

Volume 1, Issue 1, 2018

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ
ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ
FOOD SYSTEMS

An international science journal

FOOD SYSTEMS

ISSN 2618-9771 (Print)

ISSN 2618-7272 (On line)

<http://www.fsjour.com>

Федеральное агентство научных организаций

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ FOOD SYSTEMS

Учредитель и издатель

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Главный редактор

Кузнецова Оксана Александровна — Доктор технических наук, Врио директора ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

Заместитель Главного редактора

Лисицын Андрей Борисович — Доктор технических наук, профессор, Академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

Научный редактор

Горбунова Наталия Анатольевна — Кандидат технических наук, ученый секретарь, ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

Научный редактор

Банникова Анна Владимировна — Доктор технических наук, Заведующий учебно-научно-испытательной лабораторией, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», Саратов, Россия

Выпускающий редактор

Захаров Александр Николаевич — Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий редакционно-издательским отделом, ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ТИПОГРАФИИ:
109316, Россия, Москва, Талалихина, 26,
Федеральный научный центр пищевых систем
им. В.М. Горбатова РАН.
www.fsjour.com

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре

Регистрационные данные:

ПИ № ФС77-71610 от 13.11.2017

ЭЛ № ФС 77-72022 от 26.12.2017

Периодичность — 4 номера в год.

Издается с 2018 года.

Подписано в печать

Тираж 300 экз. Заказ №

Типография ФНЦПС.

© ФНЦПС, 2018

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Абрамова Любовь Сергеевна — доктор технических наук, профессор, помощник директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Москва, Россия
Баженова Баяна Анатольевна — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология мясных и консервированных продуктов» ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский университет технологии и управления», Улан-Удэ, Россия

Галстян Арам Генрихович — доктор технических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, заведующий Межотраслевым научно-техническим центром мониторинга качества пищевых продуктов, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия
Горлов Иван Федорович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции», Волгоград, Россия

Донник Ирина Михайловна — доктор биологических наук, профессор, Академик РАН, Вице-президент РАН, Москва, Россия

Евдокимов Иван Алексеевич — доктор технических наук, профессор, Заведующий кафедрой «Технология молока и молочных продуктов» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» Ставрополь, Россия

Ежкова Галина Олеговна — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология мясных и молочных продуктов» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия

Замаратская Галия — кандидат технических наук, доцент, Научный работник Шведского университета аграрных наук, Упсала, Швеция

Иванкин Андрей Николаевич — доктор химических наук, профессор, Заведующий кафедрой «Химия», Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, Мытищи, Московская область, Россия

Кочеткова Алла Алексеевна — доктор технических наук, профессор, Руководитель лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва, Россия

Машенцева Наталья Геннадиевна — доктор технических наук, доцент, профессор РАН, заведующий кафедрой «Биотехнология и технология продуктов биорганитического синтеза» ФБГОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», Москва, Россия

Мирошников Сергей Александрович — доктор биологических наук, профессор, Директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства», Оренбург, Россия

Римарева Любовь Вячеславовна — доктор технических наук, профессор, Академик РАН, Заместитель директора Всероссийского научно-исследовательского института пищевой биотехнологии — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва, Россия

Настасиевич Иван — доктор, адъюнкт-директор, Институт гигиены и технологии мяса, Белград, Сербия

Петров Андрей Николаевич — доктор технических наук, профессор, Академик РАН, Директор Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Видное, Московская область, Россия

Просоков Александр Юрьевич — доктор технических наук, профессор, профессор РАН, Ректор ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, Россия

Ребезов Максим Борисович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Заведующий кафедрой прикладной биотехнологии ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Челябинск, Россия

Такеда Широ — адъюнкт- профессор, Профессор лаборатории науки о пище, Институт ветеринарной медицины, Университет Азабу, Сагами-хара, Япония

Тимошенко Николай Васильевич — доктор технических наук, профессор, Заведующий кафедрой технология хранения и переработки животноводческой продукции, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Россия

Чернуха Ирина Михайловна — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Руководитель научного направления ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Москва, Россия

Швегеле Фреди — доктор, Директор Института Макса Рубнера, Кульмбах, Федеративная Республика Германия

Federal Agency of Scientific Organizations
(FANO of Russia)

V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food
Systems of Russian Academy of Sciences
(Gorbatov Research Center for Food Systems)

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ FOOD SYSTEMS

Founder and publisher:

V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food
Systems of Russian Academy of Sciences

Editor-in-Chief:

Oxana A. Kuznetsova, doctor of technical sciences,
Director of V.M. Gorbatov Federal Research Center
for Food Systems of Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

Deputy Editor-in-Chief:

Andrey B. Lisitsyn, doctor of technical sciences,
professor, Academician of RAS, Scientific supervisor
Of V.M. Gorbatov Federal Research Center
for Food Systems of Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

Science editor:

Natalia A. Gorbunova, candidate
of technical sciences, Academic Secretary of
V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food
Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow,
Russia

Science editor:

Anna V. Bannikova, doctor of technical sciences,
Head of the educational-scientific-testing laboratory,
Saratov State Vavilov Agrarian University, Saratov,
Russia

Production editor:

Aleksandr N. Zakharov, candidate of technical
sciences, senior research worker, Head of the Editorial
and Publishing Department of V.M. Gorbatov Federal
Research Center for Food Systems of Russian Academy
of Sciences», Moscow, Russia

PRINTING OFFICE:

109316, Talalikhina str. 26, Moscow, Russia,
Gorbatov Research Center for Food Systems.
www.fsjour.com

The journal is registered in ROSKOMNADZOR.

Registration data:

ПИ № ФС77-71610 from 13.11.2017

ЭЛ № ФС 77-72022 from 26.12.2017

Frequency — 4 issues a year.

Published in 2018.

Signed print

Circulation — 300 copies. Order № .

Printing house — FNCPS.

© FNCPS, 2018

ISSN 2618-9771 (Print)
ISSN 2618-7272 (Online)

EDITORIAL BOARD

Liubov S. Abramova, doctor of technical sciences, professor, assistant direc-
tor of Russian Federation Research Institute of Fishery and Oceanography,
Moscow, Russia

Baiana A. Bazhenova, doctor of technical sciences, docent, professor of the
chair «Meat and canned product technology» of East Siberia State University
of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

Aram G. Galstyan, Doctor of Technical Science, Professor of RAS, Corre-
sponding Member of RAS, Head of the Interbranch Scientific and Technical
Center for Food Quality Monitoring of All-Russian Scientific Research Insti-
tute of Brewing, Beverage and Wine Industry — Branch of V.M. Gorbatov Fed-
eral Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia

Ivan F. Gorlov, doctor of agricultural sciences, professor, academician of
RAS, Scientific supervisor of Povolzhskiy Research Institute of Production
and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia

Irina M. Donnik, doctor of biological sciences, professor, academician of
RAS, Vice president of RAS, Moscow, Russia

Ivan A. Evdokimov, doctor of technical sciences, professor, Head of the chair
«Technology of milk and dairy products» of North-Caucasus Federal Univer-
sity, Stavropol, Russia

Galina O. Ezhkova, doctor of biological sciences, professor, the head of the
chair «Technology of meat and dairy products» of Kazan National Research
Technological University, Kazan, Russia

Galia Zamaratskaya, candidate of technical sciences, docent, research work-
er, the Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden

Andrey N. Ivankin, doctor of Chemical Sciences, professor, the head of the
chair of Chemistry of Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical
University, Mytishchi, Moscow region, Russia

Alla A. Kochetkova, doctor of technical sciences, professor, the head of the
«Laboratory of food biotechnologies and specialized products», Federal Re-
search Centre of nutrition, biotechnology and food safety, Moscow, Russia

Natal'ya G. Mashentseva, doctor of technical sciences, professor RAS, the
head of the chair of Biotechnology and Technology of Products of Bioorganic
Synthesis of Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia

Sergey A. Miroshnikov, doctor of biological sciences, professor, director of
The All-Russian Research Institute of Beef Cattle, Orenburg, Russia

Liubov V. Rimareva, doctor of technical sciences, professor, academician of
RAS, deputy director of The All-Russian Scientific Research Institute of Food
Biotechnology — branch Federal Research Centre of nutrition, biotechnology
and food safety, Moscow, Russia

Nastasijevic Ivan, doctor, Associate Director of the Institute of Meat Hygiene
and Technology, Belgrad, Serbia

Andrey N. Petrov, doctor of technical sciences, professor, academician of
RAS, Director of All-Russian Research Institute of Canning Technology —
Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS,
Vidnoe, Moscow region, Russia

Aleksandr Yu. Prosekov, doctor of technical sciences, professor, professor of
RAS, Rector of Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Maxim B. Rebezov, doctor of agricultural sciences, professor, the head of
the chair of Applied Biotechnology of South Ural State University (national
research university), Chelyabinsk, Russia

ShiroTakeda, associate Professor, Laboratory of Food Science School of
Veterinary Medicine, Azabu University, Sagamihara, Japan

Nikolai V. Timoshenko, doctor of technical sciences, professor, the head of
the chair «Technology of storage and processing of animal products» of the
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Irina M. Chernukha, doctor of technical sciences, professor, corresponding
members of RAS, head of the scientific direction of V.M. Gorbatov Federal
Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow,
Russia

Fredi Schwagele, doctor, Director of Max Rubner-Institut, Kulmbach,
Germany.

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Панасюк А.Л.,
Кобелев К.В., Кузьмина Е.И.,
Розина Л.И., Летфуллина Д.Р.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ
ПОЛУЧЕНИЯ УКСУСА
ИЗ ПИВНЫХ ДИАЛИЗАТОВ 4

Alexander. L. Panasyuk,
Konstantin. V. Kobelev, Elena. I. Kuzmina,
Larisa. I. Rozina, Dilyara. R. Letfullina
TECHNOLOGICAL REGIMES
FOR OBTAINING VINEGAR
FROM BEER DIALYSTS 4

Галстян А.Г., Радаева И.А.,
Хуршудян С.А., Туровская С.Н.,
Семипятный В.К., Илларионова Е.Е.
ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ФОРМИРОВАНИЯ ВЯЗКОСТИ
СГУЩЕННОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО
МОЛОКА С САХАРОМ ОТ ПАРАМЕТРОВ
ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ 13

Aram G. Galstyan, Iskra A. Radaeva,
Sergei A. Khurshudyan, Svetlana N. Turovskaya,
Vladislav K. Semipyatniy, Elena E. Illarionova
REGULARITIES
OF VISCOSITY FORMATION
OF CONDENSED FAT-FREE MILK
WITH SUGAR FROM HEAT
TREATMENT PARAMETERS 13

Принцева А.А., Шарова Н.Ю.,
Выборнова Т.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕРТАЗНОЙ
АКТИВНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ
ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ
САХАРОЗОМИНЕРАЛЬНОЙ СРЕДЫ
И ГИДРОЛИЗАТА КРАХМАЛА
МИКРОМИЦЕТОМ *ASPERGILLUS NIGER*... 19

Anastasia A. Printseva, Natalya Yu. Sharova,
Tatyana V. Vybornova
RESEARCH OF INVERTASE ACTIVITY WHEN
CHANGING THE PARAMETERS OF THE
FERMENTATION PROCESS SUGAR-MINERAL
MEDIUM AND HYDROLYSATE
OF STARCH BY THE MICROMYCETE
ASPERGILLUS NIGER 19

Крикунова Л.Н., Ободеева О.Н.,
Захаров М.А., Данилян А.В.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ДВУХСТАДИЙНОГО
СПОСОБА ПОДГОТОВКИ
СУШЕНОГО ТОПИНАМБУРА
К ДИСТИЛЛЯЦИИ 24

Ludmila N. Krikunova, Olga N. Obodeeva,
Maxim A. Zakharov, Armen V. Danilyan
DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL
PARAMETERS OF THE TWO-STAGE
METHOD OF DRIED JERUSALEM
ARTICHOKE PREPARATION
FOR DISTILLATION..... 24

Колпакова В.В.,
Тихомирова Н.А.,
Гайворонская И.С., Лукин Н.Д.
КИСЛОМОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ
ГЕРОНТОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ
НА ОСНОВЕ КОМПОНЕНТОВ
ПЕРЕРАБОТКИ
АМАРАНТОВОЙ МУКИ 35

Valentina V. Kolpakova,
Nataliya A. Tichomirova,
Irina S. Gaivoronskaya, Nikolai D. Lukin
FERMENTED DAIRY PRODUCT
FOR GERONTOLOGICAL
APPOINTMENTS BASED
ON AMARANTH
PROCESSED PRODUCTS..... 35

УДК/UDC 663.1

DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-1-4-12

Оригинальная научная статья

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ПОЛУЧЕНИЯ УКСУСА ИЗ ПИВНЫХ ДИАЛИЗАТОВ

Панасюк А.Л.*, Кобелев К.В., Кузьмина Е.И., Розина Л.И., Летфуллина Д.Р.

Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пивной диализат, концентрированный пивной диализат, летучие компоненты, органические кислоты, аминокислоты, уксуснокислые бактерии, уксус, режимы аэрации, стартовая концентрация уксусной кислоты.

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена разработке технологических режимов рационального использования пивных диализатов, образующихся при производстве безалкогольного пива. Одним из эффективных способов его применения является производство уксуса. В статье приведены данные исследования летучих компонентов, органических кислот и аминокислот исходных пивных диализатов с объемной долей этилового спирта 0,6% и пивных диализатов, сконцентрированных до объемной доли этилового спирта 5,0% и 8,0%. Приведены данные исследования летучих компонентов, органических кислот и аминокислот уксуса, полученного в результате биохимического окисления сконцентрированных пивных диализатов уксуснокислыми бактериями. Процесс окисления проводился периодическим глубинным способом. Показано влияние режимов аэрации и стартовой концентрации уксусной кислоты на функциональную активность уксуснокислых бактерий при получении уксуса из пивных диализатов. Рекомендованы технологические режимы для получения уксуса периодическим глубинным способом из пивных диализатов.

The Original Scientific Article

TECHNOLOGICAL REGIMES FOR OBTAINING VINEGAR FROM BEER DIALYSTS

Alexander.L.Panasjuk*, Konstantin.V.Kobelev, Elena.I.Kuzmina, Larisa.I.Rozina, Dilyara.R.Letfullina

All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Russia

KEY WORDS:

beer dialysate, concentrated beer dialysate, volatile components, organic acids, amino acids, acetic acid bacteria, vinegar, aeration regimes, starting concentration of acetic acid.

ABSTRACT

This article is devoted to the development of technological regimes for the rational use of beer dialysates formed in the production of non-alcoholic beer. One of the effective ways to use it, is the production of vinegar. The article presents data on the study of volatile components, organic acids and amino acids of initial beer dialysates with a volume fraction of ethyl alcohol of 0.6% and brewing dialysates concentrated to a volume fraction of ethyl alcohol of 5.0% and 8.0%. The data of the study of volatile components, organic acids and amino acids of vinegar obtained as a result of biochemical oxidation of concentrated brewing dialysates with acetic acid bacteria are presented. The oxidation process was carried out by a periodic deep-seated method. Influence of aeration regimes and initial concentration of acetic acid on the functional activity of acetic acid bacteria in obtaining vinegar from beer dialysates is shown. Recommended technological regimes for obtaining vinegar in a periodic deep method from beer dialysates.

1. Введение

В настоящее время пивоварение является одной из развитых отраслей пищевой промышленности Российской Федерации. Кроме того, с каждым годом возрастает объем производства безалкогольного пива, которое получают, как правило, путем диализа обычного пива. Образующийся при производстве диализат содержит этиловый спирт, что влечет за собой необходимость его рационального использования и учета в соответствии с требованиями Федерального закона № 171-ФЗ «О государственном регулировании производства и оборота спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции».

Одним из эффективных способов его применения является производство уксуса. Пищевой уксус широко применяется в производстве пищевой продукции.

Наименее ценным среди его разновидностей является столовый уксус, который изготавливают путем разбавления водой уксусной кислоты, производимой путем синтеза при переработке отходов древесины.

Несколько более высоким качеством обладает спиртовой уксус, получаемый в результате микробиологического синтеза с помощью уксуснокислых бактерий (УКБ) из ректифи-

кованного пищевого спирта. Полная или частичная замена ректифицированного спирта на головную фракцию этилового спирта, позволяет получать уксус по органолептическим и физико-химическим свойствам не уступающий уксусу, полученному из ректифицированного спирта [1–8].

Безусловно, более высоким качеством обладают виноградный и фруктовый (яблочный, айвовый и т.д.) уксусы [9–17], которые получают непосредственно из виноградных и фруктовых виноматериалов. Наиболее прогрессивным является разработанный во ВНИИ ПБиВП метод производства яблочного уксуса с подвижной насадкой, в котором глубинный метод сочетается с использованием специальной насадки из полиэтилена. Таким образом, имеющиеся в институте наработки могут быть использованы в качестве основы для совершенствования технологии производства высококачественного уксуса из пищевого сырья. Разработка технологии уксуса из пивного диализата будет способствовать расширению ассортимента отечественных пищевых продуктов, а главное, позволит найти рациональное использование одного из основных вторичных продуктов пивоварения — спиртосодержащим диализатам.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Панасюк А.Л., Кобелев К.В., Кузьмина Е.И., Розина Л.И., Летфуллина Д.Р. Технологические режимы получения уксуса из пивных диализатов. *Пищевые системы*. 2018;1(1):4-12. DOI:10.21323/2618-9771-2018-1-1-4-12

FOR CITATION: Panasyuk A.L., Kobelev K.V., Kuzmina E.I., Rozina L.I., Letfullina D.R. Technological regimes for obtaining vinegar from beer dialysts. *Food systems*. 2018;1(1):4-12. (In Russ.) DOI:10.21323/2618-9771-2018-1-1-4-12

Целью выполнения работы является разработка технологических режимов переработки пивных диализатов для получения уксуса.

2. Материалы и методы

Исследования проводились в лабораторных условиях института с использованием методов анализа, принятых в энохимии, пивоваренной, уксусной промышленности и изложенных в соответствующих ГОСТ, и современных инструментальных методов анализа.

Качественный состав и массовую концентрацию органических кислот определяли на жидкостном хроматографе «Стайер» со спектрофотометрическим детектором.

Качественный и количественный состав летучих соединений определяли методами газовой хроматографии на газовом хроматографе Кристалл 5000.2 М (Хроматек, РФ) с пламенно-ионизационным детектором, снабженном автоматической системой сбора и обработки информации. Метод основан на разделении смеси летучих компонентов в образце и последующем их детектировании пламенно-ионизационным детектором. Хроматографическая колонка — HP-FFAP («Agilent», США) длиной 50 м и внутренним диаметром 0,32 мм с толщиной пленки неподвижной фазы 0,5 мкм.

Качественный и количественный состав аминокислот определяли на жидкостном хроматографе с диодноматричным детектором «Agilent Technologies 1200» («Agilent», США), снабженным автоматической системой сбора и обработки информации по Методике измерений массовой концентрации свободных аминокислот в напитках алкогольных и безалкогольных методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Метод основан на хроматографическом разделении аминокислот в образце и последующем их детектировании диодноматричным детектором. Хроматографическая колонка—Luna 5u C18(2) 100A 150*4,6 mm 5 micron (Phenomenex, США).

При исследованиях использовались образцы пивных диализатов с объемной долей этилового спирта 0,6%, образцы пивных диализатов, сконцентрированных до объемной доли этилового спирта 5,0% и 8,0%.

Уксуснокислое брожение проводили глубинным способом. Использовали штамм микроорганизмов Acetobacter acetii ВНИИПБТ-66, предоставленный Национальным биоресурсным центром Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов ФГБНУ «ГосНИИгенетика».

Для культивирования штамма использовали жидкую среду следующего состава: спирт этиловый ректификованный — 7,0% об; уксусная кислота (ледяная) — 0,7%; (NH₄)₂HPO₄—0,5%; KH₂PO₄— 0,2%; MgSO₄—0,2%.

Культивирование проводили методом постепенного накопления биомассы и повышения физиологической активности бактерий путем последовательного пересева на питательные среды.

Процесс биохимического окисления этилового спирта уксуснокислыми бактериями проводили в вертикальных стеклянных резервуарах с рубашкой вместимостью 1,5 дм³. Воздух в резервуар подавали микрокомпрессором снизу через мелкопористую насадку. Температуру в окислителе поддерживали на уровне (30 ± 2) °С путем подачи воды в рубашку.

С целью уточнения оптимального количества воздуха, необходимого в процессе уксуснокислого брожения, его расход меняли от двух до пяти дм³/час на дм³ культуральной жидкости.

Процесс окисления проводили до объемной доли остаточного этилового спирта от 0,15% до 0,3%.

Для определения оптимальной стартовой концентрации уксусной кислоты окисление диализата проводили при различных исходных концентрациях уксусной кислоты: 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0 г/100 см³. При этом сумма стартовых концентраций и объемной доли этилового спирта равнялась 8,0%.

3. Результаты и обсуждение

3.1 Исследование биохимического состава пивных диализатов с объемной долей этилового спирта 0,6% и пивных диализатов, сконцентрированных до объемной доли этилового спирта 5,0% и 8,0%

Известно, что пиво богато ароматическими компонентами [18–20]. Некоторые ароматические вещества из пива частично переходят в диализат при мембранной деалкоголизации.

В исследуемых образцах пивных диализатов определяли количественный и качественный состав летучих компонентов. Данные представлены в Табл. 1.

Как видно из таблицы, в диализате с объемной долей спирта 0,6% из определяемых летучих компонентов обнаружены изоамилол, этиллактат и фенилэтиловый спирт. При укреплении диализата до объемной доли этилового спирта 5,0% и 8,0% сконцентрировались и летучие соединения.

Таблица 1

Летучие компоненты пивных диализатов с различной объемной долей этилового спирта

Летучие компоненты	Массовая концентрация, мг/дм ³		
	Диализаты с объемной долей спирта, %		
	0,6	5,0	8,0
Изобутиральдегид	не обн.	не обн.	не обн.
Ацетон	не обн.	не обн.	не обн.
Этилформиат	не обн.	не обн.	не обн.
Диэтилформаль	не обн.	не обн.	не обн.
Этилацетат	не обн.	4,1	10,5
Метанол	не обн.	0,4	0,8
2-пропанол	не обн.	не обн.	не обн.
Диацетил	не обн.	не обн.	не обн.
01-пропанол	не обн.	9,8	17,4
Изобутанол	не обн.	13,2	23,7
Изоамилацетат	не обн.	0,2	0,6
1-бутанол	не обн.	0,4	0,7
Изоамилол	0,5	50,1	88,4
Этилкапроат	не обн.	не обн.	не обн.
Гексанол	не обн.	0,05	0,07
Этиллактат	0,2	0,2	0,3
Этилкаприлат	не обн.	не обн.	не обн.
Этилкапрат	не обн.	не обн.	не обн.
Фенилэтиловый спирт	18,2	20,3	21,3
Сумма	18,9	98,7	163,8

Сумма летучих компонентов в диализате с объемной долей спирта 5,0% увеличилась более чем в 5 раз, а в диализате с объемной долей спирта 8,0% — почти в 9 раз.

В наибольшем количестве в них содержатся высшие спирты изоамилол, изобутанол, 1-пропанол (50,1 мг/дм³ и 88,4 мг/дм³; 13,2 мг/дм³ и 23,7 мг/дм³; 9,8 мг/дм³ и 17,4 мг/дм³ соответственно). Содержание фенилэтилового спирта увеличилось на 11% в диализате с объемной долей этилового спирта 5,0% и на 17% в диализате с объемной долей этилового спирта 8,0% по сравнению с исходным диализатом.

Результаты исследований количественного и качественного состава органических кислот в пивных диализатах приведены в Табл. 2.

Таблица 2

Массовая концентрация органических кислот в пивных диализатах с различной объемной долей этилового спирта, г/дм³

Наименование кислоты	Диализаты с объемной долей спирта, %		
	0,6	5,0	8,0
Щавелевая	не обн.	не обн.	не обн.
Винная	0,03	0,02	0,01
Муравьиная	не обн.	не обн.	не обн.
Яблочная	0,5	0,3	0,1
Молочная	0,3	0,2	0,1
Лимонная	не обн.	не обн.	не обн.
Янтарная	0,7	0,5	0,2

Как видно из таблицы, органические кислоты в исходном пивном диализате представлены яблочной, молочной и янтарной кислотами. Винная кислота обнаружена в следах. Суммарная массовая концентрация органических кислот составляет 1,5 г/дм³. В диализатах, сконцентрированных до объемной доли спирта 5,0% и 8,0%, качественный состав органических кислот сохранился, массовая концентрация их уменьшилась и составила в сумме 1,0 г/дм³ и 0,4 г/дм³ соответственно.

При исследовании количественного и качественного состава аминокислот в пивных диализатах было идентифицировано 18 аминокислот. Результаты исследований приведены в Табл. 3.

Таблица 3

Массовая концентрация аминокислот в пивных диализатах с различной объемной долей этилового спирта, мг/дм³

Наименование кислоты	Диализаты с объемной долей спирта, %		
	0,6	5,0	8,0
Аспарагиновая кислота	0,9	0,4	0,5
Глютаминовая кислота	0,5	0,5	0,5
Аспарагин	7,5	7,4	7,1
Гистидин	0,8	0,6	0,5
Серин	3,1	2,0	0,7
Глютамин	13,1	6,9	1,9
Аргинин	0,5	0,4	0,1
Глицин	1,1	1,1	1,0
Треонин	4,7	4,4	4,2
Аланин	43,4	15,3	12,7
Тирозин	1,2	0,6	0,5
Валин	3,1	1,9	1,5
Метионин	11,3	5,4	1,8
Триптофан	0,8	0,6	0,4
Изолейцин	3,5	2,2	1,4
Фенилаланин	0,5	0,6	0,5
Лейцин	3,6	2,3	1,2
Лизин	0,6	0,5	0,4
Сумма	100,2	53,4	36,9

В диализате, сконцентрированном до объемной доли этилового спирта 5,0%, содержание аминокислот в 1,8 раза, а в диализате с объемной долей спирта 8,0% — в 2,7 раза ниже, чем в исходном диализате.

Органолептический анализ показал, что диализаты имеют приятный легкий пивной аромат.

3.2 Исследование влияния режимов аэрации на функциональную активность уксуснокислых бактерий при получении уксуса из пивных диализатов, сконцентрированных до объемной доли этилового спирта 8,0%

Согласно данным Табл. 4, наибольшее количество уксусной кислоты образовывалось при расходе воздуха от 3 до 5 дм³/час.

Продолжительность цикла окисления при этом составила 5–6 суток, в то время как при расходе 2 дм³/час технологический цикл увеличивался до 8 суток.

Таблица 4

Массовая концентрация уксусной кислоты в зависимости от расхода воздуха

Расход воздуха, дм ³ /час	Максимальная массовая концентрация уксусной кислоты, %		
	колонка 1	колонка 2	колонка 3
2	6,1	6,5	6,2
3	6,6	6,9	6,8
5	6,7	6,9	6,8

В связи с тем, что при увеличении расхода воздуха с 3 до 5 дм³/час накопление уксусной кислоты практически не увеличивается, за оптимальный вариант выбран расход 3 дм³/час на 1 дм³ среды. При этом содержание растворенного кислорода в культуральной жидкости колебалось от 2,1 до 2,4 мг/дм³.

3.3 Исследование влияния стартовой концентрации уксусной кислоты на функциональную активность уксуснокислых бактерий при получении уксуса из пивных диализатов, сконцентрированных до объемной доли этилового спирта 8,0%

Из практики приготовления спиртового уксуса биохимическим способом известно, что исходная (стартовая) концентрация уксусной кислоты в культуральной жидкости, при которой происходит процесс окисления спирта уксуснокислыми бактериями влияет на выход готового продукта и его качество. Результаты накопления уксусной кислоты в процессе окисления этилового спирта при различной стартовой концентрации уксусной кислоты приведены в Табл. 5.

Таблица 5

Накопление массовой концентрации уксусной кислоты в зависимости от ее стартовой концентрации

Стартовая массовая концентрация уксусной кислоты, г/100 см ³	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Максимальная массовая концентрация уксусной кислоты, г/100 см ³	6,0–6,2	6,2–6,3	6,4–6,5	6,6–6,7	6,8–6,9	6,8–6,9

Показано, что максимальная продуцирующая способность уксуснокислых бактерий (выход уксусной кислоты 86%) наблюдается при стартовой концентрации уксусной кислоты 6,5–7,0 г/100 см³, обуславливающей фазу развития продуцента, которая характеризуется ограниченным ростом новых клеток и высокой окисляющей способностью культуры. При стартовой концентрации ниже 5,5 выход уксусной кислоты значительно уменьшается (79%), так как создаются условия для роста биомассы уксуснокислых бактерий.

Дальнейшие исследования проводили при стартовой концентрации уксусной кислоты 6,5 г/100 см³. Процесс окисления вели при расходе воздуха 3 дм³/час на 1 дм³ среды.

3.4 Исследование биохимического состава уксуса, полученного из пивных диализатов, сконцентрированных до объемной доли этилового спирта 5,0% и 8,0%

В полученном уксусе определяли качественный и количественный состав органических кислот, летучих компонентов и аминокислот. Результаты исследований приведены в Табл. 6, 7, 8.

Как видно из Табл. 6, помимо уксусной кислоты, другие органические кислоты содержатся в уксусе в незначительных количествах.

Таблица 6

Массовая концентрация органических кислот, г/дм³

Органическая кислота	Уксус из пивного диализата с объемной долей спирта 8,0%	Уксус из пивного диализата с объемной долей спирта 5,0%
Щавелевая	0,1	0,1
Винная	не обнаружено	не обнаружено
Муравьиная	не обнаружено	не обнаружено
Яблочная	0,1	0,1
Молочная	0,4	0,6
Лимонная	0,3	0,5
Янтарная	0,3	1,0
Уксусная	6,9	3,9

Таблица 7

Массовая концентрация летучих компонентов, мг/дм³

Наименования летучих компонентов	Уксус из пивного диализата с объемной долей спирта 8,0%	Уксус из пивного диализата с объемной долей спирта 5,0%
Ацетальдегид	не обнаружено	не обнаружено
Изобутиральдегид	не обнаружено	не обнаружено
Ацетон	не обнаружено	не обнаружено
Этилформиат	не обнаружено	не обнаружено
Диэтилформаль	не обнаружено	не обнаружено
Этилацетат	1,2	1,2
Метанол	0,5	не обнаружено
2-пропанол	не обнаружено	не обнаружено
Диацетил	не обнаружено	не обнаружено
2-бутанол	не обнаружено	не обнаружено
1-пропанол	12,8	3,4
Изобутанол	19,2	10,5
Изоамилацетат	не обнаружено	не обнаружено
1-бутанол	0,5	0,2
Изоамилол	69,4	21,0
Этилкапроат	не обнаружено	не обнаружено
Гексанол	не обнаружено	не обнаружено
Этиллактат	1,0	0,5
Этилкаприлат	0,8	0,2
Этилкапрат	не обнаружено	не обнаружено
Фенилэтиловый спирт	32,4	28,2
Сумма летучих компонентов	137,9	65,2

Таблица 8

Массовая концентрация аминокислот, мг/дм³

Наименования аминокислоты	Уксус из пивного диализата с объемной долей спирта 8,0%	Уксус из пивного диализата с объемной долей спирта 5,0%
Аспарагиновая кислота	1,2	0,9
Глютаминовая кислота	0,8	0,6
Аспарагин	7,5	7,4
Гистидин	0,4	0,3
Серин	1,3	2,8
Глютамин	2,5	7,5
Аргинин	0,3	1,1
Глицин	6,6	6,4
Треонин	5,8	6,1
Аланин	38	42,8
Тирозин	1,2	1,3
Валин	4,5	5,7
Метионин	3,6	7,1
Триптофан	0,8	1,1
Изолейцин	3,4	4,1
Фенилаланин	2,5	2,4
Лейцин	2,4	3,2
Лизин	0,7	0,8
Сумма	83,5	101,6

Содержание летучих компонентов в уксусе из пивного диализата с объемной долей спирта 8,0% в 2 раза выше, чем из диализата с объемной долей спирта 5,0%.

