

УДК 621.384.52:637.133.4

UDC 621.384.52:637.133.4

**ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ОЗОНА В МОЛОЧНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**THE PROSPECTS OF USING OZONE IN THE
DAIRY INDUSTRY**

Николаенко Сергей Анатольевич
к.т.н., доцент кафедры Электрических машин и
электропривода

Nikolaenko Sergey Anatolyevich
Candidate of technical Sciences, associate Professor of
the Department of Electric machines and electric drive

Николаенко Елена Валерьевна
студентка факультета перерабатывающих
технологий
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Nikolaenko Elena Valerievna
student of the faculty of processing technologies
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье представлены регрессионная модель
влияния озонозооной смеси на обсемененность
тест-бактерий, технология бактерицидной
обработки сывороочного напитка

The article presents the regression model of the effect
of ozone-air mixture in the contamination of test
bacteria and bactericidal treatment technology for
whey drinks

Ключевые слова: СЫВОРОЧНЫЙ НАПИТОК,
БАКЦЕРИЦИДНАЯ ОБРАБОТКА ОЗОНОМ

Keywords: WHEY DRINKS, BACTERICIDAL
OZONE TREATMENT

Напряженный ритм жизни современного человека, необходимость быть мобильным во времени и в пространстве, дефицит времени для полноценного приема пищи – все это приводит к огромным нагрузкам на организм человека. Для большинства людей, и в особенности для социально активных слоев населения, становится все более понятным, что здоровье определяет их работоспособность в современном мире, а соответственно, уровень жизни и благополучия [3].

По данным Всемирной организации Здравоохранения, рацион питания современного человека не способен удовлетворить его потребности в витаминах, микроэлементах, пищевых волокнах. Одним из путей коррекции питания населения является употребление функциональных пищевых продуктов, которые не только обеспечивают организм человека энергией, необходимыми витаминами, микро- и макронутриентами, но и способствуют снижению риска развития заболеваний, связанных с питанием, сохраняют и улучшают здоровье за счет наличия в их составе физиологически функциональных пищевых компонентов [2]. На сегодняшний день среди существующих групп

функциональных продуктов питания наиболее стремительный рост на рынке демонстрируют функциональные напитки. Что же это такое? Функциональные напитки – это больше, чем обычные напитки, они воплощают в себе идею продуктов XXI века: здоровье, хорошее самочувствие, приятный вкус и удобство в употреблении. Функциональные напитки – это прежде всего продукты питания, а не лекарства, поэтому они должны обладать не только функциональной направленностью, но и оказывать позитивное влияние на эмоциональное состояние человека.

По меткому замечанию профессора В. А. Тутельяна, одним из выдающихся достижений конца XX века, по значимости равным таким открытиям, как использование атомной энергии, создание компьютеров, полеты в космос, является разработка концепции «функционального питания» [1].

На кафедре технологии хранения и переработки животноводческой продукции КубГАУ ведется работа по разработке рецептуры и исследованию свойств функционального инулиносоодержащего напитка на основе молочной сыворотки, обогащенного бифидобактериями для людей, страдающих атеросклерозом.

Инулин – это природный полисахарид растительного происхождения $(C_6H_{10}O_5)_n$, который состоит из остатков D-фруктофуранозы (фруктозы), связанных β -2,1-связями, и оканчивается α -D-глюкопиранозным остатком (глюкозой), как в сахарозе [7].

Медицинские исследования натурального полисахарида инулина подтверждают его положительное влияние на обмен липидов, снижая уровень «вредного» холестерина, триглицеридов и фосфолипидов, которые принимают участие в образовании атеросклеротических «бляшек». Инулин также улучшает усваиваемость магния, который входит в состав или

влияет на активность более 300 ферментов, регулирующих деятельность сердечнососудистой системы и уровень липидов в крови [6].

Кроме этого, инулин существенно улучшает работу иммунной системы, оздоравливает микрофлору кишечника, за счет увеличения количества бифидобактерий [4].

Инулин способствует выведению из организма токсичных и балластных веществ, стимулирует двигательную активность ЖКТ, обладает выраженным желчегонным действием. Содержащиеся в составе топинамбура органические полиоксикислоты нейтрализуют влияние агрессивных свободных радикалов и недоокисленных продуктов обмена, выполняя антиоксидантные и антитоксические функции, способствует синтезу гликогена, обеспечивая более высокий уровень энергетического обмена собственного инсулина клетками поджелудочной железы [10].

