Проблема переработки сыворотки актуальна как никогда. Увеличение производства творога и творожных изделий, а также сыров приводит к значительному увеличению количества сыворотки как побочного продукта переработки молока, что приводит к значительному снижению эффективности производства и загрязнению окружающей среды.

Одним из способов рациональной переработки сыворотки может служить ее использование в качестве основы для приготовления разнообразных напитков. Перспективным направлением в технологии производства продуктов с целевыми функциональными свойствами является применение молочного сырья (сыворотки) совместно с различными видами растительного. В частности, использование рас-

тительных компонентов позволяет улучшить органолептические показатели разрабатываемого продукта различными вкусовыми оттенками и цветовой гаммой, а также регулировать состав витаминно-углеводного комплекса разрабатываемого продукта. В последние годы в нашей стране и за рубежом все большее распространение получают функциональные напитки, отличительной особенностью которых является наличие в них физиологически функциональных пищевых ингредиентов: витаминов, макро- и микроэлементов, пищевых волокон и др. Богатейшим их источником служит лекарственно-техническое сырье. Общеизвестно позитивное влияние лекарственных растений в профилактике многих заболеваний. Напитки, обогащенные комплексом водорастворимых биологически активных веществ целебных трав, обладают общеукрепляющими, противостудными, тонизирующими, радиопротекторными свойствами, способствуют повышению сопротивляемости организма к неблагоприятным факторам внешней среды.