Показано, что уксуснокислые бактерии интенсивно синтезируют аспарагиновую кислоту, серин, глицин, треонин, аланин, валин, триптофан, изолейцин, а также циклические ароматические аминокислоты тирозин и фенилаланин, участвующие в сложении специфического аромата. Как видно из таблицы, сумма аминокислот в обоих образцах уксуса выше, чем в исходных диализатах почти в 2 раза в уксусе из диализата с объемной долей спирта 8,0% и более чем в 2 раза из диализата с объемной долей спирта 5,0%.

Уксус, полученный из сконцентрированных пивных диализатов, обладает характерными специфическими органолептическими свойствами, с легким пивным ароматом в сочетании с хлебными тонами.

4. Выводы

- В результате проведенных исследований установлено:
- оптимальный расход воздуха в процессе уксуснокислого брожения пивного диализата, сконцентрированного до объемной доли этилового спирта 8,0%, составляет 3 дм³/час на 1 дм³ среды. При этом содержание растворенного кислорода в культуральной жидкости колебалось от 2,1 до 2,4 мг/дм³;
 - стартовая концентрация уксусной кислоты влияет на функциональную активность уксуснокислых бактерий при получении уксуса из пивных диализатов. Показано, что максимальная продуцирующая способность уксуснокислых бактерий наблюдается при стартовой концентрации уксусной кислоты 6,5 г/100 см³, обуславливающей фазу развития продуцента, которая характеризуется ограниченным ростом новых клеток и высокой окисляющей способностью культуры. При стартовой концентрации ниже 5,5 г/100 см³, выход уксусной кислоты значительно уменьшается, так как создаются условия для роста биомассы уксуснокислых бактерий;
 - в процессе уксусной ферментации пивных диализатов происходит активное накопление аминокислот, сумма аминокислот в обоих образцах уксуса выше, чем в исходных диализатах — почти в 2 раза в уксусе из диализата с объемной долей спирта 8,0% и более чем в 2 раза из диализата с объемной долей спирта 5,0%;
 - в процессе уксусной ферментации пивных диализатов происходит накопление β-фенилэтилового спирта, синтез эфиров этиллактата и этилкаприлата, обуславливающих специфичность продукта.
- На основании результатов исследований разработаны технологические режимы получения уксуса из диализата, сконцентрированного до объемной доли этилового спирта 8%, периодическим глубинным методом: условия аэрации — 3 дм³/час на 1 дм³ среды; стартовая концентрация уксусной кислоты — 6,5 г/100 см³; оптимальная температура процесса — 28–30 °С.

1. Introduction

Currently, brewing is one of the developed branches of the food industry of the Russian Federation. In addition, every year the volume of production of non-alcoholic beer increases, which

is obtained, as a rule, by dialysis of ordinary beer. The dialysate produced during production contains ethyl alcohol, which entails the need for its rational use and accounting in accordance with the requirements of Federal Law No. 171-FZ «On State Reg-

ulation of Production and Circulation of Alcohol, Alcoholic and Alcohol-Containing Products».

One of the most effective ways of its application is the production of vinegar. Food vinegar is widely used in food production.

The least valuable among its varieties is table vinegar, which is made by diluting with water acetic acid, produced by synthesis during the processing of wood waste.

Several higher quality has spirit vinegar, obtained as a result of microbiological synthesis using acetic acid bacteria of the rectified food alcohol. Full or partial replacement of rectified alcohol by the head fraction of ethyl alcohol, allows to obtain vinegar by organoleptic and physico-chemical properties not inferior to vinegar, obtained from rectified alcohol [1–8].

Of course, grape and fruit (apple, quince, etc.) vinegars [9–17], which are obtained directly from grape and fruit wine materials, have a higher quality. The most progressive is the method developed by All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry for the production of apple cider vinegar with a movable nozzle, in which the deep method is combined with the use of a special nozzle made of polyethylene. Thus, the operating time available in the institute can be used as a basis for improving the technology for producing high-quality vinegars from food raw materials. The development of vinegar technology from beer dialysate will promote the expansion of the assortment of domestic food products, and most importantly, will allow us to find the rational use of one of the main secondary brewing products — alcohol-containing dialyzates.

The goal of the work is the development of technological regimes for the processing of beer dialyzates for the vinegar production.

2. Materials and Methods

The studies were conducted in laboratory conditions using Institute analysis methods adopted in enochemistry, brewing, acetic industry and in the relevant GOST, and modern instrumental methods of analysis.

The qualitative composition and mass concentration of organic acids were determined on a liquid chromatograph «Stayer» with a spectrophotometric detector.

The qualitative and quantitative composition of the volatile compounds was determined by gas chromatography on a gas chromatograph Crystal 5000.2 M (Chromatek, RF) with a flame ionization detector, equipped with an automatic system for collecting and processing information. The method is based on the separation of a mixture of volatile components in a sample and their subsequent detection by a flame ionization detector. The chromatographic column is HP-FFAP («Agilent», USA) 50 m long and 0.32 mm inner diameter with a fixed film thickness of 0.5 μm.

Qualitative and quantitative composition of amino acids was determined on a liquid chromatograph with a diode-array detector «Agilent Technologies 1200» («Agilent», USA), equipped with an automatic system for collecting and processing information on the method for measuring the concentration of free amino acids in alcoholic and non-alcoholic beverages by high-performance liquid chromatography. The method is based on chromatographic separation of amino acids in a sample and their subsequent detection by a diode array detector. Chromatographic column—Luna 5u C18(2) 100A 150 * 4.6 mm 5 micron (Phenomenex, USA).

In studies were used dialyzates of beer samples with a volume fraction of 0.6% ethyl alcohol, beer dialyzates samples, concentrated to a volume fraction of 5.0% ethanol and 8.0%.

Acetic acid fermentation was carried out in a deep way. Was used a strain of microorganisms *Acetobacter aceti* VNIIPBT-66, provided by Federal Institution «State Research Institute of Genetics and Selection of Industrial Microorganisms of the National Research Center».

To cultivate the strain, was used a liquid medium of the following composition: rectified ethyl alcohol 7.0%; acetic acid (ice) — 0.7%; (NH₄)₂HPO₄ — 0.5%; KH₂PO₄, 0.2%; MgSO₄ 0.2%.

Cultivation was carried out by the method of gradual accumulation of biomass and an increase in the physiological activity of bacteria by successive transfer to nutrient media.

The process of biochemical oxidation of ethyl alcohol with acetic acid bacteria was carried out in vertical glass tanks with a jacket with a capacity of 1.5 dm³. The air to the tank was fed from the microcompressor from below through a fine porous nozzle. The temperature in the oxidant was maintained at a level (30 ± 2) °C by feeding water into the jacket.

In order to clarify the optimal amount of air, required in the process of acetic acid fermentation, its consumption was changed from two to five dm³/hr per dm³ of the culture liquid.

The oxidation process was carried out to the volume fraction of the residual ethyl alcohol from 0.15% to 0.3%.

To determine the optimum starting concentration of acetic acid, dialysate oxidation was carried out at different initial concentrations of acetic acid: 4.5; 5.0; 5.5; 6.0; 6.5; 7.0 g/100 cm³. At the same time, the amount of initial concentrations and volume fraction of ethyl alcohol was 8.0%.

3. Results and Discussion

3.1 A study of the biochemical composition of beer dialyzates with a volume fraction of ethyl alcohol of 0.6% and brewing dialyzates, concentrated to a volume fraction of ethyl alcohol of 5.0% and 8.0%

It is known that beer is rich in aromatic components [18–20]. Some aromatic substances from beer partially pass into dialysate during membrane dealcoholization.

The quantitative and qualitative composition of the volatile components was determined in the studied samples of beer dialyzates. The data are presented in Table 1.

Table 1
Volatile Components of Beer Dialyzates with Different Volume Fraction of Ethyl Alcohol

Volatile Components	Mass Concentration, mg/dm ³		
	Dialyzates with a volume fraction of alcohol, %		
	0,6	5,0	8,0
Isobutyraldehyde	Not Found	Not Found	Not Found
Acetone	Not Found	Not Found	Not Found
Ethyl formate	Not Found	Not Found	Not Found
Diethylformal	Not Found	Not Found	Not Found
Ethyl acetate	Not Found	4,1	10,5
Methanol	Not Found	0,4	0,8
2-propanol	Not Found	Not Found	Not Found
Diacetyl	Not Found	Not Found	Not Found
01-propanol	Not Found	9,8	17,4
Isobutanol	Not Found	13,2	23,7
Isoamyl acetate	Not Found	0,2	0,6
1-butanol	Not Found	0,4	0,7
Isoamylol	0,5	50,1	88,4
Ethylcaproate	Not Found	Not Found	Not Found
Hexanol	Not Found	0,05	0,07
Ethyl lactate	0,2	0,2	0,3
Ethyl caprylate	Not Found	Not Found	Not Found
Ethylcaprate	Not Found	Not Found	Not Found
Phenylethyl alcohol	18,2	20,3	21,3
Amount	18,9	98,7	163,8

As can be seen from the table, isoamylol, ethyl lactate and phenylethyl alcohol were detected in the dialysate with a volume fraction of alcohol of 0.6% from the volatiles being determined. When dialysate was strengthened to a volume fraction of

ethyl alcohol of 5.0% and 8.0%, volatile compounds were also concentrated.

The amount of volatile components in the dialysate with a volume fraction of alcohol 5.0% increased for more than 5 times, and in a dialysate with a volume fraction of alcohol 8.0% — almost 9 times.

Most of them contain higher alcohols isoamylol, isobutanol, 1-propanol (50.1 mg/dm³ and 88.4 mg/dm³, 13.2 mg/dm³ and 23.7 mg/dm³, 9.8 mg/dm³ and 17.4 mg/dm³, respectively). The content of phenylethyl alcohol increased by 11% in a dialysate with a volume fraction of ethyl alcohol of 5.0% and by 17% in a dialysate with a volume fraction of ethyl alcohol of 8.0% compared to the initial dialysate.

The results of studies of the quantitative and qualitative composition of organic acids in beer dialyzates are given in Table 2.

Table 2
Mass concentration of organic acids in beer dialyzates with different volume fraction of ethyl alcohol, g/dm³

Acid Name	Dialyzates with a Volume Fraction of Alcohol,%		
	0,6	5,0	8,0
Oxalic	Not Found	Not Found	Not Found
Tartaric	0,03	0,02	0,01
Formic	Not Found	Not Found	Not Found
Malic	0,5	0,3	0,1
Lactic	0,3	0,2	0,1
Citric	Not Found	Not Found	Not Found
Siccine	0,7	0,5	0,2

As can be seen from the table, the organic acids in the initial beer dialysate are represented by malic, lactic and succinic acids. Tartaric acid is found in the tracks. The total mass concentration of organic acids is 1.5 g/dm³. In dialyzates concentrated to a volume fraction of alcohol of 5.0% and 8.0%, the qualitative composition of organic acids was preserved, their mass concentration decreased and amounted to a total of 1.0 g/dm³ and 0.4 g/dm³, respectively.

In the study of the quantitative and qualitative composition of amino acids in beer dialyzates, 18 amino acids were identified. The results of the studies are shown in Table 3.

Table 3
Mass Concentration of Amino Acids in Beer Dialyzates with Different Volume Fraction of Ethyl Alcohol, mg/dm³

Acid Name	Dialyzates with a Volume Fraction of Alcohol,%		
	0,6	5,0	8,0
Aspartic acid	0,9	0,4	0,5
Glutamic acid	0,5	0,5	0,5
Asparagine	7,5	7,4	7,1
Histidine	0,8	0,6	0,5
Serin	3,1	2,0	0,7
Glutamine	13,1	6,9	1,9
Arginine	0,5	0,4	0,1
Glycine	1,1	1,1	1,0
Threonine	4,7	4,4	4,2
Alanin	43,4	15,3	12,7
Tyrosine	1,2	0,6	0,5
Valine	3,1	1,9	1,5
Methionine	11,3	5,4	1,8
Tryptophan	0,8	0,6	0,4
Isoleucine	3,5	2,2	1,4
Phenylalanine	0,5	0,6	0,5
Leucine	3,6	2,3	1,2
Lysine	0,6	0,5	0,4
Amount	100,2	53,4	36,9

The dialysate was concentrated to a volume fraction of 5.0% ethyl alcohol, amino acid content of 1.8 times, and the dialysate with a volume fraction of alcohol, 8.0% — in 2.7 times lower than in the source of dialysate.

Organoleptic analysis showed that dialyzates have a pleasant light beer aroma.

3.2 Study of aeration regimes effect on the functional activity of acetic acid bacteria in the preparation of beer vinegar dialyzates, concentrated to a volume of ethyl alcohol, 8.0%

According to the data in Table 4, the greatest amount of acetic acid was formed at an air flow rate of 3 to 5 dm³/h.

Table 4
Mass Concentration of Acetic Acid Depending on the Air Flow

Air consumption, dm ³ /h	The Maximum Mass Concentration of Acetic Acid,%		
	Column 1	Column 2	Column 3
2	6,1	6,5	6,2
3	6,6	6,9	6,8
5	6,7	6,9	6,8

The duration of the oxidation cycle in this case was 5–6 days, while at a flow rate of 2 dm³/h the process cycle increased to 8 days.

Due to the fact that with increasing the air flow rate from 3 to 5 dm³/h, the accumulation of acetic acid does not practically increase, for the optimal variant, a flow rate of 3 dm³/h per 1 dm³ of medium is chosen. The content of dissolved oxygen in the culture liquid ranged from 2.1 to 2.4 mg/dm³.

3.3 The study of the influence of the initial concentration of acetic acid on the functional activity of acetic acid bacteria in obtaining vinegar from beer dialyzates concentrated to the volume fraction of ethyl alcohol 8.0%

From the practice of preparing alcohol vinegar biochemically, it is known that the initial (starting) concentration of acetic acid in the culture liquid, at which the process of alcohol oxidation with acetic acid bacteria affects the yield of the finished product and its quality. The results of the accumulation of acetic acid in the process of oxidation of ethyl alcohol at different starting concentrations of acetic acid are given in Table 5.

Table 5
Accumulation of Mass Concentration of Acetic Acid, Depending on its Starting Concentration

Starting Mass Concentration of Acetic Acid, g/100 cm ³	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Maximum Mass Concentration of Acetic Acid, g/100 cm ³	6,0–6,2	6,2–6,3	6,4–6,5	6,6–6,7	6,8–6,9	6,8–6,9

It has been shown that the maximum production capacity of acetic acid bacteria (acetic acid yield 86%) is observed with a starting acetic acid concentration of 6.5–7.0 g/100 cm³, which determines the development phase of the producer, which is characterized by limited growth of new cells and a high oxidizing ability of the culture. With a starting concentration below 5.5, the yield of acetic acid decreases significantly (79%), as created conditions for the growth of biomass of acetic acid bacteria.

Further studies were carried out with a starting acetic acid concentration of 6.5 g/100 cm³. The oxidation process was carried out at an air flow rate of 3 dm³/hr per 1 dm³ of medium.

3.4 A study of the biochemical composition of vinegar, obtained from beer dialyzates concentrated to a volume fraction of ethyl alcohol of 5.0% and 8.0%

In the resulting vinegar determined the qualitative and quantitative composition of organic acids, amino acids and volatile components. The results of the studies are given in Tables 6, 7, 8.

As can be seen from Table 6, in addition to acetic acid, other organic acids are contained in vinegar in small quantities.

Table 6

Mass Concentration of Organic Acid, g/dm ³		
Organic Acid	Vinegar from Beer Dialysate with a Volume Fraction of Alcohol 8.0%	Vinegar from beer dialysate with a volume fraction of alcohol 5.0%
Oxalic	0,1	0,1
Tartaric	Not Found	Not Found
Formic	Not Found	Not Found
Malic	0,1	0,1
Lactic	0,4	0,6
Citric	0,3	0,5
Siccine	0,3	1,0
Acetic	6,9	3,9

The content of volatile components in vinegar from beer dialysate with a volume fraction of alcohol 8.0% is 2 times higher than that from dialysate with a volume fraction of alcohol of 5.0%.

It has been shown that acetic acid bacteria intensively synthesize aspartic acid, serine, glycine, threonine, alanine, valine, tryptophan, isoleucine, and cyclic aromatic amino acids tyrosine and phenylalanine involved in the addition of a specific flavor. As can be seen from the table, the amount of amino acids in both vinegar samples is almost twice as high in dialysate vinegar from dialysate vinegar with a volume fraction of alcohol of 8.0% and more than 2 times from dialysate with a volume fraction of alcohol of 5.0%.

Vinegar, obtained from concentrated beer dialysates, has characteristic specific organoleptic properties, with a light beer aroma in combination with bread tones.

Table 7

Mass Concentration of Volatile Components, mg/dm ³		
Volatile Component Names	Vinegar from Beer Dialysate with a Volume Fraction of Alcohol 8.0%	Vinegar from beer dialysate with a volume fraction of alcohol 5.0%
Acetaldehyde	Not Found	Not Found
Isobutyraldehyde	Not Found	Not Found
Acetone	Not Found	Not Found
Ethyl formate	Not Found	Not Found
Diethylformal	Not Found	Not Found
Ethyl acetate	1,2	1,2
Methanol	0,5	Not Found
2-propanol	Not Found	Not Found
Diacetyl	Not Found	Not Found
2-butanol	Not Found	Not Found
1-propanol	12,8	3,4
Isobutanol	19,2	10,5
Isoamyl acetate	Not Found	Not Found
1-butanol	0,5	0,2
Isoamylol	69,4	21,0
Ethylcaproate	Not Found	Not Found
Hexanol	Not Found	Not Found
Ethyl lactate	1,0	0,5
Ethyl caprylate	0,8	0,2
Ethylcaprate	Not Found	Not Found
Phenylethyl alcohol	32,4	28,2
Amount of Volatile Components	137,9	65,2

Table 8

Mass Concentration of Amino Acids, mg/dm ³		
Amino Acids Names	Vinegar from Beer Dialysate with a Volume Fraction of Alcohol 8.0%	Vinegar from beer dialysate with a volume fraction of alcohol 5.0%
Aspartic acid	1,2	0,9
Glutamic acid	0,8	0,6
Asparagine	7,5	7,4
Histidine	0,4	0,3
Serin	1,3	2,8
Glutamine	2,5	7,5
Arginine	0,3	1,1
Glycine	6,6	6,4
Threonine	5,8	6,1
Alanin	38	42,8
Tyrosine	1,2	1,3
Valine	4,5	5,7
Methionine	3,6	7,1
Tryptophan	0,8	1,1
Isoleucine	3,4	4,1
Phenylalanine	2,5	2,4
Leucine	2,4	3,2
Lysine	0,7	0,8
Amount	83,5	101,6

4. Conclusions

- As a result of the carried out researches it is was established:
- ❑ the optimal air flow in the process of acetic acid fermentation of beer dialysate concentrated to a volume fraction of ethyl alcohol of 8.0% is 3 dm³/h per 1 dm³ of medium. The content of dissolved oxygen in the culture liquid ranged from 2.1 to 2.4 mg/dm³;
 - ❑ the initial concentration of acetic acid affects the functional activity of acetic acid bacteria when obtaining vinegar from beer dialysates. It is shown that the maximum production capacity of acetic acid bacteria is observed at a starting acetic acid concentration of 6.5 g/100 cm³, which determines the development phase of the producer, which is characterized by limited growth of new cells and a high oxidizing ability of the culture. With a starting concentration below 5.5 g/100 cm³, the yield of acetic acid decreases significantly, as conditions are created for the growth of the biomass of acetic acid bacteria;
 - ❑ in the process of acetic fermentation of beer dialysates there is an active accumulation of amino acids, the amount of amino acids in both samples of vinegar is higher than in the initial dialyzates – almost 2 times in vinegar from dialysate with a volume fraction of alcohol of 8.0% and more than 2 times from dialysate with volumetric alcohol content 5.0%;
 - ❑ in the process of acetic fermentation of beer dialysates, the accumulation of β-phenylethyl alcohol, the synthesis of ethers of ethyl lactate and ethyl caprylate, causing the specificity of the product.
- Based on the results of the research, technological regimes for obtaining vinegar from dialysate, concentrated to a volume fraction of ethyl alcohol of 8%, were developed using a periodic deep method: aeration conditions – 3 dm³/h per 1 dm³ of medium; the starting concentration of acetic acid is 6.5 g/100 cm³; the optimum process temperature is 28–30 °C.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волкова Г.С. Ресурсосберегающая технология производства уксуса с использованием вторичных ресурсов спиртового производства / Г.С. Волкова, Е.В. Куксова // *Производство спирта и ликероводочных изделий*. — 2011. — № 1. — С. 16–19.
2. Галкина Г.В. Получение пищевого уксуса с использованием спирто-содержащих отходов и вторичных ресурсов / Г.В. Галкина, В.И. Илларионова, Е.В. Куксова, Г.С. Волкова, Е.В. Горбатова // *Производство спирта и ликероводочных изделий*. — 2006. — № 4. — С. 34–35.
3. Галкина Г.В. Современные способы производства биохимического уксуса / Г.В. Галкина, В.И. Илларионова, Е.В. Куксова, Г.С. Волкова, Е.В. Горбатова // *Тезисы научной конференции*. — Углич, 2006.
4. Поляков В.А. Технология производства пищевого уксуса и товаров бытовой химии из вторичных ресурсов и отходов спиртового производства / В.А. Поляков, Г.В. Галкина, Г.С. Волкова, В.И. Илларионова, Е.В. Куксова // *Международная научно-практическая конференция «Биотехнология. Вода и пищевые продукты» в рамках Московского международного конгресса «Биотехнология: Состояние и перспективы развития»*. — М., 2008. — С. 269.
5. Поляков В.А. Современные биотехнологии производства органических кислот и функциональных пищевых добавок на их основе / В.А. Поляков, Г.В. Галкина, В.И. Илларионова, Г.С. Волкова, Е.В. Куксова // *Сборник тезисов докладов на Юбилейном Пятом Московском международном конгрессе «Биотехнология: состояние и перспективы развития»*. — М., 2009. — С. 303.
6. Волкова Г.С. Технология производства спиртового уксуса и молочной кислоты на основе переработки вторичных сырьевых ресурсов / Г.С. Волкова, Е.Н. Данилкина, Е.А. Федосеева, Е.Е. Широбоккова // *Сборник Материалов V Международной научно-практической конференции «Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаментальные и прикладные аспекты»*. — Краснодар, 2015. — С. 111–115.
7. Рыбак А.В., Шербицкая Ж.Н., Лобанов В.Г., Росляков Ю.Ф., Литвяк В.В. Уксус спиртовой ароматизированный. ФГБОУ ВПО «КубГУ». Патент RU2561470 Кл. МПК C12J 1/08, (2006.01) Заявл. 06.06.2014, № 2014123335/10, Опубл. 27.08.2015.
8. Коршик Т.С. Разработка и товароведная характеристика новых видов уксусов и бальзамов с использованием адаптационных добавок: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Орл. гос. техн. ун-т, Орел, 2007, 24 с.
9. Панасюк А.Л. Изменение содержания органических кислот различных видов плодового сырья при производстве напитков и вин / А.Л. Панасюк, Е.И. Кузьмина, О.С. Егорова // *Пиво и напитки*. — 2014. — № 2. — С. 36–38.
10. Панасюк А.Л. Летучие вторичные продукты брожения в винах из плодов и ягод / А.Л. Панасюк, Е.И. Кузьмина, В.П. Осипова, О.С. Егорова // *Виноделие и виноградарство*. — 2014. — № 4. — С. 20–23.
11. Оганесянц Л.А. Теория и практика плодового виноделия / Л.А. Оганесянц, А.Л. Панасюк, Б.Б. Рейтблат // -М.: ПКГ «Развитие», 2022. 396 с.
12. Technology for production of vinegar by fermentation with damaged or defective Chinese tamarind fruit. Zhang Baoshan, Chen Jinping, Li Dongmei // *Nongye gongcheng xuebao*=Trans. Chin. Soc. Agr. Eng. 2004. 20, № 2, с. 213–216.
13. Liu Yuemei, Bai Weidong, Lu Zhoumin, Zheng Hao. Optimization of acetic acid fermentation parameters for production of persimmon vinegar. // *Nongye gongcheng xuebao*=Trans. Chin. Soc. Agr. Eng. — 2008, 24, № 4, с. 257–260.
14. Ji Xin, Wang Kun-peng, Zhang Lijuan, Zhang Lin. Ultrafiltration treatment of peach vinegar // *Huaxue yanjiu*=Chem.Res. — 2005, 16, № 3, с. 65–66.
15. Баташов Е.С., Севодин В.П. Способ производства облепихового уксуса. ООО «Биотехнологии переработки облепихи» Патент RU № 2552889 Кл. МПК C12J 1/04. Заявлено 23.12.2015, № 2015157234/10, Опубликовано 21.06.2015, Бюл. № 16.
16. Ламберова А.А. Исследование влияния состава питательной среды на эффективность роста и образования облепихового пищевого уксуса бактериями *Acetobacter Aceti* / Ламберова А.А., Кошелев Ю.А., Ламберова М.Э. // *Ползуновский вестник* — 2008. — № 1–2. — С. 78–81
17. Mueller Catherine, Mueller Barbara (Becer, Konrad Aeschenvorstadt 24 Postfach 3184010 Basel) Vinegar cloudberry. Gloudberry vinegar № 05112903.9, Заявл. 23.12.2005 Опубл. 27.06.2007
18. Кунце В. Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит. — СПб.: «Профессия», 2001. — 912 с.
19. Гернет М.В., Кобелев К.В., Грибкова И.Н. Исследование влияния состава сырья на качество и безопасность готового пива, Часть I. Влияние состава зернового и сахаросодержащего сырья на образование летучих компонентов в пиве / М.В. Гернет, К.В. Кобелев, И.Н. Грибкова // *Пиво и напитки*. — 2015. — № 2. — С. 32–37.
20. Третьяк Л.Н. Технология производства пива с заданными свойствами: монография. — СПб.: Изд-во «Профессия», 2012. — 463 с.

REFERENCES

1. Volkova G.S. Resource-Saving Technology for the Production of Vinegar with Use of Secondary Resources of Alcohol Production / G.S. Volkova, E.V. Kuksova // *Production of alcohol and alcoholic beverages*. — 2011. — No. 1. — P. 16–19.
2. Galkina G.V. Reception of food vinegar with use of spirit containing waste and secondary resources / Galkina G.V., Illarionova V.I., Kuksova E.V., Volkova G.S., Gorbatova E.V. // *Production of alcohol and alcoholic beverages*. — 2006. — № 4. — P. 34–35.
3. Galkina G.V. Modern production methods of biochemical vinegar / Galkina G.V., Illarionova V.I., Kuksova E.V., Volkova G.S., Gorbatova E.V. // *Abstracts of scientific conference*. — Uglich. — 2006.
4. Polyakov V.A. Technology of production of edible vinegar and household chemicals from secondary resources and wastes of alcohol production / Polyakov V.A., Galkina G.V., Illarionova V.I., Kuksova E.V., Volkova G.S. // *International scientific-practical conference «Biotechnology. Water and food» within the framework of Moscow international Congress «Biotechnology: State and prospects of development»*. — M., 2008. — P. 269.
5. Polyakov V.A. Modern biotechnology production of organic acids and functional food additives on their basis / Polyakov V.A., Galkina G.V., Illarionova V.I., Kuksova E.V., Volkova G.S. // *Collected Materials of the V Anniversary Moscow international Congress «Biotechnology: condition and development prospects»*. — M., 2009. — С. 303.
6. Volkova G.S. Technology of Production of Alcohol Vinegar and Lactic Acid on the Basis of Processing of Secondary Raw Materials / G.S. Volkova, E.N. Danilina, E.A. Fedoseeva, E.E. Shirobokova // *Collected Materials of the V International Scientific and Practical Conference «Innovative Food Technologies in the Field of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials: Fundamental and Applied Aspects»*. — Krasnodar, 2015. — P. 111–115.
7. Rybak A.V., Scherbitsky J.N., Lobanov V.G., Roslyakov Yu. f., Litvyak V. V. Vinegar flavored alcohol. FGBOU VPO «Kuban state University». Patent RU2561470 Кл. IPC C12J 1/08, (2006.01) Appl. 06.06.2014, No. 2014123335/10, Publ. 27.08.2015.
8. Korshik T. S. Development and commodity research and characterization of new kinds of vinegar and balsams with the use of adaptive agents: abstract. dis. on competition of a scientific degree. academic step. Cand. tech. Sciences. ORL. GOS. tehn. University, Orel, 2007, 24 p
9. Panasyuk A.L. Change in the Organic Acids Content of Various Types of Fruit Raw Materials in the Beverages and Wines Production / A.L. Panasyuk, E.I. Kuzmina, O.S. Yegorova // *Beer and Beverages*. — 2014. — No. 2. — P. 36–38.
10. Panasyuk A.L. Volatile Secondary Fermentation Products in Wines from Fruits and Berries / A.L. Panasyuk, E.I. Kuzmina, V.P. Osipova, O.S. Egorova // *Winemaking and Viticulture*. — 2014. — No. 4. — P. 20–23.
11. Oganesyantz, L. A. Theory and practice fruit wine/oganesyantz, L. A., Panasyuk A. L., B. B. Reytblat // -M.: PKG «Development», 2012. 396 p.
12. Technology for production of vinegar by fermentation with damaged or defective Chinese tamarind fruit. Zhang Baoshan, Chen Jinping, Li Dongmei // *Nongye gongcheng xuebao*=Trans. Chin. Soc. Agr. Eng. 2004. 20, № 2, с. 213–216.
13. Liu Yuemei, Bai Weidong, Lu Zhoumin, Zheng Hao. Optimization of acetic acid fermentation parameters for production of persimmon vinegar. // *Nongye gongcheng xuebao*=Trans. Chin. Soc. Agr. Eng. — 2008, 24, № 4, с. 257–260.
14. Ji Xin, Wang Kun-peng, Zhang Lijuan, Zhang Lin. Ultrafiltration treatment of peach vinegar // *Huaxue yanjiu*=Chem.Res. — 2005, 16, № 3, с. 65–66.
15. Batashov E. S., Sevodin V. P. Method of production of sea buckthorn vinegar. Of «Biotechnology of processing of sea-buckthorn» Patent RU No. 2552889 KL. IPC C12J 1/04. Stated 23.12.2015, № 2015157234/10 Published 21.06.2015, Bull. No. 16.
16. Lamberova A. A. Study of the effect of nutrient medium composition on growth efficiency and food education sea-buckthorn vinegar bacteria *Acetobacter Aceti* / Lamberova A. A., Koshelev Yu. A., Lamberova M. E. // *Polzunosvskii Herald*. — 2008. — № 1–2. — P. 78–81
17. Mueller Catherine, Mueller Barbara (Becer, Konrad Aeschenvorstadt 24 Postfach 3184010 Basel) Vinegar cloudberry. Gloudberry vinegar № 05112903.9, Заявл. 23.12.2005 Опубл. 27.06.2007
18. Kuntse V. Malt and Beer Technology / V. Kuntse, G. Mit. — SPb.: «Profession», 2001. — 912 p.
19. Gernet M.V., Koblelev K.V., Gribkova I.N. The Study of the Raw Materials Composition Influence on the Quality and Safety of the Finished Beer, Part I. The Influence of the Grain and Sugar-Containing Raw Materials Composition on the Formation of Volatile Components in Beer / M.V. Gernet, K.V. Koblelev, I.N. Gribkova // *Beer and Beverages*. — 2015. — No. 2. — P. 32–37.
20. Tretiak L. N. Technology of beer production with the desired properties. — SPb.: Publishing house «Profession». — 2012. — 463 P.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Панасюк Александр Львович — доктор технических наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-499-246-76-38 E-mail: alpanasyuk@mail.ru * автор для контактов</p>	<p>Alexander L. Panasyuk — doctor of technical sciences, professor, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry — Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo str., 7 Tel.: +7-499-246-76-38 E-mail: alpanasyuk@mail.ru * corresponding author</p>
<p>Кобелев Константин Викторович — кандидат технических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-499-255-27-39 E-mail: institute@vniinapitkov.ru</p>	<p>Konstantin V. Kobelev — candidate of technical sciences, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry — Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo str., 7 Tel.: +7-499-255-27-39 E-mail: institute@vniinapitkov.ru</p>
<p>Кузьмина Елена Ивановна — кандидат технических наук, заведующая лабораторией технологии виноградных и плодовых вин, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-499-246-62-75 E-mail: labvin@yandex.ru</p>	<p>Elena I. Kuzmina — candidate of technical sciences, head of the laboratory of technology of grape and fruit wines, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry — Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo str., 7 Tel.: +7-499-246-62-75 E-mail: labvin@yandex.ru</p>
<p>Розина Лариса Ильинична — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-499-246-23-91 E-mail: labvin@yandex.ru</p>	<p>Larisa I. Rozina — candidate of technical sciences, leading research scientist, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry — Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo str., 7 Tel.: +7-499-246-23-91 E-mail: labvin@yandex.ru</p>
<p>Летфулина Диляра Рамилевна — младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, ул. Россолимо, 7 Тел.: +7-499-246-63-10 E-mail: labvin@yandex.ru</p>	<p>Dilyara R. Letfullina — junior research scientist, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry — Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo str., 7 Tel.: +7-499-246-63-10 E-mail: labvin@yandex.ru</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат</p>	<p>Authors are equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов</p>	<p>The authors declare no conflict of interest</p>
Поступила 31.01.2018	Received 31.01.2018

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЯЗКОСТИ СГУЩЕННОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА С САХАРОМ ОТ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

Галстян А.Г.^{1*}, Радаева И.А.², Хуршудян С.А.¹, Туровская С.Н.², Семипятный В.К.¹, Илларионова Е.Е.²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

молочные консервы, сгущенное обезжиренное молоко с сахаром, вязкость, тепловая обработка.