В последнее время широкое применение в производстве продуктов питания находит молочная сыворотка, которая является ценным пищевым сырьем. В ней содержится более 200 жизненно важных питательных и биологически активных веществ [6]. Молочная сыворотка – хорошая основа для создания функциональных продуктов питания. Её высокую биологическую ценность обуславливают белковые вещества, витамины, органические кислоты, гормоны, иммунные тела и микроэлементы. Следует отметить, что в современной молочной промышленности одной из основных проблем является проблема дефицита сырья. Она может быть решена за счет использования молочной сыворотки, ресурсы которой в нашей стране превышают 3,5 млн. т. в год [5].

Разрабатываемый сывороточный напиток представляет собой скоропортящийся продукт и благоприятную среду для развития возбудителей различных пищевых инфекций. При разработке технологии производства данного напитка функциональной направленности неотъемлемым этапом является процесс пастеризации, т. е. тепловой

обработки, подавляющей рост и развитие патогенных микроорганизмов, оказывающей существенное влияние на достижение требуемого уровня микробиальной чистоты готового продукта.

В настоящее время для бактерицидной обработки выпускаемой продукции в молочной промышленности используют преимущественно традиционные методы тепловой обработки, такие процессы как стерилизация и пастеризация. Недостатком этих методов является существенное потребление энергетических ресурсов, что ведет к большим экономическим затратам предприятий.

Альтернативным решением данной проблемы является использование озона с целью достижения соответственного уровня микробиальной чистоты изготавливаемой продукции.

Озон обладает высокой эффективностью, уничтожая бактерии и грибы. Озон оказывает быстрое и радикальное воздействие на многие вирусы, при этом, в отличие от многих антисептиков, не проявляет разрушающего и раздражающего действия на обрабатываемый материал.

На кафедре электрических машин и электропривода Кубанского государственного аграрного университета проводились экспериментальные исследования влияния озонирования на рост и развитие санитарно значимого тест-объекта *Escherichia coli*. В данных экспериментах был использован Чашечный метод Коха, получивший широкое распространение за легкость и простоту выполнения. Метод заключается в следующем: стерильные чашки Петри с посевами тест-бактерий помещали в специальную камеру, куда подавалась озоновоздушная смесь. В качестве среды культивирования использовали питательный агар производства НПО «Питательные среды».

В каждую чашку вносили по 0,1 мл микробной суспензии, содержащей 1000 микробных клеток, которую распределяли по всей поверхности агара. После этого посева подвергали озонированию. При

этом были испытаны концентрации озона 25, 12 и 6 мг/м³ при экспозиции 7, 15, 30, 60 и 120 мин. По окончании озонирования чашки с культурами помещали в термостат при температуре 37°C на 24 часа. Результаты опытов оценивали по количеству выросших колоний. Каждое исследование проводили в трех повторностях. В качестве контроля использовались посевы, не подвергавшиеся озонированию. Результаты данных исследований представлены на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что озон в концентрации 25 мг/м³ при минимальной экспозиции (7 мин) инактивирует в среднем 35% кишечной палочки. При увеличении продолжительности воздействия озона при этой же концентрации количество жизнеспособных бактериальных клеток уменьшается еще в большей степени. Так после 30-минутной обработки погибло 80% клеток *Escherichia coli*. При воздействии озона в течение 120 минут 4% клеток *Escherichia coli* сохранило свою жизнеспособность.

При снижении концентрации озона до 12 мг/м³ отметили увеличение времени, требуемого для проявления бактерицидного эффекта, при этом 7% клеток кишечной палочки сохранило свою жизнеспособность даже по истечении экспозиции 120 минут.

Уменьшение концентрации озона до 6 мг/м³ сопровождалось большей выживаемостью тест-микроорганизмов. Даже после 60-минутного воздействия оставались жизнеспособными 39% *Escherichia coli*. После 120-минутного воздействия озоном в концентрации 6 мг/м³ 19% *Escherichia coli* оставались жизнеспособными.

Полученные результаты показали, что между концентрацией озона, временем воздействия и выживаемостью тест-бактерий при экспозиции менее 15–30 минут наблюдается практически линейная зависимость, что, скорее всего, связано с активной гибелью низкорезистентных к озону клеток (молодых и находящихся в стадии естественного отмирания).