АННОТАЦИЯ

Структурно-механические свойства сгущенных молочных консервов, в т.ч. вязкость, зависят от многих факторов (вида и состава исходного молочного сырья, технологических приемов обработки, условий и сроков хранения и пр.) и через органолептические характеристики определяют потребительские свойства продуктов.

В статье представлены результаты исследования влияния режимов тепловой обработки обезжиренного молока перед сгущением на вязкость готового продукта. Изучали свежеработанные и после хранения образцы сгущенного обезжиренного молока с сахаром, для выработки которых использовали лабораторное оборудование, позволяющее воспроизводить основные технологические операции получения сгущенных молочных консервов с сахаром. Исследовано семь образцов сгущенного обезжиренного молока с сахаром, полученных при трех температурах пастеризации обезжиренного молока 75 °С, 85 °С и 95 °С с выдержкой 15 с, 10 и 30 мин. В образцах определяли динамическую вязкость, активную и титруемую кислотность. Показано, что в свежеработанных продуктах температура 75 °С с экспозицией от 15 с до 30 мин не привела к ощутимому увеличению вязкости образцов. Тепловой режим 95 °С с экспозицией 15 с явился причиной увеличения вязкости до 1,9 Па·с. Тепловой режим 85 °С в течение 30 мин привел к еще большему увеличению вязкости — до 2,5 Па·с. Выдвинуто предположение по формированию взаимосвязей «температура пастеризации — вязкость». Проведен анализ результатов изменения эффективной динамической вязкости в зависимости от градиента сдвига в указанных образцах, подвергшихся хранению при экстремальном температурном режиме. Полученные закономерности математически обработаны и представлены в виде пространственных диаграмм и формул. Даны рекомендации наиболее приемлемых режимов тепловой обработки обезжиренного молока, в наименьшей степени влияющей на увеличение вязкости продукта при хранении.

Original scientific paper

REGULARITIES OF VISCOSITY FORMATION OF CONDENSED FAT-FREE MILK WITH SUGAR FROM HEAT TREATMENT PARAMETERS

Aram G. Galstyan^{1*}, Iskra A. Radaeva², Sergei A. Khurshudyan¹, Svetlana N. Turovskaya², Vladislav K. Semipyatniy¹, Elena E. Illarionova²

¹ All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry — Branch of the V.M. Gorbatov Federal Scientific Center of Food Systems of RAS, Moscow, Russia

² All-Russian Research Institute of Dairy Industry, Moscow, Russia

KEY WORDS:

milk canned foods, condensed fat-free milk with sugar, viscosity, heat treatment.

ABSTRACT

Structural and mechanical properties of condensed milk preserves, including viscosity, depend on many factors (the type and composition of the raw dairy raw materials, processing techniques, conditions and shelf life, etc.) and through the organoleptic characteristics determine the consumer properties of the products.

The article presents the study results of the influence of the heat treatment modes of fat-free milk before thickening on the viscosity of the finished product. Were studied freshly processed and after storage samples of condensed fat-free milk with sugar, for the development of which was used laboratory equipment, which allows reproducing the main technological operations for obtaining condensed milk preserves with sugar. Seven samples of condensed fat-free milk with sugar were obtained at three temperatures of pasteurization 75 °C, 85 °C and 95 °C with a holding time of 15 s, 10 and 30 min. Were determined dynamic viscosity, active and titratable acidity in the samples. It is shown that in freshly processed products the temperature of 75 °C with the exposure from 15 s to 30 min did not lead to a significant increase in the viscosity of the samples. The thermal regime of 95 °C with an exposure of 15 s caused the viscosity to increase up to 1.9 Pa·s. The thermal regime of 85 °C for 30 min led to an even greater increase in viscosity, up to 2.5 Pa·s. An assumption was made on the formation of interrelations “pasteurization temperature — viscosity”. The analysis of the results of the change in the effective dynamic viscosity as a function of the shear gradient in the specified samples subjected to storage under extreme temperature conditions were carried out. The obtained regularities are mathematically processed and presented in the form of spatial diagrams and formulas. Recommendations are given for the most appropriate modes of heat treatment of fat-free milk, which least influences the viscosity increase of the product during storage.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Галстян А.Г., Радаева И.А., Хуршудян С.А., Туровская С.Н., Семипятный В.К., Илларионова Е.Е. Закономерности формирования вязкости сгущенного обезжиренного молока с сахаром от параметров тепловой обработки. *Пищевые системы*. 2018;1(1): 13–18. DOI:10.21323/2618-9771-2018-1-1-13-18

FOR CITATION: Galstyan A.G., Radaeva I.A., Khurshudyan S.A., Turovskaya S.N., Semipyatniy V.K., Illarionova E.E. Regularities of Viscosity Formation of Condensed Fat-Free Milk with Sugar from Heat Treatment Parameters. *Food systems*. 2018;1(1): 13–18. (In Russ.) DOI:10.21323/2618-9771-2018-1-1-13-18

Введение

Одним из важнейших показателей качества сгущенных молочных консервов с сахаром является вязкость. Она, в том числе, предопределяет потребительскую ценность продукта, способы и аппаратурно-технологическую схему его производства. Резкое изменение (как правило, повышение) вязкости обезжиренного сгущенного молока с сахаром во время хранения является основной причиной претензий, предъявляемых перерабатывающими предприятиями, а также сдерживания реализации продукта населению [1,2,3,4].

Известно, что величина вязкости сгущенных молочных консервов с сахаром зависит от многих факторов, в том числе минерального состава и pH молока-сырья, сезона года, режимов и сроков хранения готового продукта, режимов тепловой обработки сырья на производстве и др. [5,6,7]. При этом, если большинство факторов имеют субъективный характер, то параметры тепловой обработки достаточно объективны и предполагают возможность разработки результат-ориентированных вариантов процесса [8,9,10,11,12].

Соответственно целью настоящей работы являлось исследование влияния режимов тепловой обработки обезжиренного молока перед сгущением на вязкость готового продукта.

Материалы и методы

Объектом исследований служило сгущенное обезжиренное молоко с сахаром, для выработки которого использовалось лабораторное оборудование производства НПО «Мир-Продмаш»: трубчатая пастеризационно-охлаждающая установка, производительностью 45 кг/час, лабораторный выпарной аппарат производительностью 5 кг/час испаренной влаги, вакуумируемая емкость с охлаждающей рубашкой и мешалкой рабочим объемом 4 л, используемая для охлаждения готового продукта и кристаллизации. Сырьем являлось обезжиренное молоко кислотностью 19–20 °Т, с массовой долей жира 0,05 %.

В процессе лабораторных выработок температура пастеризации находилась в пределах (75–95)°С с определенной временной выдержкой (15 с, 10 и 30 мин). Время сгущения составляло 45–50 мин, температура — (50–55)°С. Охлаждали готовый продукт до температуры 20 °С в течение 30–35 мин и выдерживали в охлаждающей ванне до 1 ч. Затравку лактозы вносили при температуре (31±2) °С. Охлажденный продукт упаковывали в металлические банки № 7 и хранили в термостате в течение 10 дней при температуре (40±2) °С, после чего определяли вязкость и другие качественные показатели.

Для определения изменения качественных характеристик образцов обезжиренного сгущенного молока с сахаром после хранения их анализировали по следующим показателям: массовая доля сухих веществ, кислотность, pH, динамическая вязкость, органолептические показатели по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение

Ниже представлены значения показателей образцов выработанного обезжиренного сгущенного молока с сахаром, находящиеся в допустимых действующим стандартом пределах.

Массовая доля сухих веществ, %	70,5 ± 0,5
Массовая доля сухих веществ сахара, %	44,6 ± 0,6
Кислотность, °Т	50,0 ± 2,0
pH	6,16 ± 0,05
Плотность, г/см ³	1,34 ± 0,03

Качественные показатели образцов обезжиренного сгущенного молока с сахаром, выработанных при различных режимах тепловой обработки сырья перед сгущением, приведены в Табл. 1.

Анализ приведенных данных показал, что обезжиренное сгущенное молоко с сахаром обладает повышенной вязкостью в том случае, когда тепловое воздействие на сырье, то есть сумма факторов (температура, время) превышает определенный уровень.

Таблица 1

Динамика показателей обезжиренного сгущенного молока с сахаром

№	Режим пастеризации		До хранения		После хранения			$\frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1}$, Па·с	$\frac{\mu_2}{\mu_1}$	
	°С	t	pH	°Т	pH	°Т	μ_2 , Па·с			
1	75	15 с	6,13	51,1	0,7	6,12	52,5	1,0	0,3	1,4
2	75	10 мин	6,12	51,5	0,8	6,10	53,1	1,1	0,3	1,4
3	75	30 мин	6,20	51,6	0,9	6,15	55,0	1,3	0,4	1,4
4	85	15 с	6,14	48,0	1,5	6,12	49,0	3,0	1,5	2,0
5	85	10 мин	6,11	52,0	1,6	6,08	53,0	3,7	2,1	2,3
6	85	30 мин	6,08	50,0	2,5	6,03	57,5	6,2	3,7	2,5
7	95	15 с	6,15	50,0	1,9	6,11	52,2	4,1	2,2	2,2

Температура 75 °С с экспозицией от 15 с до 30 мин не привела к ощутимому увеличению вязкости образцов. Тепловой режим 95 °С с экспозицией 15 с явился причиной увеличения вязкости до 1,9 Па·с. Тепловой режим 85 °С в течение 30 мин привел к еще большему увеличению вязкости — до 2,5 Па·с. Это возможно объяснить процессами денатурации белка при тепловой обработке, интенсифицирующейся от длительности воздействия. Процесс обусловлен увеличением водосвязывающей возможности белка за счет задействования дополнительных гидрофильных группировок.

Хранение образцов в термостате при температуре 40 °С в течение 10 суток привело к увеличению вязкости во всех образцах. Однако резкое увеличение вязкости наблюдалось в тех образцах, в которых применялся усиленный тепловой режим пастеризации. Так при воздействии на сырье теплового режима с температурой 85 °С в течение 30 мин привело к увеличению вязкости образцов после хранения на 3,7 Па·с; при режиме 85 °С в течение 10 мин вязкость увеличилась в 2,1 раза; режимы 95 °С в течение 15 с и 85 °С в течение 15 с явились причиной увеличения вязкости в 2,2 и 2,0 раза соответственно. Тепловой режим с температурой 75 °С в течение 15 с, 10 мин и 30 мин способствовал лишь незначительному увеличению вязкости образцов после хранения.

Анализ изменения эффективной динамической вязкости (η , Па·с) образцов в зависимости от градиента сдвига (D , с⁻¹) показал, что образцы обезжиренного сгущенного молока с сахаром до хранения обладали незначительной структурной вязкостью, за исключением образца с режимом пастеризации 75 °С с экспозицией 10 мин и образца с режимом пастеризации 95 °С с экспозицией 15 с. Очевидно, в данных случаях образование структуры в свежеработанном продукте следует связывать с качеством сырья, а не с режимами тепловой обработки. В качестве примера, на Рис.1 представлены данные по формированию вязкости в продукте с режимом пастеризации 85 °С после окончания технологического процесса и после хранения соответственно. Семейство кривых — время выдержки от 1 мин до 30 мин (чем светлее линия — тем больше продолжительность процесса).

Получены закономерности после технологического процесса и после хранения (формула 1 и 2 соответственно).

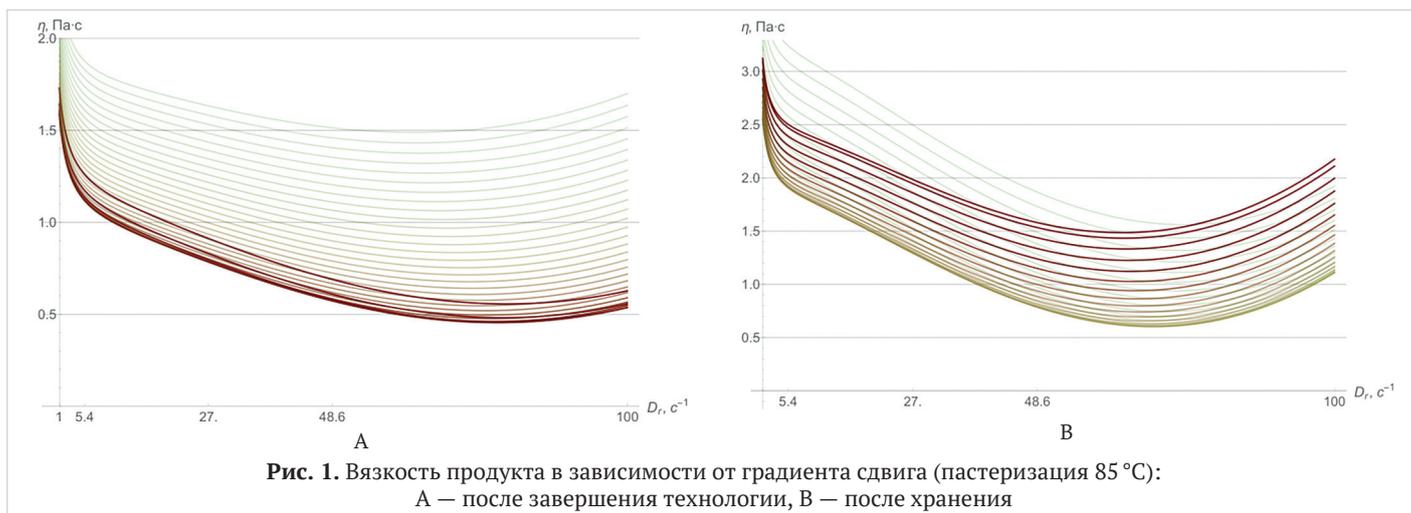


Рис. 1. Вязкость продукта в зависимости от градиента сдвига (пастеризация 85 °С): А — после завершения технологии, В — после хранения

$$F_1(x, t, T) = 1 + 0.09\sqrt{t} + 0.0005t^2 + 0.06\sqrt{T} + 0.002T - 0.0001T^2 + 0.7\sqrt{x} - 0.07x + 0.0002tx + 0.0001Tx + 0.0002x^2 - 0.2\log t - 0.6\log x, \quad (1)$$

$$F_2(x, t, T) = -8.7 - 0.9\sqrt{t} - 0.01t + 0.004t^2 - 0.4\sqrt{T} + 0.02T + 0.002T^2 + 1.6\sqrt{x} + 0.2x - 0.0004tx - 0.004Tx + 0.0008x^2 + 0.5\log t - 1.2\log x, \quad (2)$$

где t — время, мин; T — температура, °С.

Анализ кривых, характеризующих показатели образцов до хранения, отражает разрушение структуры продукта в зависимости от градиента сдвига. Кривые, иллюстрирующие зависимость структуры от градиента сдвига в образцах готового продукта после хранения, отражают значительное нарастание структурной вязкости во время хранения. В образцах (Рис. 1 А) и (Рис. 1 В) наблюдается не только интенсивное образование структурной вязкости, но и ее разрушение под

воздействием градиента сдвига до значений порядка первоначальных (до хранения).

Выводы

- Исследования влияния различных режимов тепловой обработки обезжиренного молока перед сгущением на изменение качественных показателей готового продукта показал:
1. Режимы пастеризации при температуре 85 °С в течение 30 и 10 мин способствуют загустеванию обезжиренного сгущенного молока с сахаром при хранении и поэтому не могут быть рекомендованы для производства.
 2. Режимы пастеризации при температурах 95 °С и 85 °С в течение 15 с и при 75 °С с экспозициями 15 с, 10 мин, 30 мин в наименьшей степени способствуют увеличению вязкости продукта при хранении.
 3. Априори температурные режимы 85 °С и 95 °С с экспозицией 15 с к тому же наиболее благоприятны для инaktivации ферментов и могут быть рекомендованы для промышленного производства продуктов.

Introduction

One of the most important quality indicator of condensed milk preserves with sugar is the viscosity. It, among other things, predetermines the consumer value of the product, the methods and the hardware-technological scheme of its production. A sharp change (usually an increase) in the viscosity of fat-free condensed milk with sugar during storage is the main reason for the claims, made by processing enterprises, as well as the containment of product sales to the population [1,2,3,4].

It is known, that the viscosity of condensed milk preserves with sugar depends on many factors, including the mineral composition and pH of dairy raw materials, the season of the year, the regimes and terms of storage of the finished product, the modes of heat treatment of raw materials in production, etc. [5,6, 7]. If this is the case, if most of the factors are subjective, then the heat treatment parameters are fairly objective and suggest the possibility of developing result-oriented process variants [8,9,10,11,12].

Accordingly, the purpose of this work was to investigate the effect of heat treatment regimes for fat-free milk before thickening on the viscosity of the finished product.

Materials and Methods

The object of the research was condensed skimmed milk with sugar, for the production of which the “Mir-Prod mash” laboratory equipment was used: a tubular pasteurization and

cooling unit with a capacity of 45 kg/h, a laboratory evaporator with a capacity of 5 kg/h of evaporated moisture, a vacuum tank with a cooling jacket and agitator with a working volume of 4 l, used to cool the finished product and crystallize. The raw material was fat-free milk acidity 19–20 °T, with a mass fraction of fat 0.05 %.

In the process of laboratory workings, the pasteurization temperature was in the range (75–95) °С with a certain exposure time (15 s, 10 and 30 min). The time of condensation was 45–50 min, the temperature — (50–55) °С. The finished product was cooled to a temperature of 20 °С for 30–35 minutes and kept in a cooling bath for up to 1 hour. A lactose seed was added at a temperature of (31 ± 2) °С. The cooled product was packed in metal jars № 7 and stored in a thermostat for 10 days at a temperature of (40 ± 2) °С, after which viscosity and other qualitative indices were determined.

To determine the change in the quality characteristics of samples of fat-free condensed milk with sugar after storage, they were analyzed for the following parameters: mass fraction of solids, acidity, pH, dynamic viscosity, organoleptic parameters by conventional methods.

Results and Discussion

Below are presented the values of the indicators of the produced fat-free condensed milk with sugar, which are within the limits of the current standard.

Mass fraction of solids, %	70.5 ± 0.5
Mass fraction of sugar solids, %	44.6 ± 0.6
Acidity, °T	50.0 ± 2.0
pH	6.16 ± 0.05
Density, g/cm ³	1.34 ± 0.03

Qualitative parameters of fat-free condensed milk with sugar samples, worked out at various modes of heat treatment of raw materials before thickening, are given in Table. 1.

Analysis of the presented data showed, that fat-free condensed milk with sugar has an increased viscosity in the case, when the thermal effect on the raw materials, that is, the sum of the factors (temperature, time) exceeds a certain level.

Dynamics of Indicators of Fat-Free Condensed Milk with Sugar

Table 1

№	Pasteurization Mode		Before Storage			After Storage			$\mu_2 - \mu_1, \text{Pa}\cdot\text{s}$	$\frac{\mu_2}{\mu_1}$
	°C	t	pH	°T	$\mu_1, \text{Pa}\cdot\text{s}$	pH	°T	$\mu_2, \text{Pa}\cdot\text{s}$		
1	75	15 s	6.13	51.1	0.7	6.12	52.5	1.0	0.3	1.4
2	75	10 min	6.12	51.5	0.8	6.10	53.1	1.1	0.3	1.4
3	75	30 min	6.20	51.6	0.9	6.15	55.0	1.3	0.4	1.4
4	85	15 s	6.14	48.0	1.5	6.12	49.0	3.0	1.5	2.0
5	85	10 min	6.11	52.0	1.6	6.08	53.0	3.7	2.1	2.3
6	85	30 min	6.08	50.0	2.5	6.03	57.5	6.2	3.7	2.5
7	95	15 s	6.15	50.0	1.9	6.11	52.2	4.1	2.2	2.2

The temperature of 75 °C with an exposure of 15 s to 30 min did not lead to a noticeable increase in the viscosity of the samples. The thermal regime of 95 °C with an exposure of 15 s caused the viscosity to increase to 1.9 Pa·s. The thermal regime of 85 °C for 30 min led to an even greater increase in viscosity, up to 2.5 Pa·s. It can be explained by the processes of protein denaturation during heat treatment, which is intensified by the duration of the exposure. The process is due to an increase in the water-binding capacity of the protein due to the use of additional hydrophilic moieties.

Storage of samples in a thermostat at a temperature of 40 °C for 10 days led to an increase in viscosity in all samples. However, a sharp increase in viscosity was observed in those samples in which the enhanced thermal pasteurization mode was applied. So, when the thermal regime was applied to the raw material at a temperature of 85 °C for 30 minutes, the

viscosity of the samples after storage increased by 3.7 Pa·s; at a temperature of 85 °C for 10 minutes the viscosity increased 2.1 times; modes of 95 °C for 15 s and 85 °C for 15 s caused an increase in viscosity of 2.2 and 2.0 times, respectively. The thermal mode with a temperature of 75 °C for 15 s, 10 min and 30 min contributed only to a slight increase in the viscosity of the samples after storage.

Analysis of the change in the effective dynamic viscosity (η , Pa·s) of the samples as a function of the gradient of shear (D_r, s^{-1}) showed, that samples of fat-free condensed milk with sugar before storage had insignificant structural viscosity, with the exception of a sample with 75 °C pasteurization mode with an exposure of 10 min and a sample with a pasteurization mode of 95 °C with an exposure of 15 s. Obviously, in these cases, the formation of the structure in a freshly developed product should be attributed to the quality of the raw materials, and not to the heat treatment regimes. As an example, in Fig. 1 data are presented on the formation of viscosity in a product with a pasteurization regime of 85 °C after the end of the process and after storage, respectively. The family of curves is a holding time of 1 min to 30 min (the lighter the line, the longer the process is).

Regularities were obtained after the technological process and after storage (formulas 1 and 2, respectively).

$$F_1(x, t, T) = 1 + 0.09\sqrt{t} + 0.0005t^2 + 0.06\sqrt{T} + 0.002T - 0.0001T^2 + 0.7\sqrt{x} - 0.07x + 0.0002tx + 0.0001Tx + 0.0002x^2 - 0.2\log t - 0.6\log x, \tag{1}$$

$$F_2(x, t, T) = -8.7 - 0.9\sqrt{t} - 0.01t + 0.004t^2 - 0.4\sqrt{T} + 0.02T + 0.002T^2 + 1.6\sqrt{x} + 0.2x - 0.0004tx - 0.004Tx + 0.0008x^2 + 0.5\log t - 1.2\log x, \tag{2}$$

where t – time, min; T – temperature, °C.

Analysis of the characterizing parameters of the samples before storage structure reflects the destruction of the product, depending on shear rate. The curves, illustrating the dependence of the structure on the gradient of shear in the samples of the finished product after storage reflect a significant increase in structural viscosity during storage. In the samples (Fig. 1A) and (Fig. 1B), not only intensive formation of structural viscosity is observed, but also its destruction under the influence of a gradient of shear to values of the order of the original (before storage).

Conclusion

Studies of the effect of various modes of heat treatment of fat-free milk before thickening on the change in the quality indicators of the finished product showed:

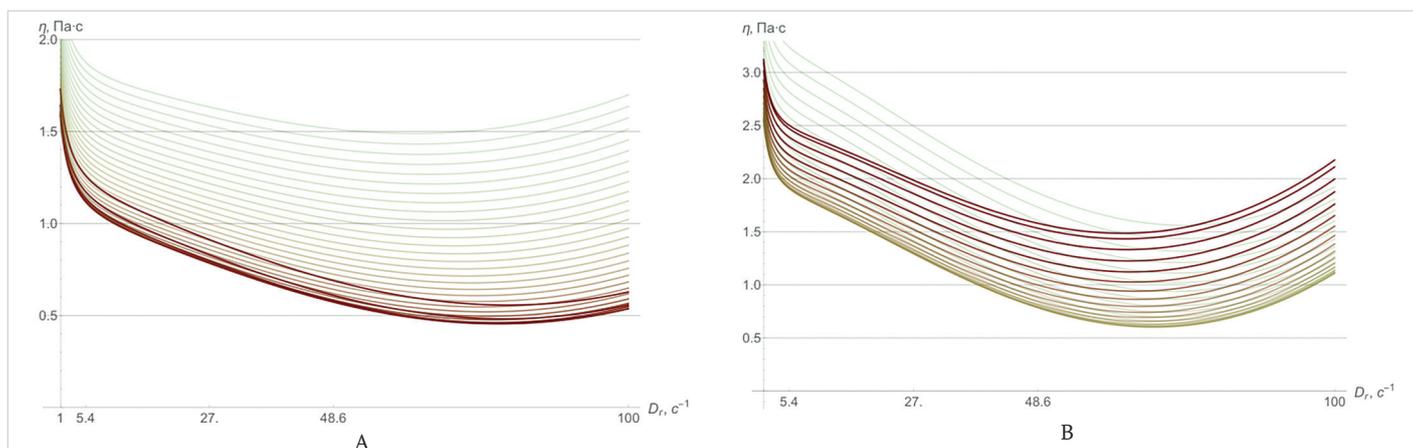


Fig. 1. Viscosity of the Product in Dependence on the Gradient of Shear (Pasteurization 85 °C): A – After the Completion of the Technology, B – After Storage

1. Modes of pasteurization at a temperature of 85 °C for 30 and 10 minutes promote the thickening of fat-free condensed milk with sugar during storage and therefore can not be recommended for production.
2. Modes of pasteurization at temperatures of 95 °C and 85 °C for 15 s and at 75 °C with exposures of 15 s, 10 min, 30 min in

- the least extent contribute to an increase in the viscosity of the product during storage.
3. A priori temperature modes of 85 °C and 95 °C with an exposure of 15 s are also most favorable for inactivation of enzymes and can be recommended for industrial production of products.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хуршудян, С.А. (2014). Потребитель и качество пищевых продуктов. *Пищевая промышленность*, 5, 16–18.
2. Smykov, I.T., Gnezdilova, A.I., Vinogradova, Yu.V., Popova, V.L. (2015). Microstructural changes in condensed milk with the starch syrup during prolonged storage: an electron microscopy study. *Food Science and Technology Research*, 11(3), 279–284.
3. Галстян, А.Г., Радаева, И.А., Туровская, С.Н., Корчагина, С.А., Червецов, В.В., Илларионова, Е.Е., Свистун, Н.Н., Гошанская, М.Н. (2011). Краткий справочник специалиста молочно-консервного производства. М, Ритм.— 151 с. ISBN 978–5–98422–148–1.
4. Gnezdilova, A.I., Burmagina, T.Yu., Kurenkova, L.A. (2015). Investigation of rheological characteristics of concentrated milk products with a complex carbohydrate and protein composition. *Foods and Raw Materials*, 3(2), 60–64.
5. Галстян, А.Г. (2009). Развитие научных основ и практические решения совершенствования технологий, повышения качества и расширения ассортимента молочных консервов. Автореф. дис. доктора техн. наук. Москва, ВНИИМП им. В.М. Горбатова.— 50 с.
6. Гнездилова, А.И., Шарова, Т.Ю. (2013). Изучение реологических характеристик консервированного молочного продукта с сахаром и солодом. *Молочнохозяйственный вестник*, 4(12), 71–79.
7. Гнездилова, А.И., Виноградова, Ю.В., Червецов, В.В. (2011). Охлаждение сгущенных молочных и молокосодержащих консервов с сахаром. *Молочная промышленность*, 3, 83.
8. Петров, А.Н., Радаева, И.А., Галстян, А.Г., Туровская, С.Н. (2010). Производство молочных консервов: инновации в формировании свойств сырья. *Молочная промышленность*, 5, 74–77.
9. Петров, А.Н., Галстян, А.Г. (2008). Производство сгущенных молочных продуктов с сахаром. *Пищевая промышленность*, 3, 28.
10. Krasulya, O., Kochubi-Lytvynenko, O., Bogush V., Tihomirova, N. (2015). Technological Properties of Sonochemical Treated Reconstituted Milk. *Food and Environment Safety-Journal of Faculty Engineering Stefan cel Mare University of Suceva-Romania*, Y. XIY. Issue-I, 30–36.
11. Просеков, А.Ю. (2004). Теоретическое обоснование и технологические принципы формирования молочных пенообразных дисперсных систем. Автореф. дис. доктора техн. наук. Кемерово, КемТИПП.— 42.
12. Просеков, А.Ю., Бабич, О.О., Галстян, А.Г., Петров, А.Н. (2008). Технологии молочных консервов для детского питания. Кемерово, Издательское объединение «Российские университеты».—192 с. ISBN 5–202–00121–5.

REFERENCES

1. Khurshudyan, S.A. (2014). Consumer and Food Quality. *Food Industry*, 5, 16–18. (in Russian)
2. Smykov, I.T., Gnezdilova, A.I., Vinogradova, Yu.V., Popova, V.L. (2015). Microstructural changes in condensed milk with the starch syrup during prolonged storage: an electron microscopy study. *Food Science and Technology Research*, 11(3), 279–284.
3. Galstyan, A.G., Radaeva, I.A., Turovskaya, S.N., Korchagina, S.A., Chervetsov, V.V., Illarionova, E.E., Svistun, N.N., Goschanskaya M.N. (2011). Quick Reference of Dairy-Canning Specialist. M, Ritm.—151 c. ISBN 978–5–98422–148–1. (in Russian)
4. Gnezdilova, A.I., Burmagina, T.Yu., Kurenkova, L.A. (2015). Investigation of Rheological Characteristics of Concentrated Milk Products with a Complex of Carbohydrate and Protein Composition, *Foods and Raw Materials*, 3(2), 60–64.
5. Galstyan, A.G. (2009). Development of Scientific Foundations and Practical Solutions for Improving Technology, Increasing the Quality and Expanding the Range of Canned Milk. The Author's Abstract of the Doctor of Technical Sciences Dissertation. Moscow, V.M. Gorbato All-Russian Research Institute of Meat Industry, 50 p. (in Russian).
6. Gnezdilova, A.I., Sharova, T.Yu. (2013). The Study of the Rheological Properties of Canned Dairy Product with Sugar and Malt. *Milk-Economic Bulletin*, 4(12), 71–79.
7. Gnezdilova, A.I., Vinogradova, Yu.V., Chervetsov, V.V. (2011). Cooling of Condensed Milk and Milk Preserves with Sugar. *Dairy Industry*, 3, 83. (in Russian)
8. Petrov, A.N., Radaeva, I.A., Galstyan, A.G., Turovskaya, S.N., (2010). Production of Dairy Canned Food: Innovations in the Formation of Raw Materials Properties. *Dairy Industry*, 5, 74–77. (in Russian)
9. Petrov, A.N., Galstyan, A.G. (2008). Production of Condensed Milk Products with Sugar. *Food Industry*, 3, 28. (in Russian)
10. Krasulya, O., Kochubi-Lytvynenko, O., Bogush V., Tihomirova, N. (2015). Technological Properties of Sonochemical Treated Reconstituted Milk. *Food and Environment Safety-Journal of Faculty Engineering Stefan cel Mare University of Suceva-Romania*, Y. XIY. Issue-I, 30–36
11. Prosekov, A.Yu. (2004). Theoretical Foundation and Technological Principles of the Milk Foam-Dispersed Systems Formation. The Author's Abstract of the Doctor of Technical Sciences Dissertation. Kemerovo, KemTIPP, 42 p. (in Russian).
12. Prosekov, A.Yu., Babich, O.O., Galstyan, A.G., Petrov, A.N. (2008). Technologies of Dairy Canned Food for Baby Nutrition. Kemerovo: Publishing Association "Russian Universities".—192 p. ISBN5–202–00121–5. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
<p align="center">Принадлежность к организации</p> <p>Галстян Арам Генрихович — доктор технических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, заведующий Межотраслевым научно-техническим центром мониторинга качества пищевых продуктов, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, Россолимо, 7 Тел.: +7-499-245-61-18 E-mail: * автор для контактов</p>	<p align="center">Affiliation</p> <p>Aram G. Galstyan — Doctor of Technical Science, Professor of RAS, Corresponding Member of RAS, Head of the Interbranch Scientific and Technical Center for Food Quality Monitoring, All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry — Branch of the V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo Str., 7 Tel.: +7-499-245-61-18 E-mail: *corresponding author</p>
<p>Радаева Искра Александровна — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Лаборатория молочных консервов, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности 115093, г. Москва, ул. Люсиновская, 35 Тел.: +7-499-236-02-36 E-mail: conservalab@mail.ru</p>	<p>Iskra A. Radaeva — Doctor of Technical Science, Professor, Chief Researcher, Laboratory of dairy canned products, All-Russian Research Institute of Dairy Industry 115093, Moscow, Lyusinovskaya Str., 35 Tel.: +7-499-236-02-36 E-mail: conservalab@mail.ru</p>
<p>Хуршудян Сергей Азатович — доктор технических наук, профессор, заместитель руководителя Информационного центра, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, Россолимо, 7 Тел.: +7-499-245-61-18 E-mail: 9795029@mail.ru</p>	<p>Sergei A. Khurshudyan — Doctor of Technical Science, Professor, Deputy Head of Information Center, All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry — Branch of the V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo Str., 7 Tel.: +7-499-245-61-18 E-mail: 9795029@mail.ru</p>
<p>Туровская Светлана Николаевна — старший научный сотрудник, Лаборатория молочных консервов, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности 115093, г. Москва, ул. Люсиновская, 35 Тел.: +7-499-236-02-36 E-mail: conservalab@mail.ru</p>	<p>Svetlana N. Turovskaya — Researcher, Laboratory of dairy canned products, All-Russian Research Institute of Dairy Industry 115093, Moscow, Lyusinovskaya Str., 35 Tel.: +7-499-236-02-36 E-mail: conservalab@mail.ru</p>
<p>Семипятный Владислав Константинович — кандидат технических наук, научный сотрудник Межотраслевого научно-технического центра мониторинга качества пищевых продуктов, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, Россолимо, 7 Тел.: +7-499-245-61-18 E-mail: 9795029@mail.ru</p>	<p>Vladislav K.Semipyatniy— Candidate of Technical Science, Researcher of the Interbranch Scientific and Technical Center for Food Quality Monitoring, All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry — Branch of the V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo Str., 7 Tel.: +7-499-245-61-18 E-mail: 9795029@mail.ru</p>
<p>Илларионова Елена Евгеньевна — научный сотрудник, Лаборатория молочных консервов, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности 115093, г. Москва, ул. Люсиновская, 35 Тел.: +7-499-236-02-36 E-mail: conservalab@mail.ru</p>	<p>Elena E. Illarionova — Researcher, Laboratory of dairy canned products All-Russian Research Institute of Dairy Industry 115093, Moscow, Lyusinovskaya Str., 35 Tel.: +7-499-236-02-36 E-mail: conservalab@mail.ru</p>
<p align="center">Критерии авторства</p> <p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат</p>	<p align="center">Contribution</p> <p>Authors are equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism</p>
<p align="center">Конфликт интересов</p> <p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов</p>	<p align="center">Conflict of interest</p> <p>The authors declare no conflict of interest</p>
<p align="center">Поступила 15.02.2018</p>	<p align="center">Received 15.02.2018</p>

УДК/UDC 577.152.54:661.746.5

DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-1-19-23

Оригинальная научная статья

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕРТАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ САХАРОЗОМИНЕРАЛЬНОЙ СРЕДЫ И ГИДРОЛИЗАТА КРАХМАЛА МИКРОМИЦЕТОМ *ASPERGILLUS NIGER*

Принцева А.А.*, Шарова Н.Ю., Выборнова Т.В.

Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Санкт-Петербург, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:лимонная кислота, продуцент, *Aspergillus niger*, инвертазная активность, гидролизат, крахмал.**АННОТАЦИЯ**

В результате исследований установлено, что штаммы микромицета *Aspergillus niger* Л-4 и В-3 — продуценты лимонной кислоты могут синтезировать гидролитические ферменты с инвертазной активностью при глубинном способе культивирования на сахарозоминаральной среде и среде, на основе гидролизата крахмала. Наиболее предпочтительными режимами ведения биотехнологического процесса являются: возраст посевного мицелия — 24 ч, температура ферментации для сахарозоминаральной среды — 32 °С и для гидролизата крахмала — 29 °С.

Для штамма микромицета *Aspergillus niger* Л-4 экстрацеллюлярная инвертазная активность на 120 ч биотехнологического процесса в результате ферментации сахарозоминаральной среды составляла $(0,847 \pm 0,068)$ ед/см³ нативного раствора, а для штамма В-3 — $(0,966 \pm 0,077)$ ед/см³ нативного раствора соответственно.

При ферментации среды, на основе гидролизата крахмала, экстрацеллюлярная инвертазная активность для штамма Л-4 составляла $(1,379 \pm 0,097)$ ед/см³ нативного раствора, а для штамма В-3 — $(1,597 \pm 0,144)$ ед/см³ нативного раствора соответственно.

Штаммы гриба *Aspergillus niger* Л-4 и В-3 при культивировании на сахарозоминаральной среде и среде, на основе гидролизата крахмала, обладают способностью синтезировать ферменты с инвертазной активностью, причем инвертазная активность штамма В-3 в конце процесса выше. Полученные данные могут быть применены в дальнейших исследованиях для разработки технологии получения лимонной кислоты и инвертазы в одном биотехнологическом процессе.

Original scientific paper

RESEARCH OF INVERTASE ACTIVITY WHEN CHANGING THE PARAMETERS OF THE FERMENTATION PROCESS SUGAR-MINERAL MEDIUM AND HYDROLYSATE OF STARCH BY THE MICROMYCETE *ASPERGILLUS NIGER*

Anastasia A. Printseva*, Natalya Yu. Sharova, Tatyana V. Vybornova

All-Russian Research Institute for Food Additives — Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, St. Petersburg, Russia

KEY WORDS:citric acid, producer, *Aspergillus niger*, invertase activity, hydrolysate, starch.**ABSTRACT**

The studies found that strains of micromycete *Aspergillus niger* L-4 and B-3, producers of citric acid, can synthesize hydrolytic enzymes with invertase activity with a deep cultivation method on a sugar-mineral medium and medium based on starch hydrolysate. The most preferred regimes for conducting the biotechnological process are: the age of the inoculated mycelium is 24 h, the fermentation temperature for the sugar-mineral medium is 32 °C and for starch hydrolysate is 29 °C.

For the *Aspergillus niger* strain L-4, the extracellular invertase activity for 120 h of the biotechnological process as a result of the fermentation of the sugar-mineral medium was $(0,847 \pm 0,068)$ u/cm³ of the native solution, and for strain B-3 — $(0,966 \pm 0,077)$ u/cm³ of the native solution, respectively.

During fermentation of the medium, based on starch hydrolysate, extracellular invertase activity for strain L-4 was $(1,379 \pm 0,097)$ u/cm³ of native solution, and for strain B-3 — $(1,597 \pm 0,144)$ u/cm³ of native solution, respectively.

The strains of the fungus *Aspergillus niger* L-4 and B-3 when cultivated on a sugar-mineral medium and medium, based on starch hydrolysate, have the ability to synthesize enzymes with invertase activity, the invertase activity of strain B-3 at the end of the process higher. The obtained data can be applied in further researches to develop a technology for the production of citric acid and invertase in one biotechnological process.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Принцева А.А., Шарова Н.Ю., Выборнова Т.В. Исследование инвертазной активности при изменении параметров процесса ферментации сахарозоминаральной среды и гидролизата крахмала микромицетом *Aspergillus niger*. *Пищевые системы*. 2018;1(1): 19–23. DOI:10.21323/2618-9771-2018-1-1-19-23

FOR CITATION: Printseva A.A., Sharova N.Yu., Vybornova T.V. Research of invertase activity when changing the parameters of the fermentation process sugar-mineral medium and hydrolysate of starch by the micromycete *Aspergillus niger*. *Food systems*. 2018;1(1): 19–23. (In Russ). DOI:10.21323/2618-9771-2018-1-1-19-23

Введение

На отечественном рынке пищевых микроингредиентов ощущается недостаток ряда пищевых добавок и технологических вспомогательных средств. Большой интерес представляют ферменты, которые катализируют процесс гидролиза углеводов в кислой среде. К такому типу ферментов относится инвертаза (синонимы: β-фруктофуранозидаза, сахараза; класс гидролаз (КФ 3.2.1.26)). Она катализирует гидролиз β-D-фруктофуранозидов, в том числе сахарозы, на D-фруктозу и глюкозу. Этот фермент применяют в разных областях пищевой промышленности. В кондитерском производстве ее используют для создания отливных и круглых помадных корпусов конфет, жидких фруктовых начинок. В кондитерских изделиях инвертаза способствует предотвращению кристаллизации сахаров, замедлению процесса брожения при использовании высоких концентраций сахара, стабилизации консистенции, усилению вкусовых качеств, продлению сроков хранения готовой продукции [1,2]. Она необходима при приготовлении инвертных сиропов в ликеро-водочной и в безалкогольной промышленности. Фермент также может выполнять роль антикристаллизатора при изготовлении сгущенного молока, плодово-ягодных морсов, соков, экстрактов, искусственного меда и варенья [3].

В России инвертаза не производится. Российский рынок закупает значительное количество данного фермента за рубежом. Согласно литературным источникам, за рубежом для получения промышленных препаратов инвертазы используют штаммы дрожжей, аспергиллов и пенициллов [4,5,6]. Известный запатентованный способ получения инвертного сахара в России заключается в автолитической деструкции дрожжей, обладающих инвертазной активностью [7]. Таким образом, можно сделать вывод, что развитие иных способов получения инвертазы, в том числе с использованием микромицета *Aspergillus niger* — продуцента лимонной кислоты, позволит расширить возможности отечественных производителей.

Штаммы микромицета *Aspergillus niger* являются продуцентами различных ферментов. Так, селекционированные в Всероссийском научно-исследовательском институте пищевых добавок (ФГБНУ ВНИИПД) штаммы наряду с основным целевым продуктом — лимонной кислотой продуцируют амилолитические ферменты, глюконовую кислоту, что позволяет рассматривать их в качестве перспективных продуцентов для создания технологий предусматривающих получение в одном технологическом процессе не одного целевого продукта, а двух и более, то есть разрабатывать «совмещенные» технологии.

Для расширения сырьевой базы для синтеза пищевых микроингредиентов необходимым поиск новых видов сырья. Постепенно все большее применение в пищевой биотехнологии находит крахмалсодержащее сырье [8]. Следует рассмотреть применение гидролизата кукурузного крахмала. Применение такого сырья для получения в одном биотехнологическом процессе пищевых кислот и инвертазы представляет научный и практический интерес.

Существенное влияние на ход культивирования и биосинтез ферментов оказывают такие параметры процесса как возраст посевного мицелия и температура ферментации.

Целью данной работы является исследование инвертазной активности при изменении параметров процесса ферментации сахарозоминаральной среды и гидролизата крахмала штаммами микромицета *Aspergillus niger* Л-4 и В-3.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись штаммы-кислотообразователи микромицета *Aspergillus niger* Л-4 и В-3, селекционированные в ВНИИПД для ферментации углеводного сырья в лимонную кислоту [9,10].

Ферментацию проводили в условиях шейкера-инкубатора Multitron (INFORS, Швейцария) в качалочных колбах вместимостью 750 см³ периодическим способом по технологии концентрированных сред при температуре (36 ± 1) °С — на стадии получения посевного мицелия, при температуре (32 ± 1) °С — на стадии ферментации [11].

Для исследований в качестве углеводного субстрата использовали сахар кристаллический (ГОСТ 21–94) и кукурузный крахмал (ГОСТ 32159–2013). Гидролиз крахмала проводили в соответствии с [12]. Источником азота являлся нитрат аммония (ГОСТ 22867–77).

Состав среды для ферментации, г/дм³: углеводный субстрат — 150; нитрат аммония (NH₄NO₃) — 2,5; сульфат магния семиводный (MgSO₄·7H₂O) — 0,25; фосфат калия однозамещенный (KH₂PO₄) — 0,16; pH 6,5 ед.

После окончания ферментации биомассу гриба отделяют на воронке Бюхнера и в ферментированном растворе определяют экстрацеллюлярную инвертазную активность.

Инвертазную активность определяли колориметрическим методом [13].

Результаты и обсуждение

В ранее проведенных исследованиях было обнаружено, что инвертаза накапливается в мицелии (интрацеллюлярная инвертазная активность) на первых стадиях развития гриба *Aspergillus niger* В-3 при культивировании на среде, содержащей сахарозу и продукты ее гидролиза [14]. Такой многокомпонентный субстрат, как гидролизат крахмала, содержит в своем составе продукт гидролиза сахарозы — глюкозу.

По литературным данным, инвертаза экскретируется в среду (экстрацеллюлярная инвертазная активность) [15].

Результаты влияния возраста посевного мицелия и температуры ферментации сахарозоминаральной среды и среды на основе гидролизата крахмала на экстрацеллюлярную инвертазную активность в конце процесса представлены в Табл. 1 и Табл. 2.

Таблица 1

Показатели процесса биосинтеза инвертазы при культивировании штаммов *Aspergillus niger* Л-4 и В-3 на сахарозоминаральной среде (в конце процесса)

Возраст посевного мицелия, ч	Температура ферментации, °С	Экстрацеллюлярная инвертазная активность, ед/см ³	
		Штамм Л-4	Штамм В-3
24	29	0,705	0,811
	32	0,847	0,966
	34	0,616	0,715
36	29	0,607	0,704
	32	0,641	0,731
	34	0,432	0,497
48	29	0,505	0,586
	32	0,644	0,747
	34	0,483	0,560

Таблица 2

Показатели процесса биосинтеза инвертазы при культивировании штаммов *Aspergillus niger* Л-4 и В-3 на среде, содержащей гидролизат кукурузного крахмала (в конце процесса)

Возраст посевного мицелия, ч	Температура ферментации, °С	Экстрацеллюлярная инвертазная активность, ед/см ³	
		Штамм Л-4	Штамм В-3
24	29	1,379	1,597
	32	1,233	1,430
	34	1,201	1,393
36	29	1,215	1,409
	32	1,127	1,307
	34	1,156	1,341
48	29	1,159	1,344
	32	1,136	1,318
	34	1,070	1,296

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее предпочтительными режимами ведения био-

технологического процесса являются параметры, приведенные в Табл. 3.

Таблица 3

Наиболее предпочтительные режимы ведения биотехнологического процесса для штаммов *Aspergillus niger* Л-4 и В-3

Наименование показателя	Наименование питательной среды	
	сахарозо-минеральная	на основе гидролизата крахмала
Возраст посевного мицелия, ч	24 ± 1	24 ± 1
Температура ферментации, °С	32 ± 1	29 ± 1

На основании результатов проведенных исследований можно сделать вывод о том, что сахар кристаллический и гидролизат кукурузного крахмала являются перспективным сырьем для продуктивного биосинтеза инвертазы.

Таким образом, используя потенциал одного продуцента лимонной кислоты — микромицета *Aspergillus niger*, можно получать сразу два продукта микробиологического синтеза и лимонную кислоту и инвертазу в одном биотехнологическом процессе. Такая технология позволит решить проблему производства отечественных ферментов и снизит поставки из-за рубежа.

Introduction

In the domestic market of food micro-ingredients there is a lack of a number of food additives and technological aids. Of great interest are enzymes that catalyze the hydrolysis of carbohydrates in an acidic environment. To this type of enzyme is invertase (synonyms: β-fructofuranosidase, sugarase, hydrolase class (CF 3.2.1.26)). It catalyzes the hydrolysis of β-D-fructofuranosides, including sucrose, to D-fructose and glucose. This enzyme is used in various areas of the food industry. In confectionery production it is used to create cast and round fondant candy shells, liquid fruit fillings. In confectionery products invertase helps to prevent the crystallization of sugars, slowing down the fermentation process when using high sugar concentrations, stabilizing the consistency, enhancing taste, prolonging the shelf life of finished products [1,2]. It is necessary in the preparation of invert syrups in alcoholic beverages and in the non-alcohol industry. The enzyme can also serve as an anti-crystallizer in the production of condensed milk, fruit and berry fruit drinks, juices, extracts, artificial honey and jam [3].

Invertase is not produced in Russia. The Russian market buys a significant amount of this enzyme abroad. According to literature sources, strains of yeast, aspergillus and penicillium are used abroad to obtain industrial preparations of invertase [4,5,6]. A well-known patented method of producing invert sugar in Russia is the autolytic destruction of yeast with invertase activity [7]. Thus, it can be concluded that the development of other methods of invertase production, including using micro-mycete *Aspergillus niger* — a producer of citric acid, will expand the capabilities of domestic producers.

Strains of micromycete *Aspergillus niger* are producers of various enzymes. Thus, strains selected along with the main target product — citric acid, produced at the All-Russian Scientific Research Institute of Food Additives (FGBNU VNIIPD), produce amyolytic enzymes, gluconic acid, which allows them to be considered as promising producers for the creation of technologies that provide in one technological process more than one of the target product, but two or more, that is, to develop “combined” technologies.

To expand the raw material base for the synthesis of food micro-ingredients, it is necessary to search for new types of raw materials. Gradually, starch-containing raw materials are finding increasing use in food biotechnology [8]. The use of corn starch hydrolyzate should be considered. The use of such raw materials for the production of food acids and invertase in one biotechnological process is of scientific and practical interest.

A significant influence on the course of cultivation and biosynthesis of enzymes is provided by such parameters of the process as the age of the seed mycelium and the temperature of fermentation.

The aim of this work is to investigate the invertase activity when the parameters of the fermentation process of the sugar-mineral medium and starch hydrolysate by *Aspergillus niger* L-4 and B-3 micromycete strains are changed.

Materials and Methods

The object of the study was acid-forming strains of *Aspergillus niger* micromycete L-4 and B-3, selected at VNIIPD for the fermentation of carbohydrate raw materials into citric acid [9, 10].

The fermentation was carried out under the conditions of the Multitron shaker-incubator (INFORS, Switzerland) in 750 cm³ shaking flasks in a batch process using concentrated media technology at a temperature of (36 ± 1) °C — at the stage of obtaining a seed mycelium, at a temperature of (32 ± 1) °C — at the fermentation stage [11].

For research as a carbohydrate substrate, crystalline sugar (GOST 21–94) and corn starch (GOST 32159–2013) were used. The hydrolysis of starch was carried out in accordance with [12]. The source of nitrogen was ammonium nitrate (GOST 22867–77).

Composition of the medium for fermentation, g/dm³: carbohydrate substrate — 150; ammonium nitrate (NH₄NO₃) — 2,5; magnesium sulfate seven-fold (MgSO₄·7H₂O) — 0,25; potassium phosphate monosubstituted (KH₂PO₄) — 0,16; pH 6,5 u.

After the fermentation is complete, the fungus biomass is separated on a Buchner funnel and extracellular invertase activity is determined in a fermented solution.

Invertase activity was determined by the colorimetric method [13].

Table 1

Indices of the process of invertase biosynthesis in the cultivation of strains of *Aspergillus niger* L-4 and B-3 on a sugar-mineral medium (at the end of the process)

Age of a seed mycelium, h	Fermentation temperature, °C	Extracellular invertase activity, u/cm ³	
		Strain L-4	Strain B-3
24	29	0,705	0,811
	32	0,847	0,966
	34	0,616	0,715
36	29	0,607	0,704
	32	0,641	0,731
	34	0,432	0,497
48	29	0,505	0,586
	32	0,644	0,747
	34	0,483	0,560

Table 2

Indices of the process of invertase biosynthesis in the cultivation of strains of *Aspergillus niger* L-4 and B-3 on a medium containing corn starch hydrolysate (at the end of the process)

Age of a seed mycelium, h	Fermentation temperature, °C	Extracellular invertase activity, u/cm ³	
		Strain L-4	Strain B-3
24	29	1,379	1,597
	32	1,233	1,430
	34	1,201	1,393
36	29	1,215	1,409
	32	1,127	1,307
	34	1,156	1,341
48	29	1,159	1,344
	32	1,136	1,318
	34	1,070	1,296

Results and Discussion

In previous studies, it was found that invertase accumulates in the mycelium (intracellular invertase activity) in the early stages of fungus *Aspergillus niger* B-3 cultivation on a medium containing sucrose and its hydrolysis products [14]. Such a multi-component substrate, such as starch hydrolysate, contains in its composition the product of sucrose hydrolysis-glucose.

According to the literature, invertase is excreted into the medium (extracellular invertase activity) [15].

The results of the effect of the age of the seed mycelium and the fermentation temperature of the sugar-mineral medium and medium based on starch hydrolysate on extracellular invertase activity at the end of the process are presented in Tables 1 and 2.

Conclusion

As a result of the conducted studies it was established that the most preferable modes of conducting the biotechnological process are the parameters given in Table 3.

Table 3

The most preferable modes of conducting the biotechnological process for strains of *Aspergillus niger* L-4 and B-3

Indicator name	Name of the nutrient medium	
	sugar-mineral	on the basis of starch hydrolysate
Age of a seed mycelium, h	24 ± 1	24 ± 1
Fermentation temperature, °C	32 ± 1	29 ± 1

Based on the results of the studies, it can be concluded that the crystalline sugar and the hydrolysate of corn starch are promising raw materials for the productive biosynthesis of invertase.

Thus, using the potential of one producer of citric acid — microfungus *Aspergillus niger*, it is possible to obtain at once two products of microbiological synthesis and citric acid and invertase in one biotechnological process. This technology will solve the problem of the production of domestic enzymes and reduce the supply from abroad.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Неверова О.А., Гореликова Г.А., Позняковский В.М. (2007) Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения. Новосибирск, Сибирское университетское издательство,—416 с. ISBN: 10: 5-379-00089-4
- Кондитерское производство [Электронный ресурс: URL: <http://food-chem.ru/lektii-po-fermentam/48-konditerskoe-proizvodstvo.html>. Дата обращения 24.01.2018 г.]
- Грачева И.М., Кривова А.Ю. (2000). Технология ферментных препаратов.— 3-е изд., перераб. и доп. М, Элевар.— 512 с.
- Haq I., Ali S., Aslam A., Qadeer M. A. (2008). Characterization of a *Saccharomyces cerevisiae* mutant with enhanced production of β-D-fructofuranosidase. *Bioresource Technology*, 99(1), 7–12.
- Haq I., Ali S. (2005). Invertase production from a hyperproducing *Saccharomyces cerevisiae* strain Isolated from dates. *Pakistan Journal of Botany*, 37(3), 749–759.
- Flores-Gallegos A. C., Castillo-Reyes F., Lafuente C. B., Loyola-Licea J. C., ReyesValdés M. H., Aguilar C. N., Rodríguez Herrera R. (2012). Invertase production by *Aspergillus* and *Penicillium* and cloning of an inv gene fragment. *Micología Aplicada Internacional*, 24(1), 1–10.
- Патент № 2157844. Способ получения инвертазы для гидролиза сахарозы/ Островский Д.И., Рязанов Е.М., Бубнов А.В. Оpubл. 20.10.2000. Бюл. № 29.
- Xie G., West T.P. (2006). Citric acid production by *Aspergillus niger* on wet corn distillers grains. *Letters in Applied Microbiology*, 43(3), 269–273.
- Патент № 975799. Штамм гриба *Aspergillus niger* L-4 — продуцент лимонной кислоты/ Ермакова В.П., Финько В.М., Василичев И.М., Шербакова Е.Я., Шушкевич Т.И. Оpubл. 25.11.82. Бюл. № 43.
- Патент № 2088658. Штамм гриба *Aspergillus niger* — продуцент лимонной кислоты/ Красикова Н.В., Никифорова Т.А., Галкин А.В., Финько В.М. Оpubл. 27.08.97. Бюл.№
- Патент № 2428481. Способ получения лимонной кислоты / Никифорова Т.А., Комов В.П., Выборнова Т.В., Пиотровский Л.Б., Думпис М.А., Литасова Е.В. Оpubл. 10.09.2011. Бюл.№
- Патент № 2366712. Способ получения лимонной кислоты, альфа-амилазы и глюкоамилазы / Шарова Н.Ю., Позднякова Т.А., Выборнова Т.В., Кулев Д.Х. Оpubл. 10.09.2009, Бюл. 25.
- Рухляева А.П., Полягина Г.В. (1981). Методы определения активности гидролитических ферментов. М, Легкая и пищевая промышленность.—288 с.
- Шарова Н.Ю. (2016). Синтез инвертазы штаммами микромицета *Aspergillus niger* — продуцентами лимонной кислоты. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 1(16), 60–67.
- Смирнов В.А. (1983). Пищевые кислоты (лимонная, молочная, винная). М, Легкая и пищевая промышленность.—264 с.

REFERENCES

- Neverova O.A., Gorelikova G.A., Poznyakovskii V.M. (2007). Food biotechnology of products from raw materials of vegetable origin. Novosibirsk: Sibirskoe universitetskoe izdatel'stvo.—416 p. ISBN: 10: 5-379-00089-4. (in Russian)
- Confectionery production [Electronic resource: URL: <http://food-chem.ru/lektii-po-fermentam/48-konditerskoe-proizvodstvo.html>. Access date 24.01.2018] (in Russian)

3. Gracheva I.M., Krivova A.Yu. (2000). The technology of enzyme preparations. M: Elevar.—512 p. (in Russian)
4. Haq I., Ali S., Aslam A., Qadeer M. A. (2008). Characterization of a *Saccharomyces cerevisiae* mutant with enhanced production of β -D-fructofuranosidase. *Bioresource Technology*, 99(1), 7–12.
5. Haq I., Ali S. (2005). Invertase production from a hyperproducing *Saccharomyces cerevisiae* strain Isolated from dates. *Pakistan Journal of Botany*, 37(3), 749–759.
6. Flores-Gallegos A. C., Castillo-Reyes F., Lafuente C. B., Loyola-Licea J. C., ReyesValdés M. H., Aguilar C. N., Rodríguez Herrera R. (2012). Invertase production by *Aspergillus* and *Penicillium* and equencing of an inv gene fragment. *Micología Aplicada Internacional*, 24(1), 1–10.
7. Ostrovsky D.I., Ryazanov E.M., Bubnov A.V. The method of invertase preparation for sucrose hydrolysis. Patent RF, no.2157844, 2000. (in Russian)
8. Xie G., West T.P. (2006). Citric acid production by *Aspergillus niger* on wet corn distillers grains. *Letters in Applied Microbiology*, 43(3), 269–273.
9. Ermakova V.P., Finko V.M., Vasilinets I.M., Shcherbakova E.Ya., Shushkevich T.I. Strain of the fungus *Aspergillus niger* L-4 — citric acid producer. Patent USSR, no.975799,1980. (in Russian)
10. Krasikova N.V., Nikiforova T.A., Galkin A.V., Finko V.M. Strain of fungus *Aspergillus niger* — producer of citric acid. Patent RF, no.2088658, 1995. (in Russian)
11. Nikiforova T.A., Komov V.P., Vybornova T.V., Piotrovsky L.B., Dumpis M.A., Litasova E.V. Method for the production of citric acid. Patent RF, no. 2428481, 2009. (in Russian)
12. Sharova N.Yu., Pozdnyakova T.A., Vybornova T.V., Kulev D.Kh. Method for the preparation of citric acid, alpha-amylase and glucoamylase. Patent RF, no. 2366712, 2007. (in Russian).
13. Rukhlyadeva A.P., Polygalina G.V. (1981). Methods for determining the activity of hydrolytic enzymes. M: Legkaya i pishchevaya promyshlennost'.—288 p.
14. Sharova N.Yu. (2016). The synthesis of invertase strains of micromycete *Aspergillus niger* — producers of citric acid. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*, 1(16), 60–67. (in Russian)
15. Smirnov V.A. (1983). Food acids (citric, lactic, tartaric). M: Legkaya i pishchevaya promyshlennost'.—264 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Принцева Анастасия Андреевна — младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 191014, г. Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7-962-703-61-67 E-mail: *автор для контактов</p>	<p>Anastasia A. Printseva — junior research scientist, All-Russian Research Institute for Food Additives — Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS 191014, St. Petersburg, Liteyny prospect, 55 Tel.: +7-962-703-61-67 E-mail: *corresponding author</p>
<p>Шарова Наталья Юрьевна — доктор технических наук, профессор РАН, ВРИО директора, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 191014, г. Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7-921-340-73-12 E-mail: natalya_sharova1@mail.ru</p>	<p>Natalya Yu. Sharova — doctor of technical sciences, professor of the Russian Academy of Sciences, director of VRI, All-Russian Research Institute for Food Additives — Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS 191014, St. Petersburg, Liteyny prospect, 55 Tel.: +7-921-340-73-12 E-mail: natalya_sharova1@mail.ru</p>
<p>Выборнова Татьяна Владимировна — научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 191014, г. Санкт-Петербург, Литейный пр., 55 Тел.: +7-911-221-57-15 E-mail: vniipakk@mail.ru</p>	<p>Tatyana V. Vybornova — research scientist, All-Russian Research Institute for Food Additives — Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS 191014, St. Petersburg, Liteyny prospect, 55 Tel.: +7-911-221-57-15 E-mail: vniipakk@mail.ru</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат</p>	<p>Authors are equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов</p>	<p>The authors declare no conflict of interest</p>
<p>Поступила 05.02.2018</p>	<p>Received 05.02.2018</p>

УДК/UDC 663.66.048.9

DOI:10.21323/2618-9771-2018-1-1-24-34

Оригинальная научная статья

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХСТАДИЙНОГО СПОСОБА ПОДГОТОВКИ СУШЕНОГО ТОПИНАМБУРА К ДИСТИЛЛЯЦИИ

Крикунова Л.Н.*, Ободеева О.Н., Захаров М.А., Данилян А.В.

Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

топинамбур, биохимический состав, сусло, сброженное сусло, расы дрожжей, летучие компоненты.