При использовании озона даже в минимальной концентрации (6 мг/м³) интенсивная гибель бактериальных клеток происходит уже в течение первых 30 минут [7].

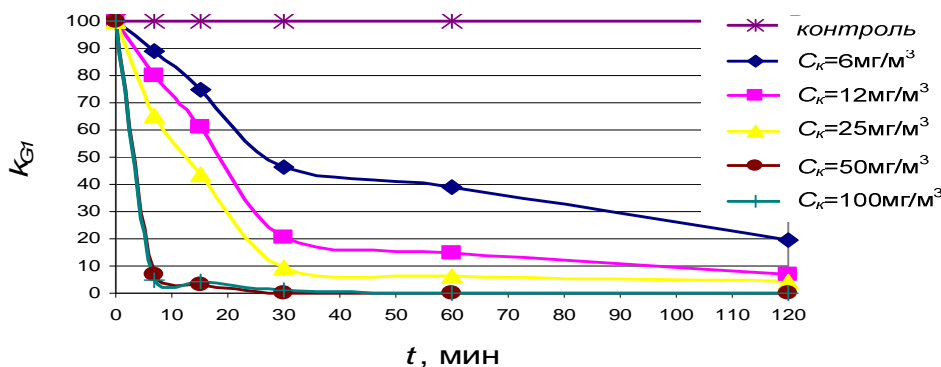


Рисунок 1 – Диаграмма влияния времени обработки на значение параметра выживаемости *Escherichia coli* при различных значениях концентрации озона

На базе регрессионного анализа полученных результатов исследования построена математическая модель, описывающая взаимодействие факторов и наблюдаемой величины, представлена в виде уравнения регрессии:

$$y_1 = 101,3 - 2,462x_1 - 2,033x_2 + 0,569x_1x_2 + 1,561x_1^2 + 1,255x_2^2.$$

(1)

Уравнение регрессии позволяет оценить степень влияния независимых переменных и их сочетаний на зависимую переменную. Каждый из коэффициентов регрессии в уравнении (1) отражает уровень изменения выживаемости *Escherichia coli* при изменении одного из параметров озонирования. Как видим из анализа, величина концентрации озона является основным фактором, определяющим степень выживаемости *Escherichia coli* в среде.

Полученные данные позволяют нам сделать вывод, что замена энергоемкой пастеризации молока на более дешевый и эффективный

способ обработки озоном в настоящее время является наиболее рациональным. В связи с данной ситуацией целесообразным является разработка новой технологии бактерицидной обработки молочной продукции, действие которой позволит подавить рост и развитие патогенной микрофлоры. На рисунке 2 представлена технологическая схема бактерицидной обработки сывороточного напитка.