АННОТАЦИЯ

Для производства дистиллятов из топинамбура обоснованы технико-экономические преимущества использования сушеного сырья по сравнению с переработкой свежих клубней, заключающиеся в стабилизации биохимического состава сырья и повышении его микробиологических характеристик, исключении сезонности, упрощении технологического процесса. Исследован фракционный состав фруктозосодержащих углеводов сырья и показано, что в процессе получения сушеного топинамбура происходит деполимеризация основных углеводов сырья и, как следствие, повышается степень их доступности к ферментативному гидролизу. Содержание свободных редуцирующих сахаров (фракция FI) возрастает в 3–5 раз, низкомолекулярных фракция инулина (фракция FII) в 1,5 раза. Проанализирован белковый комплекс сушеного топинамбура и установлено, что основными фракциями белков являются альбумины (58,2–61,5% от общего белкового азота), в сырье не обнаружены проламины и глутелины. Определены факторы, влияющие на технологические параметры двухстадийного способа подготовки сушеного топинамбура к дистилляции. На первом этапе, при получении осахаренного сусла установлены гидромодуль ($1 \div 4,5$), норма задачи микробной инулиназы (3,0–4,5 ед. ИН/г инулина сырья), длительность ферментативной обработки (3 часа при температуре 52 ± 2 °C). На основании изучения динамики выделения CO_2 , оценки крепости сброженного сусла и определения в нем летучих компонентов рекомендовано применение сухих спиртовых дрожжей Fermiol в количестве 100 мг/100 г сусла, проведение процесса при температуре 28–30 °C, длительность сбраживания — 72 часа. Показано, что подкисление среды на стадии получения сусла до pH 4,5 позволяет снизить в сброженном сусле содержание метанола.

The original scientific article

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE TWO-STAGE METHOD OF DRIED JERUSALEM ARTICHOKE PREPARATION FOR DISTILLATION

Ludmila N. Krikunova*, Olga N. Obodeeva, Maxim A. Zakharov, Armen V. Danilyan

All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry — Branch of the V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of RAS, Moscow, Russia

KEY WORDS:

Jerusalem artichoke, biochemical composition, wort, fermented wort, yeast races, volatiles.

ABSTRACT

For the production of distillates from Jerusalem artichoke, the technical and economic advantages of using dried raw materials are substantiated in comparison with the processing of fresh tubers, consisting in stabilizing the biochemical composition of raw materials and increasing its microbiological characteristics, eliminating seasonality, simplifying the technological process. The fractional composition of fructose containing carbohydrates of raw materials was studied and it was shown that in the process of obtaining dried Jerusalem artichoke, the main carbohydrates of raw materials depolymerize and, as a result, their accessibility to enzymatic hydrolysis is increased. The content of free reducing sugars (fraction FI) increases by 3–5 times, low molecular weight fraction of inulin (fraction FII) by 1.5 times. The albumin complex of dried Jerusalem artichoke is analyzed and it is established that the main protein fractions are albumins (58.2–61.5% of total protein nitrogen), prolamines and glutelins are not found in the raw material. The factors influencing the technological parameters of the two-stage method for preparing dried artichoke for distillation are determined. At the first stage, when obtaining the sugared wort, a hydromodule ($1 \div 4.5$) was installed, the norm of the microbial inulinase task (3.0–4.5 units IN/g inulin of the raw material), the duration of the enzymatic treatment (3 hours at a temperature of 52 ± 2 °C). Based on the study of the dynamics of CO_2 emissions, the evaluation of the strength of fermented wort and the determination of volatile components in it, it is recommended to use dry alcoholic yeast Fermiol in the amount of 100 mg / 100 g of wort, the process at a temperature of 28–30 °C, the fermentation time is 72 hours. It is shown that acidification of the medium in the wort preparation stage to pH 4.5 allows to reduce methanol content in the fermented wort.

1. Введение

В последнее время в России наметилась тенденция изменения приоритетов потребителей при выборе крепкой алкогольной продукции. Существенный интерес проявляется к спиртным напиткам с ароматом и вкусом исходного сырья, при выборе которого необходимо ориентироваться на ряд факторов: объемы его заготовки в стране и отсутствие острой конкуренции с производителями других отраслей; затраты, связанные с его приобретением, и их долю в себестоимости готовой продукции; особенности биохимического состава, позволяющие достигать требуемых органолептических показателей.

Одним из перспективных видов нового нетрадиционного для винодельческой отрасли сырья является топинамбур. Природно-климатические условия Российской Федерации по-

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Крикунова Л.Н., Ободеева О.Н., Захаров М.А., Данилян А.В. Разработка технологических параметров двухстадийного способа подготовки сушеного топинамбура к дистилляции. *Пищевые системы*. 2018;1(1): 24–34. DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-1-24-34

FOR CITATION: Krikunova L.N., Obodeeva O.N., Zakharov M.A., Danilyan A.V. Development of Technological Parameters of a Two-Stage Method of Dried Jerusalem Artichoke for Preparation for Distillation. *Food systems*. 2018;1(1): 24–34. (In Russ.) DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-1-24-34

звolyют выращивать данную сельскохозяйственную культуру в достаточных для производства объемах. Кроме этого, в настоящее время между отраслями, использующими топинамбур в качестве исходного сырья, конкуренция отсутствует. Широкий интерес к использованию топинамбура в ряде отраслей пищевой промышленности объясняется высокой экономической эффективностью производства и переработки [1,2,3,4].

Свежий топинамбур, с точки зрения хранения, является сложным сырьем. Согласно рекомендациям ГОСТ 32790–2014, его хранят в таре в чистых, хорошо проветриваемых помещениях (овощехранилищах, кагатах) или холодильных камерах при температуре от минус 4 °С до плюс 1 °С и относительной влажности воздуха (85...90)%. Немецкие специалисты рассматривают клубни топинамбура исключительно как сезонное сырье, не подлежащее хранению [5].

В качестве альтернативы можно рассматривать вариант использования сушеного топинамбура — промышленно выпускаемого продукта. К преимуществам последнего следует отнести, во-первых, возможность круглогодичного производства продукции, во-вторых, стабильность его биохимического состава и высокую микробиологическую чистоту. Кроме того, использование сушеного топинамбура позволяет существенно упростить технологический процесс, исключив такие операции, как мойка сырья и его дробление.

Обзор научно-технической литературы, посвященный вопросам переработки клубней топинамбура, показывает, что технологии, используемые в бродильных производствах могут быть разделены на два класса. В соответствии с первым, сырье подвергают перед ректификацией двухстадийной обработке, то есть, сначала получают осажаренное сусло из измельченного материала, а затем вносят в него дрожжи и проводят процесс сбраживания. На стадии получения осажаренного сусла отечественными специалистами показана перспективность ферментативного гидролиза инулина сырья за счет его самоосажаривания под действием собственных инулиназ [4, 6]. Одноступенчатые схемы переработки клубней топинамбура, не предусматривающие стадию получения осажаренного сусла, предлагают, в основном, зарубежные специалисты. По мнению французских ученых [7, 8] при переработке клубней топинамбура, не подвергнутых предварительному гидролизу, нецелесообразно использовать дрожжи вида *S. cerevisiae*, т.к. они не обладают инулиназной активностью. Перспективно применение, в данном случае, дрожжей вида *Kluuyveromyces*. Проведены исследования по сбраживанию сусла из клубней топинамбура дрожжами *Kl. marxianus* [7, 9, 10] и *Kl. fragilis* [8].

2. Материалы и методы

В качестве сырья в работе использованы клубни топинамбура сорта «Скороспелка» и полученные из них образцы сушеного топинамбура.

Анализ биохимического состава сырья включал определение фракционного состава фруктосодержащих углеводов сырья, проведенное с использованием схемы, которая включала выделение трех фракций: ФI — редуцирующие свободные сахара; ФII — олигосахариды и низкомолекулярные фракции инулина; ФIII — высокомолекулярные фракции инулина [6]. Последующее определение сахаров во фракции ФI и гидролизатах фракций ФII и ФIII проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [11].

Фракционный состав белков сушеного топинамбура определяли с использованием метода их выделения по Т. Осборну, предусматривающего исчерпывающую последовательную экстракцию. При этом выделение альбуминов проводили дистиллированной водой, глобулинов — 10% NaCl, проламинов — 70% этанолом и глютелинов — 0,2% рас-

твором NaOH [12]. Состав свободных аминокислот в сырье оценивали с использованием метода высокоэффективной жидкостной хроматографии [13].

Исследование состава осажаренного сусла и экстракта проводили путем определения массовой концентрации сухих веществ рефрактометрическим методом. Величину текучести определяли в условных единицах: по количеству миллилитров сусла, вытекающего из воронки через сопло определенного размера за время, требующееся для вытекания из воронки 100 см³ воды или по времени истечения определенного объема сусла через калиброванное отверстие. Время истечения измеряли секундомером. Содержание отдельных сахаров методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [11].

При исследовании состава сброженного сусла определяли динамику выделения CO₂ весовым методом, определение массовой концентрации спирта в сброженном сусле по методу [14], содержание летучих компонентов методом газовой хроматографии по ГОСТ 33834–2016.

3. Результаты и обсуждение

3.1 Биохимический состав топинамбура

При оценке биохимического состава топинамбура основные исследования ученых направлены на изучение его углеводного комплекса [3,6,15], основу которого составляют фруктоза и ее полимеры различной степени сложности, высшим гомологом которых является инулин — самый высокомолекулярный среди фруктозанов. В настоящее время считается доказанным, что инулин относится к группе полифруктозанов с эмпирической формулой (C₆H₁₀O₅)_n и представляет собой полифруктозную цепь, в которой остатки D-фруктозы (до 96%) связаны β-2,1-связью, причем каждая цепь с нередуцированного конца заканчивается молекулой D-глюкозы (до 6%), соединенной с фруктозой β-1,2-связью.

При выборе технологических режимов подготовки топинамбура к сбраживанию необходимо учитывать не только общее содержание фруктосодержащих компонентов, но и их фракционный состав, так как процесс ферментативного гидролиза углеводов сырья зависит, во-первых, от способности полимеров переходить в растворимое состояние, во-вторых, от степени их полимеризации. При анализе свежих клубней топинамбура, установлено (Табл. 1), что среди углеводов в сырье преобладают фракции ФII и ФIII, их содержание соответственно варьируется в пределах (29,1...33,9)% и (41,0...54,4)%. В исследованных образцах сушеного топинамбура выявлены существенные изменения во фракционном составе данных компонентов.

Таблица 1

Фракционный состав фруктосодержащих углеводов в топинамбура

Фракция	Содержание, % в сухом веществе (СВ)	
	Клубни топинамбура	Сушеный топинамбур
ФI	1,5 ± 0,2	6,6 ± 0,3
ФII	32,0 ± 1,9	50,4 ± 3,5
ФIII	47,7 ± 6,7	11,1 ± 2,4
S	79,5 ± 8,8	68,1 ± 6,2

Установлено, что в процессе сушки сырья в нем увеличивается содержание низкомолекулярных фракций. Количество свободных редуцирующих сахаров возрастает в среднем в 3–4 раза, фракции ФII увеличивается более чем в 1,5 раза. Данный факт связан с протеканием процессов ферментативного гидролиза высокомолекулярных фракций инулина под действием собственных инулиназ сырья (по данным отечественных ученых суммарная гидролазная активность в клубнях топинамбура составляет 3,3–4,5 ед./г инулина сырья [16]).

Кроме углеводов, клубни топинамбура содержат азотистые вещества, микро- и макроэлементы, витамины. Содержание азотистых веществ варьируется в пределах от 4,3 до 11,0% [17]. На долю белкового азота приходится 57–59%, небелкового — 41–43%. Украинские исследователи [18] установили, что по сбалансированности незаменимых аминокислот топинамбур превосходит зерно злаков.

Анализ белкового комплекса образцов сушеного топинамбура показал, что основными белками в них являются альбумины, массовая доля которых варьируется в пределах 2,5–3,3%, содержание глобулинов составляет 0,24–0,33%. В образцах сушеного топинамбура, полученных из клубней сорта «Скороспелка» не обнаружены проламины и глютелины (Табл. 2).

Таблица 2

Содержание белковых фракций в сушеном топинамбуре					
Азот фракций (в % от общего белкового азота)					
Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины	Небелковый	Нераств. остаток
59,9 ± 1,6	5,5 ± 0,4	—	—	29,6 ± 1,3	6,0 ± 2,4

Известно, что фракции белков сырья имеют различную субстратную специфичность. Водо- и солерастворимые белки легче подвергаются ферментативному гидролизу, так как они гидрофильны в отличие от проламинов и глютелинов. В целом, несмотря на общее пониженное содержание белка в топинамбуре, по сравнению с его содержанием в зерне (среднее — 10–13%, среди них растворимых белков — не более 30%), данный вид сырья, с позиции оценки его азотного состава, можно считать полноценным.

Также в работе [19] исследован состав свободных аминокислот в образцах сушеного топинамбура. Установлено, что основными из них являются глутаминовая кислота, глутамин, аспарагин, аргинин и треонин. Известно, что аминокислотный состав сырья может оказывать влияние на протекание процесса сбраживания и характеристику готового продукта, так как определенные аминокислоты являются предшественниками образования ряда высших спиртов. К примеру, треонин, валин, лейцин и фенилаланин могут повышать содержание в сброженном сусле таких спиртов как пропиловый, изобутиловый, изоамиловый и 2-фенилэтанол соответственно. Высшие спирты являются важнейшими летучими составляющими спиртных напитков. Причем, на органолептические характеристики готового продукта оказывает влияние не только содержание отдельных спиртов, но и их соотношение.

В целом, применение сушеного топинамбура для производства спиртных напитков на основе дистиллятов, по сравнению, с использованием свежих клубней имеет следующие преимущества:

- возможность внесезонной переработки;
- стабильность биохимического состава сырья и повышение его микробиологических характеристик;
- упрощение технологической схемы переработки;
- деполимеризация основных углеводов компонентов сырья и, как следствие, повышение степени их доступности к ферментативному гидролизу;
- полноценность белкового комплекса, в связи с высоким содержанием растворимых белков и свободных аминокислот.

3.2 Стадия получения осахаренного суслу

При разработке новой высокоэффективной технологии спиртных напитков из сушеного топинамбура на первом этапе работ необходимо было установить закономерности изменения углеводного комплекса исходного сырья в процессе получения осахаренного суслу.

В качестве метода деполимеризации фруктозанов сырья, среди известных, был выбран ферментативный. В исследованиях для гидролиза фруктозосодержащих углеводов сушеного топинамбура применяли ферментный препарат отечественного производства, содержащий микробную экзоинулиназу Inul A. Awamori [20].

Эксперименты были проведены в двух вариантах: вариант А — гидролиз полимеров сырья под действием собственных инулиназ топинамбура; вариант В — гидролиз при совместном действии инулиназ сырья и микробной экзоинулиназы в дозировке, принятой при гидролизе крахмало-содержащего сырья — 7,5 ед./г инулина сырья.

Результаты исследований (Табл. 3) показали, что предельно-допустимое значение гидромодуля, оцененное по текучести технологических сред, соответствует 1:4,5 (значение не должно превышать 10 с). Внесение микробного ферментного препарата, обладающего активной экзоинулиназой, практически не влияло на текучесть.

Таблица 3

Влияние гидромодуля на процесс получения осахаренного суслу из сушеного топинамбура

Гидро-модуль	Текучесть, с		Концентрация, %			
			Суслу		Экстракт	
	А	В	А	В	А	В
1:6	4	4	12,5	13,4	3,1	3,2
1:5,5	5	4	13,9	14,5	3,4	3,5
1:5	6	5	15,0	16,0	3,7	3,8
1:4,5	8	6	17,0	17,3	4,0	4,1
1:4	25	18	17,5	18,0	4,3	4,4

Установлено, что концентрация суслу при снижении гидромодуля закономерно возрастала (по варианту А — от 12,5 до 17,5%; по варианту В — от 13,4 до 18,0%). Однако, при пересчете на гидромодуль 1:6 она практически не менялась, снижалась лишь при гидромодуле 1:4, что подтверждало получение сред с затрудненным переводом сухих веществ сырья в растворимое состояние из-за сложности прохождения диффузионных процессов.

Эффективность обработки сырья на стадии получения осахаренного суслу в работе также оценивали по влиянию гидромодуля на концентрацию экстракта — продукта, полученного путем смешивания осахаренного суслу с большим количеством воды с последующей фильтрацией. Этот показатель, как показано в работе [21], позволяет получить данные по максимально возможному переводу сухих веществ сырья в растворимое состояние.

Также в работе варьировалась дозировка ферментного препарата, которая составляла от 1,5 до 7,5 ед./г инулина сырья. Суслу готовили согласно выбранному гидромодулю (1:4,5), процесс гидролиза осуществляли при естественном рН среды (рН=6,0), длительность процесса обработки при температуре 55 °С составляла 3 часа (рекомендованные ранее режимные параметры получения суслу из клубней топинамбура [6]). В работе было рассмотрено два варианта получения суслу: вариант I — без использования микробной протеазы (ферментного препарата протеолитического действия Нейтраза 0,8 L), вариант II — с использованием микробной протеазы. Цель выполнения исследований по второму варианту заключалась в выявлении возможно-

сти повышения эффективности подготовки сушеного топинамбура к дистилляции, так как ранее в работе [22], посвященной изучению процесса получения осветленного осахаренного суслу из свежих клубней топинамбура, было показано, что использование Нейтразы 0,8 L — препарата, обладающего эндопротеиназной активностью, увеличивает переход фруктозанов сырья в растворимое состояние вследствие их высвобождения из связанного состояния с белком (рекомендуемая дозировка Нейтразы составляла 0,01–0,02 ед. ПС/г белка сырья).

Установлено что, содержание редуцирующих сахаров с увеличением дозировки внесения микробной инулиназы закономерно возрастало [23]. С экономической точки зрения предпочтительна дозировка инулиназы на уровне 3,0–4,5 ед./г инулина сырья.

Как известно, процесс ферментативного гидролиза полимеров сырья протекает во времени. При получении суслу из клубней топинамбура, была выбрана продолжительность, равная трем часам [6]. Изучение динамики изменения концентрации сухих веществ и свободных редуцирующих сахаров при переработке сушеного топинамбура также позволило обосновать длительность процесса — 3 часа [23].

При разработке высокоэффективных технологий пищевых продуктов, основанных на ферментативном гидролизе полимеров растительного сырья, необходимо учитывать весь комплекс процессов, происходящих в нем под действием как собственных ферментов, так и вносимых с ферментными препаратами. При этом необходимо учитывать следующие основные факторы: в первую очередь — это особенности биополимеров данного растительного сырья, гетерогенность субстрата, присутствие разного рода эффекторов, способных активировать и/или ингибировать как эндогенные ферменты, так и ферменты в составе ферментных препаратов.

Одним из факторов, определяющих эффективность ферментативного гидролиза полимеров сырья, является создание оптимального рН технологической среды. При переработке сушеного топинамбура при выбранном гидромодуле (1÷4,5) рН среды находится на уровне 6,0–6,5. Используемый микробный ферментный препарат Inul A. Awamori, обладающий экзоинулиназной активностью, проявлял, по данным производителя [20], максимальную активность при рН 4,0–4,5; ферментный препарат Нейтраза 0,8 L и собственные инулиназы сырья при рН 6,0–6,5.

Также в работе учитывалось, что по сравнению с зерном, которое предложено использовать в качестве основного сырья для получения дистиллятов и спиртных напитков на их основе [24,25,26], топинамбур содержит повышенное количество пектиновых веществ. Среди них преобладает нерастворимый протопектин [27], что следует считать положительным, с позиции оценки данного вида сырья. Вместе с тем, пектин топинамбура характеризуется высокой степенью метоксилирования, то есть в случае ферментативного гидролиза сырья, под действием пектинэстеразы в конечном продукте может накапливаться сверхнормативное содержание метилового спирта.

Данные о пектинэстеразе топинамбура позволяют прогнозировать содержание метанола в продукте и рекомендовать на основе теоретических предпосылок оптимальные технологические параметры на всех стадиях переработки клубней. Установлено, что пектинэстеразная активность топинамбура варьирует в пределах 0,22–0,35 ед./г, что, на первый взгляд, характеризует ее как низкую. Однако, при ее расчете на 1 г пектина сырья цифры значительно возрастают (в среднем до 40 ед./г). Причем выявлено, что пектинэстераза топинамбура проявляет максимальную активность в нейтральной среде при рН 6,0–7,0. Путем подкисления суслу до рН 4,5–5,0 мож-

но снизить ее активность на 25–50%. Такой технологический прием, как известно, приводит также к улучшению микробиологической чистоты сбраживаемого суслу.

Данные по влиянию режимных параметров переработки топинамбура на содержание отдельных сахаров в осахаренном сусле представлены в Табл. 4.

Таблица 4

Влияние режимных параметров переработки топинамбура на содержание отдельных сахаров в осахаренном сусле

Содержание сахаров, г/100 см ³	Образцы осахаренного суслу			
	1* (рН=6,0)	2* (рН=4,5)	3** (рН=6,0)	4** (рН=4,5)
Фруктоза	5,62	8,80	6,57	9,16
Глюкоза	0,90	2,02	1,08	2,13
Сахароза	2,18	1,06	2,08	1,05
Трифруктозан	0,11	0,09	0,08	0,10
Сумма сахаров	8,80	11,97	9,81	12,44

* Без использования микробной протеазы

** С внесением микробной протеазы

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы. Подкисление замеса до рН=4,5 повышает суммарное содержание сахаров в сусле на 26,8–36,0% по сравнению с образцами, полученными при естественном значении рН=6,0, в основном за счет увеличения массовой доли фруктозы и глюкозы. Содержание сахарозы, напротив, снижается почти в 2 раза. Вероятнее всего данный факт связан с созданием более оптимальных условий для действия микробной инулиназы.

Дополнительное внесение микробной эндопротеиназы в варианте без подкисления повышает суммарное содержание сахаров на 11,5% (образцы 01 и 03), при подкислении данное увеличение составляет около 4%, то есть в варианте с подкислением среды эффективность действия Нейтразы 0,8 L снижается и его внесение становится экономически нецелесообразным.

В целом, и с учетом результатов исследований, представленных в работе [28] по выявлению влияния режимных параметров переработки сушеного топинамбура на углеводный и белковый состав осахаренного суслу, рекомендовано два варианта подготовки сырья к сбраживанию:

- вариант 1 — дополнительное внесение Нейтразы 0,8 L и переработку сырья при естественном рН замеса.
- вариант 2 — подкисление замеса до рН=4,5 и проведение процесса без дополнительного внесения Нейтразы 0,8 L.

Преимущество одного из двух вариантов было определено после проведения экспериментов по сбраживанию образцов осахаренного суслу и анализу сброженного суслу по крепости и содержанию отдельных летучих компонентов.

3.3. Стадия сбраживания осахаренного суслу

Сбраживание является одним из основных этапов при производстве дистиллятов, в ходе которого под действием ферментного комплекса дрожжей происходит начальное формирование качественных показателей продукта.

Эффективность процесса сбраживания инулинсодержащего сырья зависит от ряда факторов, в том числе от химического состава суслу, его концентрации, степени гидролиза полимеров сырья, используемой расы дрожжей, их физиологического состояния и особенностей метаболизма, продолжительности сбраживания и температурных режимов проведения процесса.

На первом этапе процесс сбраживания осахаренного суслу из сушеного топинамбура осуществляли с использованием сухих спиртовых (Fermiol), винных (SIHA activhefe 3)

и пивоваренных (Safbrew WB-06) дрожжей. Известно, что увеличение нормы внесения дрожжей интенсифицирует процесс сбраживания, особенно на первых этапах. Учитывая высокое содержание потенциально сбраживаемых углеводов в сушеном топинамбуре, представленных преимущественно олигосахаридами и низкомолекулярными фракциями инулина, в работе провели эксперименты по варьированию нормы задачи дрожжей. Были сняты кривые выделения CO₂ при сбраживании осахаренного суслу (норма внесения дрожжей составляла 50, 100 и 200 мг/100 г суслу) [29].

Анализ полученных данных позволил выявить следующие зависимости:

- использование дрожжей в количестве 50 мг/ 100 г суслу не позволяет завершить процесс сбраживания в исследуемом периоде (72 часа);

- увеличение нормы дрожжей со 100 до 200 мг/100 г суслу позволяет повысить количество выделившегося CO₂ на начальном этапе брожения, однако, не влияет на конечную крепость сброженного суслу и длительность процесса.

Дополнительно в работе был рассчитан выход безводного спирта из 1 тонны сырья. Установлено, что использование в качестве сырья сушеного топинамбура, характеризуется высокими показателями по выходу (в лучших вариантах на уровне 41,4–41,7 дал/т сырья). К примеру, при переработке крахмалосодержащего сырья (зерна с сопоставимыми значениями по влажности с предлагаемым новым видом сырья) данный показатель составляет в среднем 30,0–32,0 дал/т. Такой высокий выход безводного спирта в случае использования сушеного топинамбура связан, в первую очередь, с содержанием в нем инулина, массовая доля которого в конкретном образце составляла 69,1% (в зерновых культурах данный показатель находится на уровне 50,0–55,0%).

При разработке технологии нового спиртного напитка из сушеного топинамбура, кроме выхода безводного спирта из единицы переработанного сырья, были определены качественные характеристики полупродуктов производства, в частности сброженного суслу, которые напрямую влияют на органолептические показатели конечного продукта.

Выявлены существенные отличия в содержании отдельных летучих компонентов в образцах в зависимости от расы использованных дрожжей (Табл. 5).

Применение спиртовых дрожжей Fermiol характеризуется пониженным содержанием в сброженном сусле ацетальдегида и метанола, что следует считать положительным при оценке состава летучих компонентов данных образцов. Суммарное содержание высших спиртов варьируется от 4057 до 4802 мг/дм³ безводного спирта. Причем, использование спиртовых и винных дрожжей практически одинаково влияет на значение данного показателя, применение пивоваренных дрожжей повышает его. Кроме того, выявлены существенные отличия в содержании отдельных высших спиртов в образцах.

Получение суслу с подкислением среды до pH=4,5 при использовании всех рас дрожжей позитивно влияет на состав летучих компонентов сброженного суслу. Установлено, что содержание ацетальдегида — компонента, негативно влияющего на органолептические характеристики конечного продукта, снижается в среднем на (5...15)% (последнее значение соответствует пробе, полученной с использование спиртовых дрожжей Fermiol); метанола — примеси, характеризующий безопасность продукции и регламентированной при производстве спиртных напитков, уменьшается на 10–35%, причем наибольшей степени также при использовании спиртовых дрожжей Fermiol.

Таблица 5
Влияние расы и нормы внесения дрожжей на содержание летучих компонентов в сброженном сусле

Содержание летучих компонентов, мг/дм ³ безводного спирта	Норма внесения дрожжей, мг/100 г суслу					
	Fermiol		SIHA activhefe 3		Safbrew WB-06	
	pH 6,0	pH 4,5	pH 6,0	pH 4,5	pH 6,0	pH 4,5
Ацетальдегид	2319	2003	2962	2718	4506	4302
Этилацетат	233	180	151	131	262	243
Метанол	2928	1933	3487	3004	3752	3392
Высшие спирты, в т.ч.:	4480	4057	4448	4095	4802	4440
— 1-пропанол	793	718	696	599	1551	1402
— Изобутанол	1039	925	947	801	800	695
— Изоамилол	2648	2414	2805	2695	2451	2343
Энантовый эфир	50	49	32	30	48	45
Фенилэтиловый спирт	222	202	199	181	363	318
Сумма летучих компонентов *	10387	8574	11371	10301	13884	12902

* При определении суммы летучих компонентов учитывались все идентифицированные летучие компоненты, некоторые из них в иллюстративных материалах не представлены.

В целом исследование динамики выделения диоксида углерода, определение крепости образцов при выбранной длительности процесса и анализ летучих компонентов в сброженных образцах суслу показывает, что применение спиртовых дрожжей Fermiol имеет ряд преимуществ, поскольку они позволяют интенсифицировать процесс сбраживания и получить сброженное сусле с максимальной крепостью и минимальным содержанием в нем таких негативно влияющих на конечный продукт летучих компонентов, как ацетальдегид и метанол.

4. Заключение

Установлено, что по сравнению с клубнями топинамбура сушеный топинамбур характеризуется улучшением биохимического состава в связи с увеличением в нем низкомолекулярных фракций фруктозанов и, как следствие, повышением степени доступности полимеров сырья к ферментативному гидролизу. Оценка белкового комплекса сырья показала, что сушеный топинамбур характеризуется высоким содержанием растворимых белков, в первую очередь альбуминов, и свободных аминокислот, что позволяет оценить данный вид сырья как полноценный для азотного питания дрожжей.

Разработаны режимные параметры двухстадийного способа подготовки сушеного топинамбура к дистилляции, включающие на первой стадии получение осахаренного суслу при гидромодуле 1÷4,5, дозировке микробной инулиназы 3,0–4,5 ед.ИН/г инулина сырья, подкислением среды до pH=4,5, проведение ферментативного гидролиза при температуре 55 °С в течение 3 часов; на второй стадии при сбраживании осахаренного суслу использовать сухие спиртовые дрожжи Fermiol, вносимые в количестве 100 мг/100 г суслу, процесс вести при температуре 28–30 °С в течение 3 часов.

1. Introduction

Recently, there has been a trend in Russia to change the priorities of consumers when choosing strong alcohol products. Significant interest is shown in alcoholic beverages with the flavor and taste of the raw materials, the choice of which should be guided by a number of factors: the volume of its procurement in the country and the absence of intense competition with manufacturers of other industries; costs associated with its acquisition, and their share in the cost of finished products; peculiarities of biochemical composition, allowing to achieve the required organoleptic parameters.

One of the promising types of new non-traditional for the wine industry is Jerusalem artichoke. The natural and climatic conditions of the Russian Federation make it possible to grow this crop in sufficient quantities for production. In addition, there is currently no competition between industries using Jerusalem artichoke as raw material. The wide interest in the use of Jerusalem artichoke in several branches of the food industry is explained by the high economic efficiency of production and processing [1,2,3,4].

Fresh Jerusalem artichoke, in terms of storage, is a difficult raw material. According to the recommendations of GOST 32790–2014, it is stored in containers in clean, well ventilated premises (vegetable stores, kagats) or cold rooms at temperatures from minus 4 °C to plus 1 °C and relative air humidity (85 ... 90)%. German specialists consider Jerusalem artichoke tubers exclusively as seasonal raw materials that can not be stored [5].

As an alternative, we can consider the option of using dried Jerusalem artichoke — an industrial product. The advantages of the latter include, first, the possibility of year-round production, secondly, the stability of its biochemical composition and high microbiological purity. In addition, the use of dried Jerusalem artichoke makes it possible to significantly simplify the technological process, eliminating such operations as washing of raw materials and its crushing.

The review of scientific and technical literature, devoted to the processing of Jerusalem artichoke tubers shows that the technologies, used in fermentation plants can be divided into two classes. In accordance with the first, the raw material is subjected to a two-stage treatment prior to rectification, that is, first the sugared wort is obtained from the crushed material, and then yeast is introduced into it and the fermentation process is carried out. At the stage of obtaining the sugared wort by domestic specialists, the perspective of enzymatic hydrolysis of inulin of the raw material is shown to be due to its self-saccharification under the action of its own inulinases [4,6]. The one-stage schemes for the processing of Jerusalem artichoke tubers, which do not provide for the stage of obtaining the sugared wort, are offered mainly by foreign specialists. According to the French scientists [7, 8], when processing Jerusalem artichoke tubers that were not subjected to preliminary hydrolysis, it is inappropriate to use yeast of the *S. cerevisiae* type, since they do not have inulinase activity. It is promising to use, in this case, a yeast of the genus *Kluyveromyces*. Was carried out researches on fermentation of wort from Jerusalem artichoke with *Kl. marxianus* [7,9,10] and *Kl. fragilis* [8] yeasts.

2. Materials and Methods

As a raw material in the work, were used tubers of Jerusalem artichoke of the «Skorospelka» variety and samples of dried Jerusalem artichoke .

Analysis of the biochemical composition of raw materials included the determination of the fractional composition of fructose containing carbohydrates of raw materials, carried out using a scheme that included the separation of three fractions: FI — reducing free sugars; FII — oligosaccharides and low molecular

weight fractions of inulin; FIII — high-molecular fractions of inulin [6]. The subsequent determination of sugars in the FI fraction and hydrolysates of the FII and FIII fractions was carried out by the method of high-performance liquid chromatography [11].

The fractional composition of proteins of dried Jerusalem artichoke was determined using the method of their isolation according to T. Osborne, which provides for an exhaustive sequential extraction. At the same time, the albumin release was carried out with distilled water, globulins — 10% NaCl, prolamin — 70% ethanol and glutelins — 0.2% NaOH solution [12]. The composition of free amino acids in the feedstock was evaluated using the method of high-performance liquid chromatography [13].

The composition of the sugared wort and extract was studied by determining the mass concentration of solids by a refractometric method. The yield strength was determined in conventional units: by the number of milliliters of wort, emanating from the funnel through a nozzle of a certain size for the time required to drain from the funnel 100 cm³ of water or by the time of the expiration of a certain volume of wort through the calibration hole. The expiration time was measured with a stopwatch. The content of individual sugars by the method of high-performance liquid chromatography [11].

When studying the composition of fermented wort, the dynamics of CO₂ emission by weight method was determined, the mass concentration of alcohol in fermented wort was determined by the method of [14], the content of volatile components by the gas chromatography method in accordance with GOST 33834–2016.

3. Results and Discussion

3.1 Biochemical Composition of Jerusalem Artichoke

When evaluating the biochemical composition of Jerusalem artichoke, the main research of scientists is aimed at studying its carbohydrate complex [3, 6, 15], which is based on fructose and its polymers of varying degrees of complexity, the highest homologue of which is inulin — the highest molecular weight among fructosans. At present, it is believed that inulin belongs to the group of polyfructosans with the empirical formula (C₆H₁₀O₅) and is a polyfructose chain in which the D-fructose residues (up to 96%) are bound by a β-2,1 bond, with each chain from the unreduced end ends with a D-glucose molecule (up to 6%), connected with fructose by a β-1,2-bond.

When choosing technological regimes for preparing Jerusalem artichoke for fermentation, it is necessary to take into account not only the total content of fructose containing components, but also their fractional composition, since the process of enzymatic hydrolysis of carbohydrates of raw materials depends, first, on the ability of polymers to pass into a soluble state, and secondly, on the degree of their polymerization. When analyzing fresh tubers of Jerusalem artichoke, it is established (Table 1) that carbohydrates in raw materials are dominated by fractions of FII and FIII, their content varies accordingly (29.1 ... 33.9)% and (41.0 ... 54.4)%. In the samples of dried Jerusalem artichoke, were revealed significant changes in the fractional composition of these components.

Table 1

Fractional Composition of Fructose-Containing Carbohydrates in Jerusalem Artichoke

Fraction	Content,% in Dry Matter (DM)	
	Jerusalem Artichoke Tubers	Dried Jerusalem Artichoke
FI	1.5 ± 0.2	6.6 ± 0.3
FII	32.0 ± 1.9	50.4 ± 3.5
FIII	47.7 ± 6.7	11.1 ± 2.4
Fraction S	79.5 ± 8.8	68.1 ± 6.2

It is established that during the drying of raw materials, the content of low-molecular fractions increases in it. The amount of free reducing sugars increases by an average of 3–4 times, the fraction of FII increases by more than 1.5 times. This fact is connected with the process of enzymatic hydrolysis of high molecular weight fractions of inulin under the action of the own inulinases of raw materials (according to the data of domestic scientists, the total hydrolase activity in the tubers of Jerusalem artichoke is 3.3 to 4.5 units/g of inulin of the raw material [16]).

In addition to carbohydrates, Jerusalem artichoke tubers contain nitrogenous substances, micro- and macro elements, and vitamins. The content of nitrogenous substances varies in the range from 4.3 to 11.0% [17]. Proportion of protein nitrogen accounts for 57–59%, non-protein – 41–43%. Ukrainian researchers [18] found that the balance of irreplaceable amino acids, Jerusalem artichoke exceeds the grain of cereals.

Analysis of the protein complex of samples of dried Jerusalem artichoke showed that the main proteins in them are albumins, the mass fraction of which varies within 2.5–3.3%, the content of globulins is 0.24–0.33%. In the samples of dried Jerusalem artichoke, obtained from the tubers of the «Skorospelka» variety, prolamins and glutelins were not found (Table 2).

Table 2

Content of Protein Fractions in Dried Jerusalem Artichoke

Nitrogen Fractions (in % of Total Protein Nitrogen)					
Albumins	Globulins	Prolamins	Glutelins	Non-protein	Insoluble Residue
59.9 ± 1.6	5.5 ± 0.4	—	—	29.6 ± 1.3	6.0 ± 2.4

It is known that the protein fraction of the raw material has a different substrate specificity. Water- and soluble proteins are more easily subjected to enzymatic hydrolysis, since they are hydrophilic, unlike prolines and glutelins. In general, despite the general low protein content in Jerusalem artichoke, compared with its content in grain (average 10–13%, among them soluble proteins – no more than 30%), this kind of raw material, from the point of view of its nitrogen content, can be consider full.

Also in [19] was researched the composition of free amino acids in samples of dried Jerusalem artichoke. It has been established that the main ones are glutamic acid, glutamine, asparagine, arginine and threonine. It is known that the amino acid composition of the raw material can influence on the course of the fermentation process and on the characteristics of the finished product, since certain amino acids are the precursors of the formation of a number of higher alcohols. For example, threonine, valine, leucine and phenylalanine can increase the content of alcohols in fermented wort such as propyl, isobutyl, isoamyl and 2-phenylethanol, respectively. Higher alcohols are the most important volatile constituents of alcoholic beverages. Moreover, the organoleptic characteristics of the finished product are affected not only by the content of individual alcohols, but also by their ratio.

In general, the use of dried Jerusalem artichoke for the production of alcoholic beverages based on distillates, compared with the use of fresh tubers has the following advantages:

- possibility of off-season processing;
- stability of the biochemical composition of raw materials and increase of its microbiological characteristics;
- simplification of the technological scheme of processing;
- depolymerization of the main carbohydrate components of raw materials and, as a consequence, increase of their accessibility to enzymatic hydrolysis;

- the usefulness of the protein complex, due to the high content of soluble proteins and free amino acids.

3.2 The Step of Obtaining Saccharified Wort

When developing a new highly effective technology for alcoholic beverages from dried Jerusalem artichoke at the first stage of the work, it was necessary to establish the patterns of change in the carbohydrate complex of the raw material in the process of obtaining the saccharified wort.

As a method of depolymerization of raw materials fructosans, among known, fermentative was chosen. In studies for the hydrolysis of fructose-containing carbohydrates of dried Jerusalem artichoke, was used an enzyme preparation of domestic production, containing Inul A. Awamori microbial exoinulinase [20].

The experiments were carried out in two versions: variant A – raw materials polymers hydrolysis under the influence of their own inulinases of Jerusalem artichoke; variant B – hydrolysis with the combined action of inulinase of raw materials and microbial exoinulinase in the dosage adopted during hydrolysis of starch-containing raw materials – 7.5 units/g of inulin raw material.

The results of the studies (Table 3) showed that the maximum permissible value of the hydromodule, estimated by the fluidity of technological media, corresponds to 1: 4.5 (the value should not exceed 10 s). The introduction of a microbial enzyme preparation with an active exoinulinase had practically no effect on fluidity.

Table 3

Influence of Hydromodule on the Obtaining Saccharified Wort Process from Dried Jerusalem Artichoke

Hydro-module	Flowability, s		Concentration,%			
			Wort		Extract	
	A	B	A	B	A	B
1:6	4	4	12.5	13.4	3.1	3.2
1:5.5	5	4	13.9	14.5	3.4	3.5
1:5	6	5	15.0	16.0	3.7	3.8
1:4.5	8	6	17.0	17.3	4.0	4.1
1:4	25	18	17.5	18.0	4.3	4.4

It was found, that the concentration of wort with a decrease in the hydromodule naturally increased (according to variant A – from 12.5 to 17.5%, according to variant B – from 13.4 to 18.0%). However, when converted to a 1: 6 hydromodule, it practically did not change, it decreased only when the hydromodule was 1:4, which confirmed the production of media with a difficult transfer of raw solids to a soluble state due to the complexity of diffusion processes.

The efficiency of processing the raw material at the stage of obtaining the saccharified wort in the work was also evaluated by the effect of the hydromodule on the concentration of the extract, the product obtained by mixing the saccharified wort with a large amount of water, followed by filtration. This index, as shown in [21], makes it possible to obtain data on the maximum possible conversion of raw solids to a soluble state.

Also, the dosage of the enzyme preparation varied from 1.5 to 7.5 units/g inulin of the raw material. The wort was prepared according to the selected hydromodule (1:4.5), the hydrolysis process was carried out at the natural pH of the medium (pH 6.0), the processing time at 55 °C was 3 hours (the recommended regime parameters for obtaining the wort from the tubers of Jerusalem artichoke [6]). Two variants of wort preparation were considered in the work: variant I – without the use of microbial protease (enzyme preparation of proteolytic action of Neutrase 0.8 L), variant II – with the use of microbial protease. The purpose of the research on the second option was to identify

the possibility of increasing the efficiency of the preparation of dried Jerusalem artichoke for distillation, since earlier in work [22], devoted to the study of the process of obtaining clarified saccharified wort from fresh tubers of Jerusalem artichoke, it was shown that the use of Neutrase 0.8 L — a drug, with endoprotease activity increases the conversion of raw fructosans into a soluble state due to their release from the bound state to the protein (the recommended dosage of Neutrase were 0.01–0.02 units PS/g of protein raw materials).

It was established that the content of reducing sugars with increasing dosing of microbial inulinization naturally increased [23]. From the economic point of view, inulin dosage is preferred at the level of 3.0–4.5 units/g of the raw material inulin.

As is known, the process of enzymatic hydrolysis of polymers of raw materials proceeds in time. When obtaining the wort from the Jerusalem artichoke tubers, a duration of three hours was chosen [6]. The study of the dynamics of the change in the concentration of dry substances and free reducing sugars during processing of dry Jerusalem artichoke also allowed to justify the duration of the process — 3 hours [23].

When developing highly effective food technologies based on the enzymatic hydrolysis of polymers of plant raw materials, it is necessary to take into account the whole complex of processes occurring in it under the action of both own enzymes and those introduced with enzyme preparations. It is necessary to take into account the following main factors: first of all, these are the peculiarities of the biopolymers of this plant material, the heterogeneity of the substrate, the presence of various effectors capable of activating and/or inhibiting both endogenous enzymes and enzymes in the composition of enzyme preparations.

One of the factors determining the efficiency of enzymatic hydrolysis of raw polymers is the creation of an optimal pH of the technological medium. When processing dried Jerusalem artichoke at the selected hydromodule (1 ÷ 4.5) the pH of the medium is at the level of 6.0–6.5. The microbial enzyme preparation Inul A. Awamori, which possesses exoinulinase activity, showed, according to the manufacturer’s data [20], the maximum activity at pH=4.0–4.5; enzyme preparation Neutrase 0,8 L and own inulinases of raw materials at pH=6.0–6.5.

It was also taken into account that, in comparison with grain, which is proposed to be used as the main raw material for the production of distillates and spirits on their basis [24,25,26], Jerusalem artichoke contains an increased amount of pectin substances. Among them, insoluble protopectin predominates [27], which should be considered positive from the point of view of this type of raw material. At the same time, Jerusalem artichoke pectin is characterized by a high degree of methoxylation, that is, in the case of enzymatic hydrolysis of raw materials, pectin esterase may accumulate excess methyl alcohol content in the final product.

The data on pektinesterase of Jerusalem artichoke make it possible to predict the content of methanol in the product and recommend, on the basis of theoretical assumptions, optimal technological parameters at all stages of tuber processing. It was found that the pectin-esterase activity of Jerusalem artichoke varies in the range of 0.22–0.35 units/g, which, at first glance, characterizes it as low. However, with its calculation for 1 g of pectin raw material figures increase significantly (an average of 40 units/g). Moreover, it was revealed that the Jerusalem artichoke pectin esterase exhibits maximum activity in a neutral medium at pH=6.0–7.0. By acidifying the wort to a pH of 4.5–5.0, its activity can be reduced by 25–50%. Such a technique, as is known, also leads to an improvement in the microbiological purity of fermentable wort.

The data on the influence of the regime parameters of the Jerusalem artichoke processing on the content of individual sugars in the saccharified wort are presented in Table 4.

Table 4

Influence of Regime Parameters of Jerusalem Artichoke Processing on the Content of Individual Sugars in Saccharified Wort

Sugars Content, g/100 sm ³	Saccharified Wort Samples			
	1* (pH= 6,0)	2* (pH =4,5)	3** (pH =6,0)	4** (pH =4,5)
Fructose	5.62	8.80	6.57	9.16
Glucose	0.90	2.02	1.08	2.13
Sucrose	2.18	1.06	2.08	1.05
Trifruktosane	0.11	0.09	0.08	0.10
Sugars Sum	8.80	11.97	9.81	12.44

* Without use of microbial protease

** With the introduction of microbial protease

The obtained data allow us to draw the following conclusions. Acidification to pH=4.5 increases the total content of sugars in wort by 26.8–36.0% compared to samples obtained at a natural pH=6.0, mainly due to an increase in the mass fraction of fructose and glucose. The content of sucrose, conversely, decreases almost in 2 times. Most likely this fact is related to the creation of more optimal conditions for the action of microbial inulinase.

The supplemental application of microbial endoprotease in the variant without acidification raises the total sugar content by 11.5% (samples 01 and 03), with acidification this increase is about 4%, that is, in the variant with acidification of the medium, the effectiveness of Neutrase activity 0.8 L decreases and its the introduction becomes economically impractical.

In general, and taking into account the results of the studies, presented in work [28] of identifying the effect of the regime parameters of dried Jerusalem artichoke processing on the carbohydrate and protein composition of the saccharified wort, two options for preparing the raw materials for fermentation are recommended:

- Option 1 — additional application of Neutrase 0.8 L and processing of raw materials at the natural pH of the batch.
- Option 2 — acidification of the batch to pH 4.5 and process without additional application of Neutrase 0.8 L.

The advantage of one of the two variants was determined after experiments on fermenting the saccharified wort samples and analysis of fermented wort on the strength and content of individual volatile components.

3.3 Fermentation stage of Saccharified Wort

Fermentation is one of the main stages in the production of distillates, during which the initial formation of quality indices of the product takes place under the action of the yeast enzyme complex.

The effectiveness of the fermentation process of inulin-containing raw materials depends on a number of factors, including the chemical composition of the wort, its concentration, the degree of hydrolysis of the raw material polymers, the used yeast races, the physiological state and metabolic features, the duration of fermentation, and the temperature regimes of the process.

At the first stage, the process of fermenting the saccharified wort from dried Jerusalem artichoke was carried out, using dry alcohol (Fermiol), wine (SIHA activhefe 3) and brewing (Safbrew WB-06) yeast. It is known that an increase in the rate of application of yeast intensifies the process of fermentation, especially at the first stages. Given the high content of potentially fermentable carbohydrates in dried Jerusalem artichoke, represented mainly by oligosaccharides and low molecular weight fractions of inulin, experiments were performed to vary the norm of the yeast problem. The CO₂ emission curves for fermenting saccharified wort were removed (the rate of yeast application was 50, 100 and 200 mg/100 g of wort) [29].

Analysis of the data obtained to reveal the following dependences:

- the use of yeast in the amount of 50 mg/100 g of wort doesn't allow the fermentation process to be completed in the study period (72 hours);
- increasing the yeast rate from 100 to 200 mg/100 g of wort makes it possible to increase the amount of released CO₂ at the initial stage of fermentation, however, it doesn't affect the final fortress of fermented wort and the duration of the process.

In addition, the work calculated the yield of anhydrous alcohol from 1 ton of raw materials. It is established that the use of dried Jerusalem artichoke as a raw material is characterized by high yields (in the best versions at the level of 41.4–41.7 dal / t of raw materials). For example, when processing starch-containing raw materials (grains with comparable moisture values with the proposed new raw material type), this indicator averages 30.0–32.0 dal / t. Such a high yield of anhydrous alcohol in the case of the use of dried Jerusalem artichoke is primarily related to the content of inulin, the mass fraction of which in a specific sample was 69.1 % (in cereals this indicator is at the level of 50.0–55.0 %).

When developing the technology of a new alcoholic beverage from dried Jerusalem artichoke, in addition to the yield of anhydrous alcohol from a unit of processed raw materials, the qualitative characteristics of the intermediates of production, in particular fermented wort, were determined that directly affect on the organoleptic characteristics of the final product.

Were found significant differences in the content of individual volatile components in the samples, depending on the race of used yeast (Table 5).

Table 5

Influence of Race and Rate of Yeast Application on the Content of Volatile Components in Fermented Wort

Volatile Component Content, mg/dm ³ of Anhydrous Alcohol	Rate of Yeast Application, mg/100 g of the Wort					
	Fermiol		SIHA activhefe 3		Safbrew WB-06	
	pH=6.0	pH=4.5	pH=6.0	pH=4.5	pH=6.0	pH=4.5
Acetaldehyde	2319	2003	2962	2718	4506	4302
Ethyl Acetate	233	180	151	131	262	243
Methanol	2928	1933	3487	3004	3752	3392
Higher Alcohols, Including:	4480	4057	4448	4095	4802	4440
— 1-propanol	793	718	696	599	1551	1402
— Isobutanol	1039	925	947	801	800	695
— Isoamylol	2648	2414	2805	2695	2451	2343
Enanthic Ether	50	49	32	30	48	45
Phenylethyl Alcohol	222	202	199	181	363	318
Volatile Components Sum*	10387	8574	11371	10301	13884	12902

* When determining the amount of volatile components, all identified volatile components were taken into account, some of them are not represented in the illustrative materials.

The use of alcoholic yeast Fermiol is characterized by a lower content of acetaldehyde and methanol in the fermented wort, which should be considered positive when evaluating the volatile components of these samples. The total content of higher alcohols varies from 4057 to 4802 mg/dm³ of anhydrous alcohol. Moreover, the use of alcohol and wine yeast almost equally affects on the value of this indicator, the use of brewing yeast increases it. In addition, there were significant differences in the content of individual higher alcohols in the samples.

Obtaining the wort with acidification of the medium to pH 4.5 with all yeast races has a positive effect on the composition of the volatile components of the fermented wort. It was found that the content of acetaldehyde, a component, which negatively affecting the organoleptic characteristics of the final product, is reduced by an average of (5 ... 15)% (the latter value corresponds to a sample, obtained with use of alcohol yeast Fermiol); methanol — an impurity, characterizing the safety of products and regulated in the production of alcoholic beverages, is reduced by 10–35 %, the greatest degree also with the use of alcoholic yeast Fermiol.

In general, the study of carbon dioxide evolution dynamics, the determination of the samples strength at the chosen process time and the analysis of volatile components in fermented wort samples shows, that the use of Fermiol alcohol yeast has several advantages, since they allow intensifying the fermentation process and obtaining fermented wort with maximum strength and minimum content in it has such negative effects on the final product of volatile components, such as acetaldehyde and methanol.

4. Conclusion

It is established that, in comparison with the tubers of Jerusalem artichoke, dried artichoke is characterized by an improvement in its biochemical composition due to the increase in it of low-molecular fractions of fructosans and, as a consequence, by an increase in the availability of polymers of raw materials to enzymatic hydrolysis. Evaluation of the protein complex of raw materials has shown that dried artichoke is characterized by a high content of soluble proteins, primarily albumins, and free amino acids, which makes it possible to evaluate this type of raw material as high-grade for nitrogen nutrition of yeast.

Were developed the regime parameters of the two-stage method for the preparation of dried Jerusalem artichoke for distillation. They include, in the first stage, the preparation of saccharified wort with the hydromodule 1 ÷ 4.5, the dosage of microbial inulinase of 3.0–4.5 units of IN/g of inulin of the feed, acidification of the medium to pH 4, 5, carrying out enzymatic hydrolysis at a temperature of 55 °C for 3 hours; in the second stage, fermented saccharified wort should use dry alcoholic yeast Fermiol, introduced in the amount of 100 mg/100 g of wort, the process is conducted at a temperature of 28–30 °C for 3 hours.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева Е.А. (2007). Использование добавок из топинамбура для расширения ассортимента продукции. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 1, 51–54.
2. Кочнев Н.К., Калиничева М.В. (2002). Топинамбур — биоэнергетическая культура XXI века. М, Арес.—76 с. ISBN5-902277-01-9
3. Зеленков В.Н., Шаин С.С. (2000). Многоликий топинамбур в прошлом и настоящем Новосибирск, Арис.— 242 с. ISBN: 5-93239-017-4
4. Патент РФ № 2161652. Способ производства этилового спирта из топинамбура / Крикунова Л.Н., Александрова М.М., Ильяшенко Н.Г., Шаненко Е.Ф. Опубл. 10.01.2001. Бюл. № 1.
5. Peter Dürr, Werner Albrecht, Manfred Gössinger, Klaus Hagmann, Daniel Pulver, Ger Scholten. (2010) Technologie der Obstbrennerei. Eugen Ulmer K G.—326 p.
6. Крикунова Л.Н., Александрова М.М. (2000). Энерго- и ресурсосберегающая технология этанола из топинамбура I. Сравнительная характеристика способов подготовки сырья к сбраживанию. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 6, 64–67.
7. Chabbert N., Braun Ph., Guirand J.P., Arnoux M., Galzy P. (1983). Productivity and fermentability of Jerusalem artichoke according to harvesting date. *Biomass*, 3(3), 209–224

8. Chabbert N., Guirand J.P., Arnoux M., Galzy P. (1985). The advantageous use of an early Jerusalem artichoke cultivar for the production of ethanol. *Biomass*, 8(3), 233–240.
9. Gibbons W.R. (1989). Batch and continuous solid-phase fermentation of Jerusalem artichoke tubers. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 67(4), 258–265.
10. Pejin D., Gacesa S., Razmovski R., Popov S. (1985). Ethanol production from topinambur. *Prehranb. — technol. Rev.*, 1–2, 11–18
11. Методика измерения массовой концентрации сахаров и глицерина в алкогольных и безалкогольных напитках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Свидетельство об аттестации № 01.00225/205–54–12, 2012
12. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А., Колпакова В.В., Витол И.С., Кобелева И.Б. (2006). Пищевая химия. Лабораторный практикум. Санкт-Петербург, ГИОРД.— 304 с. ISBN978–5_98879_143_0
13. Методика измерения массовой концентрации свободных аминокислот в напитках алкогольных и безалкогольных методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Свидетельство об аттестации № 01.00225/205–48–12, 2012
14. Полягина Г.В. (1999). Технохимический контроль спиртового и ликероводочного производства. М, Колос.— 336 с. ISBN5–10–003184–0
15. Багаутдинова Р.И., Федосеева Г.П. (2000). Продуктивность и фракционный состав углеводного комплекса разных по скороспелости сортов топинамбура. *Сельскохозяйственная биология*, 1, 55–63
16. Четкин Д.В., Крикунова Л.Н., Карпиленко Г.П. (2006). Исследование процесса гидролиза фруктозанов топинамбура под действием собственных гидролаз сырья. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 4, 39–43.
17. Голубев В.Н., Волкова Н.В., Кушалаков Х.М. (1995). Топинамбур — состав, свойства, способы переработки, области применения. М.— 82 с.
18. Федоренченко Л.А., Ремесло Н.В., Бахнина Т.Ю. и др. (1991). Влияние технологической обработки соков топинамбура на их аминокислотный состав. Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевых и перерабатывающих отраслях АПК: Тез. докл. респ. науч. — техн. Конф, 160.
19. Крикунова Л.Н., Песчанская В.А., Ободеева О.Н., Захаров М.А. (2016). Исследование биохимического состава сушеного топинамбура. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 8, 29–33.
20. Волков П.В., Синицина О.А., Федорова Е.А. и др. (2012). Выделение и свойства рекомбинантных инулиназ *Aspergillus sp.*, *Биохимия*, 77 (5), 611–621.
21. Крикунова Л.Н., Стребкова О.С., Гернет М.В. (2007). Режимы и технологические параметры получения и сбраживания осахаренного суслу из ИК-обработанного зерна пшеницы. Часть I. Стадия получения суслу. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 9, 60–63.
22. Крикунова Л.Н., Четкин Д.В., Карпиленко Г.П. (2006). Сравнительная характеристика способов получения осветленного осахаренного суслу из топинамбура. *Известия вузов. Пищевая технология*, 4, 70–73.
23. Оганесянц Л.А., Песчанская В.А., Крикунова Л.Н., Ободеева О.Н. (2016). Разработка технологии спиртных напитков на основе дистиллята из топинамбура (Часть 1. Стадия получения осахаренного суслу). *Пиво и напитки*, 6, 34–37.
24. Оганесянц Л.А., Кобелев К.В., Крикунова Л.Н., Песчанская В.А. (2014). Техико-экономическое обоснование выбора сырья для производства зерновых дистиллятов. *Пиво и напитки*, 2, 10–15.
25. Оганесянц Л.А., Кобелев К.В., Песчанская В.А., Рябова С.М. (2014). Сравнительная характеристика способов получения суслу для производства зерновых дистиллятов. *Пиво и напитки*, 3, 44–47.
26. Оганесянц Л.А., Крикунова Л.Н., Песчанская В.А. (2014). Влияние вида сырья на процесс сбраживания суслу для производства дистиллятов. *Пиво и напитки*, 4, 22–25
27. Крикунова Л.Н., Гернет М.В., Четкин Д.В. (2006). Пектиновые вещества топинамбура: содержание, распределение по аналитическим частям, свойства. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 5, 50–54.
28. Крикунова Л.Н., Ободеева О.Н., Захаров М.А. (2017). Влияние режимных параметров переработки топинамбура на углеводный и белковый состав осахаренного суслу. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 3, 21–23.
29. Оганесянц Л.А., Песчанская В.А., Крикунова Л.Н., Ободеева О.Н. (2017). Разработка технологии спиртных напитков на основе дистиллята из топинамбура (Часть 2. Стадия сбраживания осахаренного суслу). *Пиво и напитки*, 1, 26–29.

REFERENCES

1. Vasilyeva, E.A. (2007). Use of Additives from Jerusalem Artichoke for Expansion of Production Assortment of. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, 1, 51–54. (In Russian)
2. Kochnev, N.K., Kalinicheva, M.V. (2002). Jerusalem Artichoke is a Bioenergetic Culture of the XXI Century. M: Ares.—76p. ISBN5–902277–01–9. (In Russian)
3. Zelenkov, V.N., Shain, S.S. (2000). Many-Faced Jerusalem Artichoke in the Past and Present. — p. 241. Novosibirsk: Aris.—241p. ISBN: 5–93239–017–4. (In Russian)
4. Krikunova, L.N., Alexandrova, M.M., Ilyashenko, N.G., Shanenko, E.F. Production Method of Ethyl Alcohol from Jerusalem artichoke. Patent RF, no. 2161652. (In Russian)
5. Peter Dürr, Werner Albrecht, Manfred Gössinger, Klaus Hagmann, Daniel Pulver, Ger Scholten. (2010) Technologie der Obstbrennerei. Eugen Ulmer K.G.—326p.
6. Krikunova, L.N., Alexandrova, M.M. (2000). Energy and Resource-Saving Ethanol Technology from Jerusalem Artichoke I. Comparative Characteristics of the Raw Materials Preparation for Fermentation. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, 6, 64–67. (In Russian)
7. Chabbert N., Braun Ph., Guirand J.P., Arnoux M., Galzy P. (1985). Productivity and fermentability of Jerusalem artichoke according to harvesting date. *Biomass*, 3(3), 209–224
8. Chabbert N., Guirand J.P., Arnoux M., Galzy P. (1985). The advantageous use of an early Jerusalem artichoke cultivar for the production of ethanol. *Biomass*, 8(3), 233–240.
9. Gibbons W.R. (1989). Batch and Continuous Solid-Phase Fermentation of Jerusalem Artichoke tubers. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 67(4), 258–265.
10. Pejin D., Gacesa S., Razmovski R., Popov S. (1985). Ethanol Production from Topinambur. *Prehranb. — technol. Rev.*, 1–2, 11–18
11. Method for Measuring the Mass Concentration of Sugars and Glycerin in Alcoholic and Nonalcoholic Beverages by High-Performance Liquid Chromatography. Attestation Certificate № 01.00225/205–54–12, 2012. (In Russian)
12. Nechaev, A.P., Traubenberg, S.E., Kochetkova, A.A., Kolpakova, V.V., Vitol, I.S., Kobleva, I.B. (2006). Food Chemistry. Laboratory Workshop. St. Petersburg: GIORД.—304p. ISBN978–5–98879–143–0 (In Russian)
13. Method for Measuring the Mass Concentration of Free Amino Acids in Alcoholic and Non-Alcoholic Beverages by High-Performance Liquid Chromatography. Attestation Certificate № 01.00225/205–48–12, 2012 (In Russian)
14. Polygalina, G.V. (1999). Technochemical Control of Alcohol and Distillery Production. M: Kolos. 336p. ISBN5–10–003184–0 (In Russian)
15. Bagautdinova, R.I., Fedoseeva, G.P. (2000). Productivity and Fractional Composition of the Carbohydrate Complex of Different Grades of Jerusalem Artichoke. *Agricultural Biology*, 1, 55–63. (In Russian)
16. Chechetkin, D.V., Krikunova, L.N., Karpilenko, G.P. (2006). Study of Fructosans Hydrolysis Process of the Jerusalem Artichoke under the Influence of its Own Hydrolases of Raw Materials. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, 4, 39–43. (In Russian)
17. Golubev, V.N., Volkova, N.V., Kushalakov, Kh.M. (1995). Jerusalem Artichoke — Composition, Properties, Processing Methods, Fields of Application. M.—82p. (In Russian)
18. Fedorenchenko, L.A., Remeslo, N.V., Bakhnina, T.Yu et al. (1991). The Influence of Technological Processing of Jerusalem Artichoke Juices on their Amino Acid Composition. Development and Introduction of Highly Effective Resource-Saving Technologies, Equipment and New Types of Food Products in the Food and Processing Industries of the Agroindustrial Complex: Thesis of the Rep. Scient. and Techn. Conf., 160. (In Russian)
19. Krikunova, L.N., Peschanskaya, V.A., Obodeeva, O.N., Zakharov, M.A. (2016). Study of the Biochemical Composition of Dried Jerusalem Artichoke. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, 8, 29–33. (In Russian)
20. Volkov, P.V., Sinitina, O.A., Fedorova, E.A. et al. Isolation and Properties of Recombinant Inulinases of *Aspergillus sp.*, *Biochemistry*, 77 (5), 611–621. (In Russian)
21. Krikunova, L.N., Strebkova, O.S., Gernet, M.V. (2007). Regimes and Technological Parameters for the Preparation and Fermentation of Saccharified Wort from IR-Treated Wheat Grain. Part I. Wort Preparation Step. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, 9, 60–63. (In Russian)
22. Krikunova, L.N., Chechetkin, D.V., Karpilenko, G.P. (2006). Comparative Characteristics of the Methods for Obtaining Clarified Saccharified Wort from Jerusalem Artichoke. *Proceedings of High Schools. Food Technology*, 4, 70–73. (In Russian)
23. Oganesyants, L.A., Peschanskaya, V.A., Krikunova, L.N., Obodeeva, O.N. (2016). Development of Alcoholic Beverages Technology, Based on Distillate from Jerusalem Artichoke (Part 1. Stage of Saccharified Wort Preparation). *Beer and Beverages*, 6, 34–37. (In Russian)
24. Oganesyants, L.A., Kobleev, K.V., Krikunova, L.N., Peschanskaya, V.A. (2014). Feasibility Study of the Raw Materials Choice for the Cereal Distillates Production. *Beer and Beverages*, 2, 10–13. (In Russian)
25. Oganesyants, L.A., Kobleev, K.V., Peschanskaya, V.A., Ryabova, S.M. (2014). Comparative Characteristics of Wort Preparation Methods for Cereal Distillates Production. *Beer and Beverages*, 3, 44–47. (In Russian)
26. Oganesyants, L.A., Krikunova L.N., Peschanskaya, V.A. (2014). Influence of Raw Material Type on the Wort Fermentation Process for the Distillates Production. *Beer and Beverages*, 4, 22–25 (In Russian)
27. Krikunova, L.N., Gernet, M.V., Chechetkin, D.V. (2006). Jerusalem Artichoke Pectin Substances: Content, Distribution by Analytical Parts, Properties. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, 5, 50–54. (In Russian)

28. Krikunova, L.N., Obodeeva, O.N., Zakharov, M.A. (2017). Regime Parameters Influence of Jerusalem Artichoke Processing on Carbohydrate and Protein Composition of Saccharified Wort. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, 3, 21–23. (In Russian)
29. Oganesyants, L.A., Peschanskaya, V.A., Krikunova, L.N., Obodeeva, O.N. (2017). Technology Development for Alcoholic Beverages, based on Jerusalem Artichoke Distillate (Part 2. Stage of Saccharified Wort Fermentation). *Beer and Beverages*, 1, 26–29. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Крикунова Людмила Николаевна — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, Россолимо, 7 Тел.: +7-499-255-20-21 E-mail: *автор для контактов</p>	<p>Ludmila N. Krikunova — Doctor of Technical Science, Professor, Leading Researcher, Strong Drinks Technology Department, All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry — Branch of the V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo Str., 7 Тел.: +7-499-255-20-21 E-mail: *corresponding author</p>
<p>Ободеева Ольга Николаевна — инженер-исследователь, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, Россолимо, 7 Тел.: +7-499-255-20-21 E-mail: cognac320@mail.ru</p>	<p>Olga N. Obodeeva — Engineer-Researcher, Strong Drinks Technology Department, All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry — Branch of the V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo Str., 7 Тел.: +7-499-255-20-21 E-mail: cognac320@mail.ru</p>
<p>Захаров Максим Александрович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, Россолимо, 7 Тел.: +7-499-255-20-21 E-mail: cognac320@mail.ru</p>	<p>Maxim A. Zakharov — Candidate of Technical Science, Head Researcher, Strong Drinks Technology Department, All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry — Branch of the V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo Str., 7 Тел.: +7-499-255-20-21 E-mail: cognac320@mail.ru</p>
<p>Данилян Армен Владиславович — кандидат технических наук, зав. лабораторией арбитражных анализов и контроля качества пивоваренного сырья и продукции, отдел технологии пивоварения Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 119021, г. Москва, Россолимо, 7 Тел.: +7-499-255-20-21 E-mail: cognac320@mail.ru</p>	<p>Armen. V. Danilyan — Candidate of Technical Science, Head of the Laboratory of Arbitration Analysis and Quality Control of Brewing Raw Materials and Products, Brewing Technology Department, All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry — Branch of the V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of RAS 119021, Moscow, Rossolimo Str., 7 Тел.: +7-499-255-20-21 E-mail: cognac320@mail.ru</p>
Критерии авторства	Contribution
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат</p>	<p>Authors are equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism</p>
Конфликт интересов	Conflict of interest
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов</p>	<p>The authors declare no conflict of interest</p>
Поступила 16.02.2018	Received 16.02.2018

КИСЛОМОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ ГЕРОНТОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПОНЕНТОВ ПЕРЕРАБОТКИ АМАРАНТОВОЙ МУКИ

Колпакова В.В.^{1,*}, Тихомирова Н.А.², Гайворонская И.С.¹, Лукин Н.Д.¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова, РАН, Красково, Московская область, Россия

² Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

амарант, продукты переработки, белковый концентрат, амарантовое масло, кисломолочный продукт.