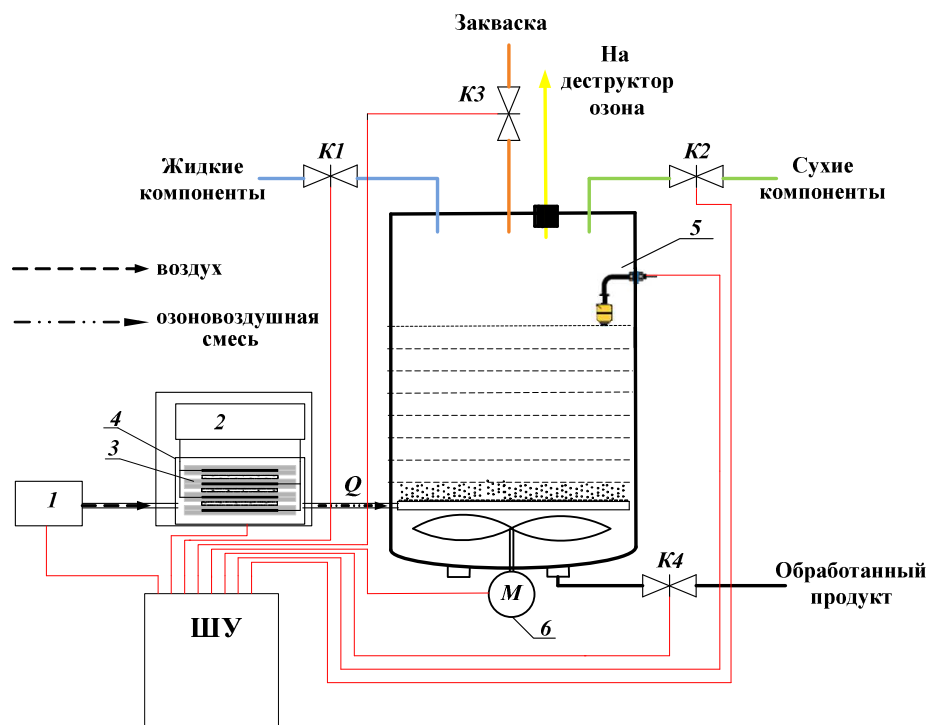


Рисунок 2 – Технологическая схема бактерицидной обработки сывороточного напитка

Технологическая установка состоит из: 1 – компрессора, 2 – импульсного источника питания, 3 – разрядного устройства, 4 – герметичного корпуса разрядного устройства, 5 – датчика уровня поплавкового типа, 6 – электродвигателя мешалки, K1 – электромагнитного клапана на подаче жидких компонентов в барботажную камеру, K2 – электромагнитного клапана на подаче сухих компонентов в барботажную камеру, K3 – электромагнитного клапана на подаче закваски в барботажную камеру, K4 – электромагнитного клапана барботажной камеры на розлив готовой продукции в тару.

Для процесса бактерицидной обработки молочной продукции необходимо рассмотреть процесс барботажа озоновоздушной смесью исследуемого напитка.

Барботаж - это процесс пропускания газа или пара через слой жидкости. Он зависит от вязкости и поверхностного натяжения жидкости, направления движения жидкости и газа. Движение пузырьков газа в жидкости может быть ламинарным и турбулентным, размер самих пузырьков изменяется в определенном интервале. В связи с этим и скорость барботации не остается постоянной, что влияет на время и качество бактерицидной обработки сывороточного продукта [8].

Установлено, что с изменением температуры сывороточного напитка, изменяется плотность и вязкость. При этом растворимость озона в продукте резко уменьшается с увеличением температуры. Поэтому необходимо в разработанной технологии учитывать и контролировать температуру продукта, подаваемого в барботажную камеру.

Рассмотрим технологию бактерицидной обработки инулиносодержащего сывороточного напитка функциональной направленности. На рисунке 2 представлена технологическая схема, действующая по следующему алгоритму.

На дне барботажной камеры располагается мешалка, позволяющая перемешивать компоненты и доводить их до однородной массы. Выше мешалки, по площади дна, уложена зигзагообразно труба, в которой по периметру проделаны отверстия с малым диаметром. К зигзагообразной трубе по средствам гибких трубопроводов подводится озоновоздушная смесь от блока озонатора, создавая давление в ней за счет компрессора. В барботажную камеру по средствам электромагнитных клапанов К1-К3 подаются закваска, жидкие и сухие компоненты напитка. Уровень заполнения камеры контролируется по средством датчика уровня поплавкового типа. Управление работой клапанов, электродвигателя

мешалки, компрессора и озонатора осуществляется шкафом управления. Режим работы полностью автоматический. Процесс бактерицидной обработки цикличен. Достигается за счет использования программированного логического контроллера.

По завершению цикла бактерицидной обработки сывороточного продукта автоматически открывается клапан К4, и полученный продукт готов к розливу в тару.

Производительность режима барботажа зависит от многих факторов, в том числе и производительности электроозонатора. Для разработанной технологии производства считается целесообразным использовать электроозонатор пластинчатого типа, конструкция разрядного устройства которого проста в изготовлении и при необходимости ремонтпригодна. Внешний вид конструкции канала разрядного устройства отображен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Сечение канала разрядного устройства электроозонатора

Необходимо отметить, что производительность компрессора неизменна во времени. Изменение производительности электроозонатора осуществляется в блоке 2 (импульсного блока питания) путем изменения напряжения разрядного устройства. Для этой цели использован повышающий трансформатор напряжения с ШИМ-регулированием напряжения первичной обмотки. Формирование управляющего ШИМ-

сигнала осуществляется микроконтроллером (МК) в соответствии с заданным алгоритмом управления.

Таким образом, для осуществления работы и контроля параметров технологического процесса в системе достигается симбиоз работы промышленного контроллера и микроконтроллера. Разработанная технология направлена, в первую очередь, на экологически чистый и менее энергозатратный способ бактерицидной обработки сывороточного продукта, реализованный на доступном электрооборудовании, которое позволяет изменять параметры работы системы в зависимости от получаемого и обрабатываемого продукта.