АННОТАЦИЯ

В связи с тем, что в пожилом и старческом возрасте возникает опасность недостающего поступления в организм полноценного белка, биологически эффективного жира и минеральных веществ, целью данных исследований явилось разработка кисломолочного напитка на основе компонентов фракционирования амарантовой муки. Теоретически обосновано использование белкового концентрата как функционального ингредиента для эмульгирования амарантового масла, содержащего сбалансированное соотношение ненасыщенные: насыщенные жирные кислоты, фосфолипиды, сквален в составе эмульсии для приготовления йогурта из обезжиренного молока. Кисломолочный напиток содержал повышенное количество белка (на 75%), биологически эффективный жир и на 30% больше минеральных веществ (кальций, калий, железо), по сравнению с известным йогуртом. Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели удовлетворяли стандартным требованиям.

Original scientific paper

FERMENTED DAIRY PRODUCT FOR GERONTOLOGICAL APPOINTMENTS BASED ON AMARANTH PROCESSED PRODUCTS

Valentina V. Kolpakova^{1,*}, Nataliya A. Tichomirova², Irina S. Gaivoronskaya¹, Nikolai D. Lukin¹

¹All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products — branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Kraskovo, Moscow Region, Russia

²Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia

KEY WORDS:

amaranth, processed products, protein concentrate, amaranth oil, fermented milk product.

ABSTRACT

Due to the fact that in the elderly and elderly there is a danger of a lack of full-value protein, biologically effective fat and mineral substances, the purpose of these studies was the development of a sour-milk beverage based on components for the fractionation of amaranth flour. The use of protein concentrate as a functional ingredient for emulsifying amaranth oil containing a balanced ratio of unsaturated: saturated fatty acids, phospholipids, and squalene in the emulsion for the preparation of yogurt from skim milk is theoretically justified. The sour milk drink contained an increased amount of protein (by 75%), biologically effective fat and 30% more minerals (calcium, potassium, iron), compared to the known yoghurt. Organoleptic, physicochemical and microbiological indicators met the standard requirements.

Введение

Известно, что через определенный набор продуктов питания осуществляется биохимическое управление внутренней средой организма, определяющее его жизнедеятельность [1]. Особенности питания влияют на процессы генерации энергии в клетке, биосинтез белка, структуру, функции клеточных мембран, нейрогуморальную регуляцию, иммунитет и т.д. Рациональное питание рассматривается как средство активного лечебно-профилактического воздействия на организм, которое снижает риск развития патологий и предупреждает преждевременное старение [2]. При использовании сведений о влиянии пищи на состояние здоровья, удастся снизить заболеваемость, повысить сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам внешней среды и увеличить продолжительность жизни. Наука о геронтологии, изучающая механизмы старения и физиологические особенности организма, активно разви-

вается, так как у людей пожилого и преклонного возраста наблюдается возрастная деградация алиментарно-зависимых и алиментарно-влияющих функций организма, в том числе иммунных [3]. Одним из путей поддержания здоровья с целью обеспечения работоспособности и продления жизни такой группы людей, является создание продуктов питания с определенным содержанием пищевых и биологически ценных компонентов (белки, липиды, минеральные вещества и т.д.) [3,4], полученных путем сохранения или модификации свойств исходного сельскохозяйственного сырья.

Для населения характерна несколько избыточная калорийность рациона, увеличение доли животного белка (61–67% от общего), высокий уровень жира с насыщенными жирными кислотами (36–37% по калорийности), недостаток витаминов и минеральных веществ [5,6]. Такое питание создает условия для избыточной массы тела, гипертонии, атеросклероза, диабета, потери иммунитета. Учитывая то,

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Колпакова В.В., Тихомирова Н.А., Гайворонская И.С., Лукин Н.Д. Кисломолочный продукт геронтологического назначения на основе компонентов переработки амарантовой муки. *Пищевые системы*. 2018; 1(1): 35–45. DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-1-35-45

FOR CITATION: Kolpakova V.V., Tichomirova N.A., Gaivoronskaya I.S., Lukin N.D. Кисломолочный продукт геронтологического назначения на основе компонентов переработки амарантовой муки. *Пищевые системы*. 2018; 1(1): 35–45. DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-1-35-45

что молочные продукты относятся к полезным продуктам для населения страны [7,8], целью настоящей работы являлась разработка технологических решений по созданию молочнокислого напитка геронтологического назначения, содержащего продукты фракционирования амарантовой муки с соответствующими показателями качества, пищевой и биологической ценности.

2. Материалы и методы

2.1 Материалы

Объектами исследований являлись амарантовая мука, выработанная из зерна сорта «Ультра» (ТУ 9293-051-00932169-03) на оборудовании ВНИИ зерна и продуктов его переработки, молоко с массовой долей жира 0,5 %, белка — 2,8 % (ГОСТ Р 52090), закваска «Эвиталя» с комплексом микроорганизмов — пробиотиков *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Propionibacterium freudenreichii subsp. Shermanii* (ТУ 9229-001-772700339420-2007). Все химические реактивы были чистыми.

2.2 Методы

Массовую долю влаги в амарантовой муке определяли при температуре 100–105 °С по ГОСТ 9404–88 [23], массовую долю белка по Кьельдалю — ГОСТ 10841–91, жира в аппарате Сокслета с гексаном — ГОСТ 27670–88 [24], массовую долю золы — по ГОСТ 27494–87. Массовую долю калия, кальция и железа определяли методом пламенной абсорбции в воздушно-ацетиленовом пламени на приборе фирмы «Hitachi» (Япония) модели 180–80 с коррекцией фонового поглощения методом зеемановской поляризации спектров [9].

Фракционный состав белков муки исследовали последовательным экстрагированием образца дистиллированной водой, раствором 0,5 моль/дм³ NaCl, 70%-ного C₂H₅OH и 0,05 н раствора NaOH. В центрифужную пробирку помещали 1 г образца, взвешенного с точностью ± 0,0001 г, приливали 10 см³ дистиллированной воды, встряхивали 1 ч и центрифугировали 20 мин при 5000 g. Центрифугат сливали, к осадку добавляли 10 см³ 0,5 н NaCl, встряхивали 1 ч и вновь центрифугировали. Центрифугаты принимают за альбумины и глобулины, соответственно.

К осадку добавляли 20 см³ 70%-ного C₂H₅OH, встряхивали при 180–200 об/мин в течение 1 ч и оставляли на ночь. На следующий день образец вновь встряхивали 30 мин и центрифугировали при тех же условиях. Раствор проламинов сливали, к осадку добавляли 20 см³ 0,05 моль/дм³ NaOH, встряхивали в течение 1 ч. Суспензию центрифугировали, центрифугат, содержащий растворимые в NaOH белки, принимали за растворимые глютелины, а осадок — за нерастворимые белки. Белок во фракциях определяли по Кьельдалю и выражали в процентах к общему белку в навеске.

Количественный аминокислотный анализ амарантного белкового концентрата (БК) выполнен на жидкостном хроматографе модели L-8800 фирмы «Hitachi» (Япония) в стандартном режиме анализа гидролизатов [10]. Для кислотного гидролиза образцов навеску образца 3–5 мг помещали в стеклянную ампулу и добавляли 300 мкл свежеприготовленной смеси концентрированной HCl и CF₃COOH в соотношении 2:1 с добавлением 0,1 % β-меркаптоэтанола. Образец замораживали, помещали в жидкий азот, вакуумировали и заплавляли. Гидролиз проводили при 155 °С в течение 1 ч. По окончании гидролиза содержимое количественно переносили в пластиковую пробирку (фирма «Eppendorf», Germany) и досуха удаляли гидролизующую смесь на CentriVap Concentrator Labconco (US). К сухому остатку добавляли 0,1н. HCl, центрифугировали 5 мин при 5000 g на

центрифуге Microfuge 22R (Beckman- Coulter, US), разводили в соответствии с содержанием белка в образце и раствор вносили в анализатор.

Групповой состав липидов амарантовой муки определяли методом ТСХ на пластинках «Silufol» [9]. Хроматограммы проявляли в системе растворителей гексан: диэтиловый эфир: уксусная кислота — 80:30:1,5. Количество липидов определяли денситометрическим методом на приборе «Хромоскан 200». Расчет количества групп липидов проводили методом внутренней нормализации.

Жирнокислотный состав липидов амарантовой муки определяли методом разделения метиловых эфиров жирных кислот газовой капиллярной хроматографией [9]. Липиды выделяли экстракционным методом с гексаном. Метиловые эфиры жирных кислот растворяли в 0,2 см³ гексана и анализировали на хроматографе марки Carlo Erba Strumentazione (HRGC5300 Mega Series, Италия) с колонкой марки Chronpack Capillary column test Reporp CP 7420, газ-носитель — азот. Количественный состав жирных кислот определяли на интеграторе C-R6A Chromatorac фирмы «Shimadzu» с применением метода внутренней нормализации.

Функциональные свойства БК определяли по методикам, изложенным в работе [11]. Органолептические показатели кисломолочного продукта определяли по ГОСТ Р 51331–99, микробиологические — по ГОСТ Р 51446–99 с использованием среды Кесслера, титруемую кислотность — по методу, изложенному в ГОСТ Р 51455–99.

Приготовление белково-жировой эмульсии. Эмульсию готовили по методике определения жироземлюлирующей способности БК с амарантовым маслом, взамен подсолнечного. Соотношение концентрата и масла по сухим веществам соответствовало соотношению компонентов в используемой методике. Количество воды в системе добавляли от 10 до 20 см³.

Статистическая обработка данных. Анализы проводились в 3–5 повторностях, результаты представляли как средние арифметические. Для определения достоверного интервала среднего арифметического результата использовали критерий Стьюдента на уровне значимости $p = 0,05$. Обработку результатов проводили с программами Statistica 6.0 и Mathematica 5.2.

3. Результаты и обсуждение

Результаты

Разработка кисломолочного продукта для питания престарелых и пожилых людей включала фракционирование амарантовой муки на белковый концентрат и жировой компонент, создание на их основе белково-жировой эмульсии, добавление эмульсии в молоко, заквашивание и получение йогуртного напитка.

3.1 Определение химического состава амарантовой муки

Анализ химического состава необезжиренной амарантовой муки (в процентах на сухое вещество) показал, что массовая доля белка в ней составляла 24,5 ± 0,5 %, жира — 17,3 ± 0,3 %, углеводов — 41,9 ± 0,4 %, золы — 5,6 ± 0,1 %. Мука содержала железо, калий и кальций в количестве 21,3; 65,0 и 43,5 мг/100 г, соответственно. После обезжиривания муки гексаном массовая доля белка в ней увеличилась до 37,8 %, доля жира составляла 0,3 %, золы — 6,2 %, углеводов — 55,7 % на сухое вещество.

3.2 Фракционирование амарантовой муки на белковый концентрат и липидный компонент

Из необезжиренной муки, взятой в количестве от 5 до 35 % от массы готового продукта, обезжиренного молока и закваски «Эвиталя» готовили кисломолочный продукт.

Сквашивание проводили в течение 12 ч при температуре 37 °С. После охлаждения продукт имел приятный запах и консистенцию, но неудовлетворительные — цвет и вкус, поэтому для получения более высоких показателей качества из амарантовой муки выделили белковый концентрат и липидный компонент. Липидный компонент выделяли экстрагированием в виде сырого жира и отделением его от белковой и углеводной части с помощью гексана. Данный подход заимствован из технологии переработки соевых бобов на соевое масло и белковые препараты [12]. Липиды экстрагировали в течение 4–6 ч в аппарате Сокслета с последующей отгонкой гексана на водяной бане и сушкой в эксикаторе под вакуумом. Анализ группового состава липидов показал, что основная их масса представлена триацилглицеринами, но в состав жира входили также полярные липиды (фосфатиды), стерины и их эфиры в сумме около 4% (Табл. 1). В состав липидов, наряду с полярными липидами, стеринами и их эфирами, входил сквален — полезный для здоровья компонент пищевого сырья [8]. Среди жирнокислотного состава амарантового масла преобладала незаменимая линолевая кислота (38,3%), в его состав входили ω-3 и ω-6 жирные кислоты (Табл. 2), присутствие которых соответствует требованиям науки о питании для людей пожилого возраста и с сердечно-сосудистыми заболеваниями [13]. Особенностью масла являлось относительно низкое содержание стеариновой кислоты, что положительно отражалось и на соотношении насыщенные: полиненасыщенные жирные кислоты — 1:1,6; по рекомендациям ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи это соотношение равняется 2:1 [8,13].

Для выделения белковых веществ из обезжиренной амарантовой муки, предварительно изучили их фракционный состав. Показано, что в сумме на долю альбуминов и глобулинов приходилось 42,9±0,8%, проламинов — 2,0±0,5% и глютелинов — 55,1±1,0% от общего количества белка. Следующим, для выделения концентрата белков с наибольшим выходом, целесообразно было бы применение раствора щелочи, так как в ней растворились бы все фракции. Для исключения денатурации белков в растворах щелочи [13] и получения безопасного амарантного БК дополнительно изучена их растворимость в кислой среде при pH=2,0 (0,05н HCl) и слабощелочной при pH=9,6 (0,05 н раствор Na₂CO₃). Установлено, что более всего белки растворялись в растворе карбоната натрия (рис. 1), поэтому далее его использовали для экстрагирования общей массы белков. Наиболее полное осаждение белков из раствора с pH=9,6 наблюдалось при pH=4,26, создаваемого в изоэлектрической точке добавлением 10%-ного раствора HCl (Рис. 2). Выпавшие белки промыли дважды водой, центрифугировали при 5000 g и высушивали лиофильным способом до влажности 5,0±0,5%. Выход белков составлял до 92% от общего его количества в растворе.

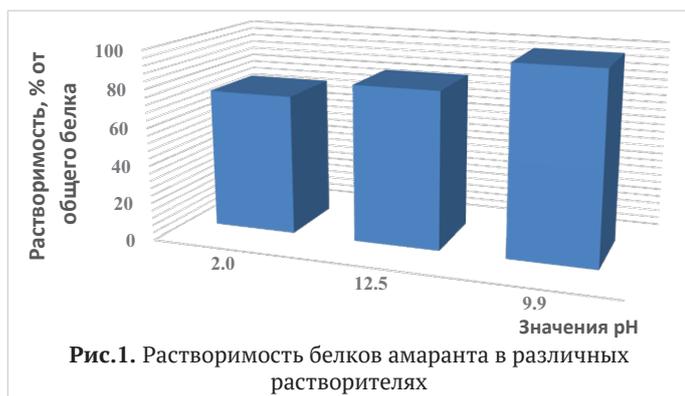


Рис. 1. Растворимость белков амаранта в различных растворителях

Таблица 1

Групповой состав липидов амарантовой муки

Группы липидов	Массовая доля, % от общей массы
Полярные липиды	3,61±0,29
Моноацилглицерин	0,40±0,05
Триацилглицерин	87,0±1,20
Свободные жирные кислоты	3,01±0,08
Стерины	2,00±0,12
Эфиры стерин	1,71±0,07
Сквален	2,34±0,06

Таблица 2

Жирнокислотный состав масла амарантовой муки

Жирная кислота (ЖК)	Индекс ЖК	Массовая доля, % от общего содержания
миристиновая	14:0	0,13
пентадекановая	15:0	0,05
пентадеценная	15:1	0,02
пальмитиновая	16:0	20,39
гексадеценная	16:1	0,04
пальмитолеиновая	16:1 9-цис	0,15
гексадекадиеновая	16:2	0,24
гексатриеновая	16:3	0,00
маргариновая	17:0	0,12
гептадеценная	17:1	0,03
изо-октадекановая	18:0i	0,07
стеариновая	18:0	4,07
олеиновая	18:1 9-цис	32,61
вакценовая	18:1	1,14
изо-октадекадиеновая	18:2i	0,23
Линолевая, ω-6	18:2	38,29
γ-линоленовая	18:3 ω-6	0,24
α-линоленовая	18:3 ω-3	0,69
арахиновая	20:0	0,79
гондоиновая	20:1	0,22
бегеновая	22:0	0,29
эруковая	22:1	0,18
сквален, %		0,96
ИТОГО:		100
Сумма кислот:		
насыщенные (Н)		25,91
мононенасыщенные (М)		34,39
полиненасыщенные (П)		39,69
Н: М: П		1: 1.33: 1.53



Рис. 2. Влияние pH на выход белка при осаждении

Таблица 3. Химический состав белкового концентрата

Массовая доля, % на сухое вещество				Мг/100 г		
Белок	Жир	Углеводы	Зола	Кальций	Железо	Калий
71,7±0,33	0,3±0,08	25,7±1,02	2,4±0,60	4,34±0,40	17,97±1,03	202,60±3,04

3.3 Определение химического состава и функциональных свойств БК

Анализ химического состава показал, что по массовой доле белка продукт относился к группе «Концентраты» (Табл. 3). Наряду с белками, углеводами и незначительным количеством жира, концентрат содержал и минеральные элементы, среди которых присутствовали кальций, железо и калий в количестве 9,5% от общей массы золы. Исходя из содержания незаменимых аминокислот, БК являлся биологически ценным продуктом, включая лизин, треонин, изолейцин (Табл. 4 и Табл. 5), т. е. тех аминокислот, которые являются лимитирующими для большинства зерновых культур [13]. Следовательно, его использование не могло понизить значения общего сора белков молочного напитка и применение его при разработке новой рецептуры было целесообразно.

БК обладал всеми основными функциональными свойствами, в том числе способностью связывать, эмульгировать жир и стабилизировать водно-жировую эмульсию (Табл. 6). Исходя из этого, на основе БК и масла, экстрагированного из муки амаранта, готовили водно-жировую эмульсию с последующим добавлением ее в молоко.

Таблица 4
Аминокислотный состав БК

Аминокислоты	мг/г сухого препарата
Asp	68,18
Thr	27,57
Ser	38,72
Glu	128,25
Pro	33,30
Gly	39,91
Ala	31,30
Cys	0,09
Met	13,73
Ile	33,24
Leu	54,28
Tyr	33,05
Phe	42,77
Lys	38,51
His	22,27
Arg	75,77
Сумма (мкг)	716,98

Таблица 5
Содержание незаменимых аминокислот в БК

Thr	Cys + Met	Ile	Leu	Phe + Tyr	Lys
г/100 г белка					
3,85	4,02	4,63	7,57	10,57	5,50
Скор, %					
97	115	115	108	176	100

Таблица 6
Функциональные свойства БК

№ п/п	Функциональное свойство	Значение показателя
1	Водосвязывающая способность, %	75±1,0
2	Пенообразующая способность, %	200±1,5
3	Стабильность пены, %	65±1,2
4	Жирсвязывающая способность, %	64±2,0
5	Жироэмульгирующая способность, %	57±0,5
6	Стабильность эмульсии, %	54±1,0
7	Растворимость, %	46±0,9

3.4 Приготовление белково-жировой эмульсии

Эмульсию, состоящую из амарантового масла, БК и молока для кисломолочного продукта готовили двумя способами при 3-х различных соотношениях компонентов (Табл. 7). В составе эмульсии в обоих способах использовали молоко в количестве 5–10% от общего его количества в готовом продукте. По первому способу к эмульсии, приготовленной при 6000 мин⁻¹ в течение 5 минут, добавляли оставшуюся часть молока и закваску.

Сквашивание продукта проводили при 37 °С в течение 12 ч. По второму способу, после добавления к эмульсии все-

го количества молока, систему еще гомогенизировали при 2500 мин⁻¹ в течение 3 минут. Густота и стабильность эмульсии соответствовали требованиям, если использовали способ № 2. С помощью микроскопа установлено, что жировой компонент амаранта, эмульгированный белками концентрата, относительно равномерно распределялся по всей массе эмульсии (Рис. 3). Картина распределения капелек жира соотносилась с аналогичной структурой молока, что положительно отражалось на органолептической и физико-химической характеристике агрегированного сгустка молочных-растительных компонентов.

Таблица 7
Влияние соотношения компонентов и способа приготовления эмульсии на ее качество

№ п/п	Соотношение БК: масло: молоко	Стабильность эмульсии, %	Густота эмульсии, баллы
Способ № 1			
1	2,2:2,7:10	10 ± 1,0	0,5
2	2,2:2,7:15	50 ± 1,5	2,5
3	2,2:2,7:20	80 ± 2,0	5,0
Способ № 2			
4	2,2:2,7:20	96 ± 1,0	5,0

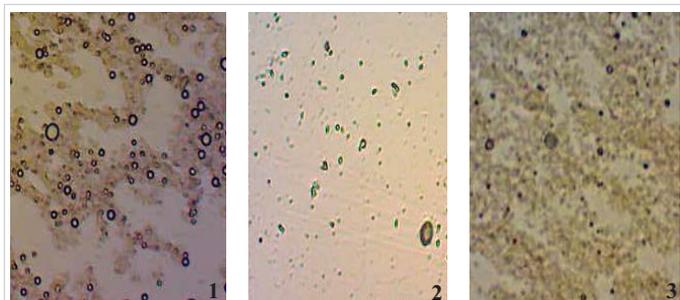


Рис. 3. Микрофотографии: 1 – эмульсия; 2 – молоко; 3 – молочный напиток (разрешение × 120)

3.5 Показатели качества и пищевой ценности кисломолочного продукта

На основании данных разработана рецептура кисломолочного продукта с БК и липидным компонентом амарантовой муки. По органолептическим и физико-химическим показателям продукт отвечал установленным требованиям, как на момент изготовления, так и на конец срока годности (Табл. 8). Продукт содержал на 78% больше полноценного белка, чем в обычный кисломолочный продукт, обогащен биологически эффективными липидами с ненасыщенными жирными кислотами, включая линолевую кислоту, а также сквален, кальций, железо, калий. Количество последних превышало их массу в обычном кисломолочном йогурте на 30 и более процентов.

Таким образом, продукт, содержащий масло и БК из амаранта, наряду с присутствием пробиотиков, имел в своем составе более высокое количество полезных для организма функциональных ингредиентов, чем йогурт массового назначения, поэтому его можно рекомендовать для питания людей престарелого и пожилого возраста.

Таблица 8

**Показатели качества и пищевой ценности
кисломолочного продукта**

№ п/п	Наименование показателя	Характеристика
Органолептические показатели		
1	Внешний вид и консистенция	Консистенция однородная, в меру вязкая
2	Вкус и запах	Кисломолочный, без постороннего запаха, с привкусом зерна
3	Цвет	Молочно-белый цвет, равномерный по всей массе
Физико-химические показатели		
4	Титруемая кислотность, град.: на момент изготовления на конец срока годности	80 ± 0,5 85 ± 0,5
5	Активная кислотность, рН: на момент изготовления на конец срока годности	4,92 ± 0,04 5,02 ± 0,05
Микробиологические показатели		
6	КФАМ, КОЕ/см ³ не менее	2 × 10 ⁷
7	Плесени, КОЕ/см ³	Не обнаружено
8	Дрожжи, КОЕ/см ³	5 ± 1,0
Пищевая и энергетическая ценность продукта, на 100 г		
9	Массовая доля белка, г	5,0 ± 0,10
10	Массовая доля жира, г	3,2 ± 0,08
11	Массовая доля углеводов, г	2,8 ± 0,05
12	Массовая доля сквалена, мг	0,96 ± 0,05
13	Массовая доля кальция, мг	121,5 ± 5,10
14	Массовая доля калия, мг	183,0 ± 3,20
15	Массовая доля железа, мг	2,1 ± 0,07
16	Энергетическая ценность, ккал	95,0 ± 2,0

Обсуждение

Несмотря на то, что молоко и молочные продукты являются важнейшим источником пищевых компонентов [7], обогащение их биологически ценными и эффективными веществами является одной из задач науки о питании и пищи [1,13]. Для разработки обогащенных продуктов сегодня все чаще используются нетрадиционные сырьевые источники, к которым относится и растение амарант [14,15,16,17,18]. Белок концентрата по биологической ценности приближался к «идеальному» белку, так как для лимитированных у большинства зерновых культур аминокислот (лизин, треонин) скор равнялся почти 100% в отличие, например, от углеводно-белковой добавки, используемой в производстве хлеба [19]. Отличительной особенностью белков концентрата явился и их фракционный состав, представленный альбуминами, глобулинами, глютелинами. Практически полное отсутствие спирторастворимой фракции (2%), с которой, обычно, связывают непереносимость «глютена» некоторых зерновых культур [19], обеспечивает возможность использовать кисломолочный продукт в питании не только людей престарелого и пожилого возраста, но и для лиц, страдающих генетически обусловленной болезнью — целиакией [20]. БК из амаранта содержал и ценные минеральные вещества, необходимые организму любого возраста для кроветворения (железо), функционирования костномышечной (кальций) и сердечно-сосудистой (калий) систем [4].

В питании престарелых и пожилых людей, наряду с белками, важную роль играют вещества липидной природы [1]. Групповой состав их, наряду с триацилглицеринами (87%), включал фосфатиды, стерины и их эфиры в количестве около

4%, а также ω-3, ω-6 жирные кислоты и сквален в количестве 0,1% к общей массе липидов. Последний, как известно, является предшественником синтеза веществ стероидной природы (холестерина, витамина Д, гормонов и т. д. [21]. За счет низкого содержания стеариновой кислоты (4,07%), соотношение полиненасыщенные: насыщенные жирные кислоты, равное 1,6:1,0 в выделенном нами масле амаранта, приближалось к рекомендуемому значению наукой о питании — 2:1 [13].

Значительная часть работ, как у нас в стране, так и за рубежом, посвящена применению продуктов из амаранта в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий [22,23,24,25]. Меньше разработок известно для молочных напитков и продуктов, в которых часть молочной основы заменена на растительные компоненты. Например, разработан концентрат из семян амаранта, предназначенный для производства амарантовых сливок для лиц с повышенной чувствительностью к белкам молока [26]. В отличие от других авторов [27,28,29,30], которые разработали напитки, нами учтены не только описанные выше особенности биохимического состава и пищевой ценности амаранта, но и функциональные свойства его белков. Предположили, что полипептиды будут участвовать в образовании агрегированных растительно-молочных комплексов и выступать в качестве эмульгаторов биологически эффективного масла амаранта. БК и жировой компонент должны были придавать молочному продукту не только повышенную пищевую ценность, но одновременно выступать в роли технологических ингредиентов эмульсионной растительно-молочной системы. С учетом высокой способности БК эмульгировать жир из амаранта и стабилизировать водно-жировую эмульсию, разработанная рецептура кисломолочного продукта обеспечивала равномерное распределение компонентов в системе обезжиренного молока. Микроструктура кисломолочного продукта приближалась к микроструктуре и картине распределения нативных компонентов в исходном молоке. Важно заметить, что белковые продукты, выделенные из амаранта другими авторами [31] с использованием щелочи, не обладали высокими жироэмульгирующими и пенообразующими свойствами, что делает перспективным использование БК, полученного нами по биотехнологическому способу [32], в других напитках и продуктах, так как их рынок заполнен всего на 10–15% и, преимущественно, продуктами из сои.

Выводы

Амарантовая мука как источник полноценного белка, биологически эффективного жира, микро- и макроэлементов (кальций, железо, калий) подвергнута фракционированию на БК и липидный компонент с последующим созданием на эмульсионной основе кисломолочного продукта (йогурта) геронтологического назначения. Кисломолочный продукт имел повышенную пищевую и биологическую ценность, содержал биологически эффективный растительный жир с преобладанием ненасыщенных жирных кислот, включая линолевую кислоту, фосфатиды, сквален, минеральные вещества (кальций, железо, калий) и на 70–80% больше полноценного белка, чем в обычный кисломолочный продукт. Разработанная рецептура кисломолочного продукта, предназначенная для лиц пожилого и престарелого возраста, с использованием обезжиренного молока и белково-жировой эмульсии из компонентов фракционирования амарантовой муки с учетом функциональных свойств БК обеспечивала технологические показатели и показатели безопасности, отвечающие соответствующим требованиям на данный вид продукта.