Создание системы стабилизированного озонирования молочной продукции с целью бактерицидной обработки является актуальной задачей, имеющей существенное значение для молочной промышленности не только Краснодарского края, но и России в целом.

Список литературных источников

1. Тутельян В. А. Сбалансированное питание – основа процветания нации/Доклад на VI Всероссийской конференции Здоровое питание: воспитание, образование, реклама. – М.: БАД – Бизнес, 2001.
2. Дьяченко М.А., Филатова И. А., Колесное А. Ю., Кочеткова А.А. Рынок функциональных продуктов// Ваше питание. 2000. N4. С. 33-36.
3. Зуев Е. Т. Функциональные напитки: их место в концепции здорового питания//Пищевая промышленность. 2004. N7. С. 90-95.
4. Кахана Б.М., Арасимович В.В. Биохимия топинамбура. /Б.М. Кахана, В.В.Арасимович. – Кишинев, 1974.-79с Козлов С.Г.Молочная промышленность: продукты функционального назначения на основе молочной сыворотки//-2003.-№6.-с.57-58;
5. Кравченко Э.Ф. Молочная промышленность: контроль качества и технологических параметров переработки молочной сыворотки//-2006.-№6.-с.24-26;
6. Лабинов В.В.Молочная промышленность: состояние молочной промышленности России, проблемы и решения//-2006.-№9.-с.4-8;
7. Николай Даников - Целебный топинамбур. Помощник от всех болезнейhttp://thelib.ru/books/nikolay_danikov/celebnyy_topinambur_pomoschnik_ot_vseh_bolezney.html.

8. Овсянников Д.А., Николаенко С.А. Система стабилизированного озонирования ульев для профилактики и лечения бактериозов пчел. Монография.- Краснодар 2013. - 144с.

9. Ozonatornoe-oborudovanie. ООО «Курганхиммаш»;

10. Тезисы докладов участников третьей Всесоюзной научно-производственной конференции «Топинамбур и топинсолнечник – проблемы возделывания и использования».- Одесса: Маяк, 1991.-127с.

References

1. Tutel'jan V. A. Sbalansirovanное pitanie – osnova процветания нации/Doklad na VI Vserossijskoj konferencii Zdorovoe pitanie: vospitanie, obrazovanie, reklama. – М.: BAD – Biznes, 2001.

2. D'jachenko M.A., Filatova I. A., Kolesnoe A. Ju., Kochetkova A.A. Rynok funkcional'nyh produktov// Vashe pitanie. 2000. N4. S. 33-36.

3. Zuev E. T. Funkcional'nye napitki: ih mesto v koncepcii zdorovogo pitaniija//Pishhevaja promyshlennost'. 2004. N7. S. 90-95.

4. Kahana B.M., Arasimovich V.V. Biohimija topinambura. /B.M. Kahana, V.V.Arasimovich. – Kishinev, 1974.-79s Kozlov S.G.Molochnaja promyshlennost': produkty funkcional'nogo naznachenija na osnove molochnoj syvorotki//-2003.-№6.-s.57-58;

5. Kravchenko Je.F. Molochnaja promyshlennost': kontrol' kachestva i tehnologicheskikh parametrov pererabotki molochnoj syvorotki//-2006.-№6.-s.24-26;

6. Labinov V.V.Molochnaja promyshlennost': sostojanie molochnoj promyshlennosti Rossii, problemy i reshenija//-2006.-№9.-s.4-8;

7. Nikolaj Danikov - Celebnyj topinambur. Pomoshhnik ot vseh boleznjejhttp://thelib.ru/books/nikolaj_danikov/celebnyy_topinambur_pomoschnik_ot_vseh_bolezney.html.

8. Ovsjannikov D.A., Nikolaenko S.A. Sistema stabilizirovanного озонирования ул'ев dlja profilaktiki i lechenija bakteriozov pchel. Monografija.- Krasnodar 2013. - 144s.

9. Ozonatornoe-oborudovanie. ООО «Kurganhimmash»;

10. Tezisy dokladov uchastnikov tret'ej Vsesojuznoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii «Topinambur i topinsolnechnik – problemy vzdelyvanija i ispol'zovanija».- Odessa: Majak, 1991.-127s.