1. Introduction

It is known that through the certain complex of food products carried biochemical control of the internal environment of the organism, which determines its vital activity [1]. Features of nutrition affect processes of energy generation in the cell, protein biosynthesis, structure, functions of cell membranes, neurohumoral regulation, immunity, etc. Rational nutrition is considered as a means of active therapeutic and prophylactic effects on the human body, which reduces the risk of developing pathologies and prevents premature aging [2]. Using information about effect of food on the state of health, it is possible to reduce morbidity, increase the body's resistance to unfavorable environmental factors and increase life expectancy. The science of gerontology, which studies the mechanisms of aging and the physiological characteristics of the organism, is actively developing, as in elderly and advanced age people -related degradation of alimentary-dependent and alimentary-influencing functions of the organism, including immune ones, is observed [3]. One way to maintain health in order to ensure the working capacity and prolong the life of such a group of people is to create food products with a certain content of food and biologically valuable components (proteins, lipids, minerals, etc.) [3,4] obtained by preserving or modification of the properties of the original agricultural raw materials.

The population is characterized by a somewhat excessive caloric content of the diet, an increase in the proportion of animal protein (61–67% from total protein), a high fat level with saturated fatty acids (36–37% in caloric content), a lack of vitamins and minerals [5,6]. Such type of nutrition creates conditions for excessive body weight, hypertension, atherosclerosis, diabetes, loss of immunity. Taking into account the fact that dairy products are useful products for the population of the country [7, 8], the aim of this work was the development of technological solutions for the development of fermented dairy beverage with gerontological purpose, containing the products of fractionation of amaranth flour with relevant indicators of quality, nutritional and biological value.

2. Materials and methods

2.1 Materials

The objects of research were amaranth flour, produced from grain of the grade «Ultra» (TU 9293–051–00932169–03) on the equipment of the All-Union Research Institute of Grain and Products in its Processing, milk with a mass fraction of fat of 0.5%, protein – 2.8% (GOST R52090), leaven «Evitaliya» with a complex of probiotics microorganisms – *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Propionibacterium freudenreichii subsp. Shermanii* (TC9229–001–772700339420–2007). All chemical reagents were chemically clean.

2.2 Methods

The mass fraction of moisture in the amaranth flour was determined at 100–105 °C according to GOST 9404–88 [23], the mass fraction of the protein according to Kjeldahl is GOST 10841–91, the fat in the Soxhlet apparatus with hexane is GOST 27670–88 [24], the mass fraction of ash – according to GOST 27494–87. The mass fraction of potassium, calcium and iron was determined by the method of flame absorption in an air-acetylene flame on a equipment made by firm «Hitachi» (Japan), model 180–80 with correction of background absorption by Zeeman polarization of spectra [9].

The fractional composition of the flour proteins was investigated by sequential extraction of the sample with distilled water, 0.5 mol / dm³ NaCl solution, 70% C₂H₅OH and 0.05N NaOH solu-

tion. 1 g of a sample weighed to within ± 0.0001 g was placed in a centrifuge tube, 10 cm³ of distilled water was added, shaken for 1 hour and centrifuged for 20 minutes at 5000 g. The centrifuge was drained, 10 cm³ of 0.5 N NaCl was added to the precipitate, shaken for 1 hour and centrifuged again. Centrifuges are taken as albumins and globulins, respectively.

20 cm³ of 70% C₂H₅OH was added to the precipitate, shaken at 180–200 rpm for 1 hour and left overnight. The next day the sample was again shaken for 30 minutes and centrifuged under the same conditions. The prolamine solution was drained, 20 cm³ of 0.05 mol / dm³ NaOH was added to the precipitate, shaken for 1 hour. The suspension was centrifuged, the centrifugate containing NaOH soluble proteins was taken for soluble glutelins, and the precipitate for insoluble proteins. The protein in the fractions was determined by Kjeldahl and expressed as a percentage of the total protein in the sample.

Quantitative amino acid analysis of amaranth protein concentrate (PC) is performed on a liquid chromatograph model L-8800 from the firm «Hitachi» (Japan) in the standard mode of analysis of hydrolysates [10]. For acid hydrolysis of samples, a sample of 3–5 mg was placed in a glass ampoule and 300 µl of a freshly prepared mixture of concentrated HCl and CF₃COOH in a ratio of 2:1 with the addition of 0.1% β-mercaptoethanol was added. The sample was frozen, placed in liquid nitrogen, evacuated and melted. Hydrolysis was carried out at 155 °C for 1 hour. At the end of the hydrolysis, the contents were quantitatively transferred to a plastic test-tube (Eppendorf, Germany) and the hydrolysing mixture was removed until dry on Centri Vap Concentrator Labconco (US). To the dry residue was added 0.1 N hydrochloric acid. HCl, centrifuged for 5 minutes at 5000g on a Microfuge 22R centrifuge (Beckman-Coulter, US), diluted depending on the protein content of the sample, and the solution was added to the analyzer.

The group composition of amaranth flour lipids was determined by TLC on «Silufol» plates [9]. Chromatograms were shown in the solvent system hexane: diethyl ether: acetic acid – 80:30:1.5. The amount of lipids was determined by the densitometric method on the «Chromoscan 200» device. Calculation of the number of lipid groups was carried out by the method of internal normalization.

The fatty acid composition of lipids of amaranth flour was determined by the method separation of methyl esters of fatty acids by gas capillary chromatography [9]. Lipids were isolated by extraction with hexane. Methyl esters of fatty acids were dissolved in 0.2 cm³ of hexane and analyzed on a chromatograph of the brand Carlo Erba Strumentazione (HRGC5300 Mega Series, Italy) with a column of the brand Chronrapack Capillary column-test Reporp CP 7420, carrier gas – nitrogen. The quantitative composition of fatty acids was determined on the integrator C-R6A Chromatopac of the company «Shimadzu» using the internal normalization method

The functional properties of the PC were determined by the methods worked out in [11]. Organoleptic parameters of the fermented milk product were studied in accordance with GOST R51331–99, microbiological – according to GOST R51446–99 using Kessler medium, titratable acidity – according to the method stated in GOST 51455–99.

Preparation of protein-fat emulsion. The emulsion was prepared according to the procedure for determining the fat-emulsifying ability of BC with amaranth oil, in place of sunflower oil. The ratio of concentrate and oil to dry matter corresponded to the ratio of the components in the method used. The amount of water in the system was introduced from 10 to 20 cm³.

Statistical processing of data. Analyzes were carried out in 3–5 replicates, the results were represented as arithmetic means. To determine the confidence interval of the average

arithmetic result, the Student's test was used at the significance level $p = 0.05$. The results were processed with the programs Statistica 6.0 and Mathematica 5.2.

3. Results and discussion

Results

The development of a fermented dairy product for elderly and advanced people included the fractionation of amaranth flour to produce a protein concentrate and fat component, the creation of a protein-fat emulsion on their basis, the addition of an emulsion to milk, fermentation and the production of a yogurt drink.

3.1 Determination of the chemical composition of amaranth flour

Analysis of the chemical composition of non-defatted amaranth flour showed that the mass fraction of protein in it was $24.5 \pm 0.5\%$, fat — $17.3 \pm 0.3\%$, carbohydrates — $41.9 \pm 0.4\%$, ash — $5.6 \pm 0.1\%$, as a percentage of dry matter. The flour contained iron, potassium and calcium in an amount of 21.3, 65.0 and 43.5 mg / 100 g, respectively. After defatting the flour with hexane, the mass fraction of protein in it increased to 37.8%, the fat content was 0.3%, the ash — 6.2%, carbohydrates — 55.7% for dry matter.

3.2 Fractionation of amaranth flour into protein concentrate and lipid component

From defatted flour, taken in an amount of 5 to 35% from the weight of the final product, skimmed milk and the leaven «Evitalia», was prepared fermented dairy product. The kneading was carried out for 12 hours at 37 °C. After cooling, the product had a pleasant smell and consistency, but unsatisfactory color and taste, so the protein concentrate and lipid component were isolated from amaranth flour to obtain higher quality values. The lipid component was isolated by extracting as raw fat and separating it from the protein and carbohydrate portion by hexane. This approach is borrowed from the technology of processing soybeans for soybean oil and protein preparations [12]. The lipids were extracted for 4 to 6 hours in a Soxhlet apparatus, followed by stripping the hexane in a water bath and drying in a desiccator under vacuum. Analysis of the group composition of lipids showed that their bulk was represented by triacylglycerols, but the fat also included polar lipids (phosphatides), sterols and their esters in the amount of about 4% (Table 1). The composition of lipids, along with polar lipids, sterols and their ethers, included squalene, a useful component of food raw materials for health [8]. Among the fatty acid composition of amaranth oil, predominantly non-replaceable linoleic acid (38.3%), it included ω -3 and ω -6 fatty acids (Table 2), the presence of which meets the requirements of the science of nutrition for the elderly and with cardiovascular diseases [13].

Table 1

Group composition of lipids of amaranth flour

Lipid groups	Mass fraction,% of total mass
Polar lipids	3.61 ± 0.29
Monoacylglycerols	0.40 ± 0.05
Triacylglycerols	87.0 ± 1.20
Free fatty acids	3.01 ± 0.08
Sterols	2.00 ± 0.12
Esters of sterols	1.71 ± 0.07
Squalene	2.34 ± 0.06

Table 2

Fatty acid composition of amaranth flour oil

Fatty acid (FA)	Index of FA	Mass fraction,% of total content
myristic	14:0	0.13
pentadecanoic	15:0	0.05
pentadecenic	15:1	0.02
palmitic	16:0	20.39
hexadecenic	16:1	0.04
palmitoleic	16:1 9-cys	0.15
hexadecadienic	16:2	0.24
hexatriene	16:3	0.00
margaric	17:0	0.12
heptadecenoic	17:1	0.03
iso-octadecanoic	18:0i	0.07
stearic	18:0	4.07
oleic	18:1 9-cys	32.61
vaccenic	18:1	1.14
iso-octadecadienoic	18:2i	0.23
linoleic, ω -6	18:2	38.29
γ -linolenic	18:3 ω -6	0.24
α -linolenic	18:3 ω -3	0.69
arachic	20:0	0.79
goidic	20:1	0.22
behenic	22:0	0.29
erucic	22:1	0.18
squalene,%		0.96
TOTAL:		100
Sum of acids:		
saturated (S)		25.91
monounsaturated (M)		34.39
polyunsaturated (P) (II)		39.69
S: M: P		1:1.33:1.53

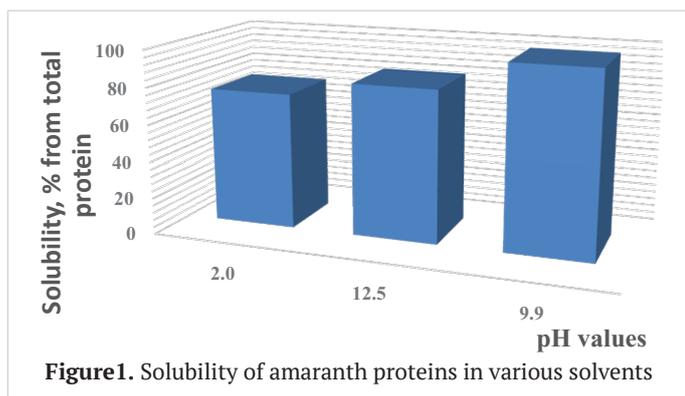


Figure 1. Solubility of amaranth proteins in various solvents

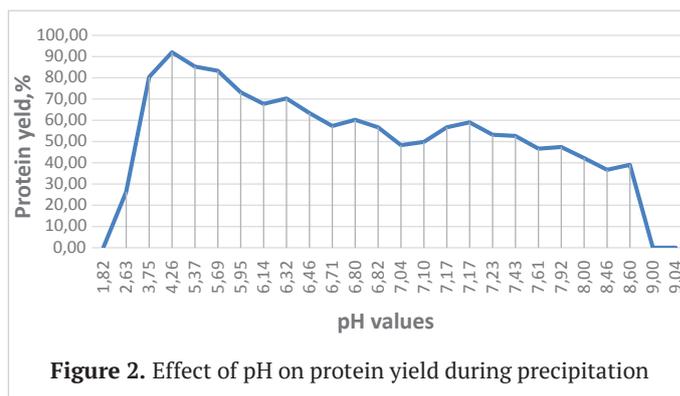


Figure 2. Effect of pH on protein yield during precipitation

The peculiarity of the oil was a relatively low content of stearic acid, which was also reflected in the saturated ratio: polyunsaturated fatty acids — 1:1.6; according to FICC recommendations, biotechnology and food safety this ratio is equal to 2:1 [8,13].

To isolate protein substances from defatted amaranth flour, we first studied their fractional composition. It is shown that, in total, the share of albumins and globulins accounted for $42.9 \pm 0.8\%$, prolamins- $2.0 \pm 0.5\%$ and glutelins — $55.1 \pm 1.0\%$ of the total protein. Consequently, to isolate the protein concentrate with the greatest yield, it would be expedient to use an alkali solution, since all the fractions would have dissolved in it. To eliminate denaturation of proteins in alkali solutions [13] and to obtain a safe amaranth BC, their solubility in acidic medium at $\text{pH} = 2$ (0.05N HCl) and slightly alkaline $\text{pH} = 9.6$ (0.05 n Na_2CO_3 solution) was additionally studied. It was found that most of all the proteins were dissolved in a solution of sodium carbonate (Figure 1), therefore it was further used to extract the total mass of proteins. The most complete precipitation of proteins from the solution ($\text{pH} = 9.6$) was observed at $\text{pH} = 4.26$, created at the isoelectric point by the addition of a 10% solution of HCl (Figure 2). The precipitated proteins were washed twice with water, centrifuged at 5000g and dried in a lyophilic manner to a moisture content of $5.0 \pm 0.5\%$. The yield of proteins was up to 92%, of the total amount in solution.

3.3 Determination of the chemical composition and functional properties of the BC

Analysis of the chemical composition showed that the product was classified as «Concentrates» by the mass fraction of protein (Table 3). Along with proteins, carbohydrates and a small amount of fat, the concentrate also contained mineral elements, among which calcium, iron and potassium were present in an

amount of 9.5% of the total mass of ash. Proceeding from the content of irreplaceable amino acids, PC was a biologically valuable product, including lysine, threonine, isoleucine (Table 4 and Table 5), i.e. those amino acids that are limiting for most cereals [13].

Consequently, its use could not reduce the values of the general speed of proteins of the milk drink and its use in the development of a new formulation was appropriate.

PC had all the basic functional properties, including the ability to bind, emulsify fat and stabilize the water-fat emulsion (Table 6). Proceeding from this, based on PC and oil, extracted from amaranth flour, a water-fat emulsion was prepared and then added to milk.

3.4 Preparation of protein-fat emulsion

An emulsion consisting of amaranth oil, PC and milk for the fermented dairy product was prepared in two ways with 3 different ratio of components (Table 7). In the emulsion, both methods used milk in an amount of 5–10% of the total amount in the finished product. According to the first method, an emulsion prepared at 6000. The product was quenched at 37°C for 12 hours. On the second min-1 within 5 minutes, the rest of the milk and the ferment were added, after the addition of all the milk to the emulsion, the system was still homogenized at 2500 rpm for 3 minutes. Density and stability of the emulsion corresponded to requirements if method No. 2 was used.

Using a microscope, it was established that the fat component of amaranth emulsified with concentrate proteins was relatively evenly distributed throughout the emulsion mass (Figure 3). Distribution picture the droplets of fat correlated with the similar structure of milk, which positively reflected on the organoleptic and physicochemical characteristics of the aggregated clot of milk and vegetable components.

Table 3

Chemical composition of protein concentrate

Mass fraction,% on dry substance				Mg/100 g		
Protein	Fat	Carbohydrates	Ash	Calcium	Iron	Potassium
71.7 ± 0.33	0.3 ± 0.08	25.7 ± 1.02	2.4 ± 0.60	4.34 ± 0.40	17.97 ± 1.03	202.60 ± 3.04

Table 4
Aminoacid profile of PC

Amino acids	mg/g of dry preparation
Asp	68.18
Thr	27.57
Ser	38.72
Glu	128.25
Pro	33.30
Gly	39.91
Ala	31.30
Cys	0.09
Met	13.73
Ile	33.24
Leu	54.28
Tyr	33.05
Phe	42.77
Lys	38.51
His	22.27
Arg	75.77
Sum (mcg)	716.98

Table 5
Content of of irreplaceable amino acids in PC

Thr	Cys+Met	Ile	Leu	Phe+Tyr	Lys
г/100 г белка					
3.85	4.02	4.63	7.57	10.57	5.50
Скор, %					
97	115	115	108	176	100

Table 6
Functional properties of PC

Nº	Functional property	Parameter value
1	Water binding ability, %	75 ± 1.0
2	Foaming ability, %	200 ± 1.5
3	Foaming stability, %	65 ± 1.2
4	Fat binding ability, %	64 ± 2.0
5	Fat emulsifying ability, %	57 ± 0.5
6	Stability of emulsion, %	54 ± 1.0
7	Solubility, %	46 ± 0.9

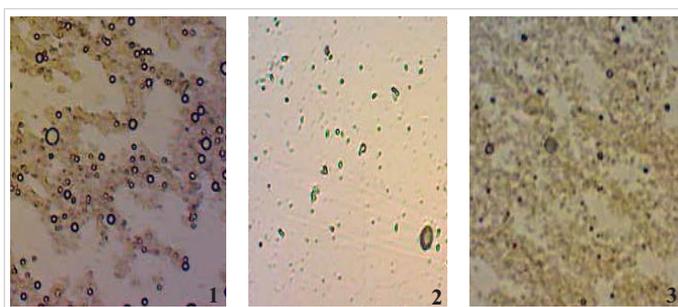


Figure 3. Micrographs: 1— emulsion; 2 — milk; 3 — dairy beverage (resolution $\times 120$)

Table 7
Influence of the ratio of components and method of preparation of an emulsion on its quality

Nº	Ratio PC: fat: milk	Stability of emulsion,%	Density of the emulsion, points
Method № 1			
1	2.2:2.7:10	10 ± 1.0	0.5
2	2.2:2.7:15	50 ± 1.5	2.5
3	2.2:2.7:20	80 ± 2.0	5.0
Method № 2			
4	2.2:2.7:20	96 ± 1.0	5.0

3.5 Indicators of quality and nutritional value of a fermented milk product

Based on the data, the formulation of the fermented milk product with BC and the lipid component of amaranth flour was developed. According to the organoleptic and physicochemical parameters, the product met the established requirements, both at the time of manufacture and at the end of the shelf life (Table 8). The product contained 78% more complete protein than a normal fermented dairy product, it is enriched with biologically effective lipids with unsaturated fatty acids, including linoleic acid, as well as squalene, calcium, iron, potassium. The amount of the latter exceeded their mass in ordinary fermented yoghurt by 30% or more.

Table 8

Indicators of quality and nutritional value of a fermented milk product

Nº	Indicator name	Characteristic
Organoleptic indicators		
1	Appearance and texture	Texture is homogeneous, moderately viscous
2	Taste and smell	Sour-milky, without foreign smell, with a grain taste
3	Color	Milky-white, uniform throughout the mass
Physical – chemical indicators		
4	Titrated acidity, degree: at the time of manufacture at the end of the expiry date	80 ± 0.5
		85 ± 0.5
5	Active acidity, pH: at the time of manufacture at the end of the expiry date	4.92 ± 0.04
		5.02 ± 0.05
Microbiological indicators		
6	Total count, CFU /sm ³ not less	2 × 10 ⁷
7	Molds, CFU /sm ³	Not found
8	Yeasts, CFU /sm ³	5 ± 1.0
Nutritional and energy value of product, on 100 g		
9	Mass fraction of protein, g	5.0 ± 0.10
10	Mass fraction of fat, g	3.2 ± 0.08
11	Mass fraction of carbohydrates, g	2.8 ± 0.05
12	Mass fraction of squalene, mg	0.96 ± 0.05
13	Mass fraction of calcium, mg	121.5 ± 5.10
14	Mass fraction of potassium, mg	183.0 ± 3.20
15	Mass fraction of iron, mg	2.1 ± 0.07
16	Energy value, kcal	95.0 ± 2.0

Thus, the product containing butter and amaranth PC, along with probiotics, had in its composition more functional ingredients for the body than yogurt for mass use, so it can be recommended for nutrition of people of the elderly and advanced.

Discussion

Despite the fact that milk and dairy products are the most important source of food components [7], enriching them with biologically valuable and effective substances is one of the tasks of the science of nutrition and food [1,13]. To develop enriched products today more and more traditional radio sources are used, including amaranth [14,15,16,17,18]. The protein from the concentrate by biological value approximated to «ideal» protein, since for the amino acids (lysine, threonine) that were limited in most crops, it was almost 100% faster than, for example, from the carbohydrate protein supplement used in the production of bread [19]. A distinctive feature of the concentrate proteins was their fractional composition, represented by albumins, globulins, glutelins. Almost complete absence of alcohol-fractionate fraction (2%), which is usually associated with the intolerance of «gluten» of some cereals

[19], makes it possible to use a sour milk product in the diet of not only elderly people, but also for people suffering from genetically determined disease – celiac disease [20]. PC from amaranth contained valuable minerals necessary for human organism at any age for hematopoiesis (iron), functioning of bone-muscular (calcium) and cardiovascular (potassium) systems [4].

In nutrition of the elderly and the advanced people, along with proteins, an important role is played by substances of lipid nature [1]. Their group composition, along with triacylglycerols (87%), included phosphatides, sterols and their esters in an amount of about 4%, as well as ω-3, ω-6 fatty acids and squalene in an amount of 0.1% of the total weight of lipids. The latter, as is known, is the precursor of the synthesis of substances of steroid nature (cholesterol, vitamin D, hormones, etc.) [21]. Due to the low content of stearic acid (4.07%), the ratio of polyunsaturated: saturated fatty acids, equal to 1, 6: 1.0 in the amaranth oil we isolated, was approaching the recommended value by the science of nutrition – 2:1 [13].

A significant part of the work, both in our country and abroad, is devoted to the use of amaranth products in the production of bakery and confectionery products [22,23,24,25]. Less development is known for dairy beverages and products in which a part of the dairy base is replaced with plant components. For example, a concentrate of amaranth seeds was developed, intended for the production of amaranth cream for individuals with increased sensitivity to milk proteins. [26] Unlike other authors [27,28,29,30] who developed beverages, we took into account not only the characteristics of the biochemical composition described above and food value of the amaranth, but also the functional properties of its proteins. It was suggested that the polypeptides will participate in the formation of aggregated plant and milk complexes and act as emulsifiers for the biologically effective amaranth oil. PC and fat component should not only give the dairy product increased nutritional value, but also act as technological ingredients in the emulsion plant and milk system. Given the high ability of PC to emulsify fat from amaranth and stabilize the water-fat emulsion, the developed formulation of the fermented milk product provided a uniform distribution of components in the skimmed milk system. The microstructure of the fermented dairy product approximated to the microstructure and the distribution pattern of the native components in the original milk. It is important to note that the protein products isolated from amaranth by other authors [31] using bile did not have high fat-emulsifying and foaming properties, which makes promising the use of PK, obtained by us in the biotechnological way [32], in other beverages and foods, since their the market is filled only by 10–15% and, mainly, products from soy.

Conclusion

Amaranth flour as a source of high-grade protein, biologically effective fat, micro- and macro elements (calcium, iron, potassium) is subjected to fractionation on the PC and lipid component, followed by the creation on the emulsion basis of a sour-milk product (yogurt) of gerontological purpose. The dairy product had an increased nutritional and biological value, contained biologically effective vegetable fat with a predominance of unsaturated fatty acids, including linoleic acid, phosphatides, squalene, minerals (calcium, iron, potassium) and 70–80% more complete protein than usual fermented dairy product. The developed recipe for a fermented product intended for elderly and advanced people, using skimmed milk and a protein-fat emulsion from components for fractionating amaranth flour, taking into account the functional properties of the PC, provided technological indicators and safety indicators that meet the relevant requirements for this type of product.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мартинчик, А.Н., Маев, И.В., Петухов, А.В. (2002). Питание человека (основы нутрициологии). М, ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ.— 572 с. ISBN 5-89004-166-5.
2. Тутельян, В.А., Вялков, А.Н., Разумов, В.И., Москаленко, К.А., Оди-нец, А.Г., Сбежнева, В.Г., Сергеев, В.Н. (2010). Научные основы здоро-вого питания. М, Панорама.— 839 с. ISBN 978-5-86472-224-4.
3. Юдина, С.В. (2009). Технология геронтологического питания. М, ДеЛи принт.— 228 с. ISBN 978-5-94343-201-9.
4. Спиричев, В.Б., Шатнюк, Л.Н., Позняковский, В.М. (2004). Обога-щение пищевых прдуктов витаминами и минеральными веществ-ами. Наука и технология. Новосибирск, Сиб. универ. изд.— 548 с. ISBN 5-94087-043-0.
5. Коденцова, В.М., Вржесинская, О.А., Рисник, Д.В., Никитюк, Д.Б., Ту-тельян, В.А. (2017). Обеспечение населения России микронутри-ентами и возможности ее коррекции. Состояние. Проблемы. *Вопро-сы питания*, 86 (4), 113–124.
6. Погожева, А.В., Батурич, А.К. (2017). Правильное питание — фунда-мент здоровья и долголетия. *Пищевая промышленность*, 10, 58–61.
7. Тихомирова, Н.А. (2010). Технология продуктов лечебно-профиллак-тического назначения на молочной основе. СПб, Троицкий мост.— 448 с. ISBN 978-5-904406-05-9.
8. Мартинчик, А.Н., Батурич, А.К., Пескова, Е.В., Кешабянц, Э.Э., Ми-хайлов, Н.А. (2016). Потребление йогурта и снижение риска избы-точной массы тела и ожирения среди взрослого населения. *Вопросы питания*, 85 (1), 56–65.
9. 9. Руководство по методам анализа качества и безопасности пище-вых продуктов. Под ред. И.М. Скурихина, В.А.Тутельяна (1998). М, Брандес. Медицина.— 342 с. ISBN 5-89836-003-4.
10. 10. Tsugita, A., Scheffler, J. — J. (1982). A rapid method for acid hydrolysis of protein with a mixture of trifluoroacetic acid and hydrochloric acid. *European Journal of Biochemistry*, 124(3), 585–588.
11. Kolpakova, V.V., Chumikina, L.V., Arabova, L. I., Lukin, D.N. Topunov, A.F., Titov, E. I. (2016). Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten. *Food and Raw Materials*, 4(2), 48–57.
12. Лусас, Э., Ки Чун, Ри. (1998). Производство и использование соевых белков. В кн. «Руководство по переработке и использованию сои». Пер. под ред. Ключкина В.В. и Доморощенковой М.Л. М, Колос.— 56 с. ISBN 15-10-003519-6.
13. Нецаев, А.П., Траубенберг, С.Е., Кочеткова, А.А., Колпакова, В.В., Ви-тол, И.С., Кобелева, И.С. (2015). Пищевая химия. СПб, Гиорд.— 642 с. ISBN 97-5-98879-196-6.
14. Высочина, Г.И. (2013). Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы использования (обзор). *Химия растительного сырья*, 2, 5–14.
15. Смирнов, С.О., Урубков, С.О., Дронов, А.С. (2015). Научно-практиче-ские основы комплексной переработки зерна амаранта. *Хранение и переработка зерна*, 2 (191), 39–43.
16. Гинс, М.С., Гинс, В.К., Пивоваров, В.Ф., Торрес Миньо, К.Х., Кононков, П.Ф. (2015). Функциональные продукты питания из семян и листьев амаранта, М, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощ-ных культур.— 96 с. ISBN 978-5-901695-64-7.
17. Salcedo-Chávez, B., Osuna-Castro, J. A., Guevara-Lara, F., Domínguez-Domínguez, J., Paredes-López, O. (2002). Optimization of the isoelectric precipitation method to obtain protein isolates from Amaranth (*Amaran- thus cruentus*) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22), 6515–6520.
18. Berganza, B. E., Morán, A. W., Rodríguez, G., Coto, N. M., Santamaría, M., Bressani R. (2003). Effect of variety and location on the total fat, fatty acids and squalene content of Amaranth. *Plant Foods for Human Nutri- tion*, 58(3), 1–6.
19. Пат. № 2258372. Способ приготовления бездрожжевого хлеба/ Па-щенко, Л.П., Никитин, И.А., Павлова, Н.В. Опубл. 20.08.2005. Бюл. 23.
20. Gambus, H., Gambus, F., Pastuszka, D., Wrona, P., Ziobro, R., Sabat, R., Mickowska, B., Nowotna., Sikora, M. (2009). Quality of gluten free sup-plemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 60(SUPPL. 4), 31–50.
21. Марри, Р., Греннер, Д., Мейес, П., Родуэл, В. (1993). Биохимия челове-ка. Т. 1. М, Мир.— 384 с. ISBN 5-03-001774-7.
22. Гинс, В.К., Гинс, М.С., Дерканосова, Н.М., Пономарева, И.Н., Золота-рева, Н.И. (2017). Применение амаранта в технологии хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки. *Новые и нетрадиционные растения и пер-спективы их использования*, S12, 277–279.
23. Bodroza-Solarov, M., Filipcev, B., Kevresan, Z., Mandic, A., Simurina, O. (2007). Quality of bread supplemented with popped Amaranthus cruen-tus grain. *Journal of food processing engineering*, 31(5), 602–618.
24. Магомедов, Г.О, Кучменко, Т.А., Журавлев, А.А., Шевякова, Т.А., Чернышева, Ю.А., Дроздова, Е.В., Мазина, Е.А., Мирошниченко, Л.А. (2016). Разработка безглютенового бисквитного изделия путем подбора оптимальных дозировок обогатителей. *Хлебопродукты*, 5, 48–50.
25. Никитин, И.А. (2003). Пищевые композиции продуктов переработки амаранта и молочного сырья в технологии хлеба. *Успехи современно-го естествознания*, 4, 84–85.
26. Пат. № 2453127. Способ получения пастообразного продукта из се-мян амаранта/ Мотовилов, К.Я., Мотовилов, О.К., Морозов, А.И., Гру-шина, О.С. Опубл. 20.06.2012. Бюл. 17.
27. Vasanthan, T., Yeung, J., Hoover, R. (2001). Dextrinization of starch in barley flours with thermostable alpha-amylase by extrusion cooking. *Starch/Stärke*, 53(12), 616–622.
28. Paredes-López, O., Guevara-Lara, F., Bello-Pérez, L. A. (2006). Los Ali-mentos Mágicos de las Culturas Indígenas Mesoamericanas. *Fondo de Cultura Económica*. México, 32–34, 81–88.
29. Milán-Carrillo, J., Montoya-Rodríguez, A., Gutiérrez-Dorado, R., Pe-rales-Sánchez, X., Reyes-Moreno, C. (2012). Optimization of extrusion Process for producing high antioxidant instant Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus L.*) flour using response surface methodology. *Applied Mathematics*, 3, 1516–1525.
30. Contreras, E.L., Jaimez, J.O., Soto, J., C.R., Castañeda, A.O., Añorve J.M. (2011). Aumento del contenido proteico de una bebida a base de Aamaranto (*Amaranthus Hypochon-Driacus*). *Revista Chilena de Nutrición*, 38(3), 322–330.
31. Tömösközi, S., Gyenge, L., Pelcéder, Á., Varga, J., Abonyi, T., Lásztity, R. (2008). Functional properties of protein preparations from amaranth seeds in model system. *European Food Research and Technology*, 226(6), 1343–1348.
32. Абрамов, И.А., Елисеева, Н.Е., Колпакова, В.В., Пискун, Т.И. (2011). Амарант: химический состав, биохимические свойства и способы переработки. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 6, 44–48.

REFERENCE

1. Martinichik, A.N., Maev, I.V., Petukhov, A.V. (2002). Human nutrition (the basis of nutriology). M: GOU VUNMTS MH RF.— 572 p. ISBN 5-89004-166-5. (In Russian)
2. Tutelian, V.A., Vyalkov, A.N., Razumov, V.I., Moskalenko, K.A., Odinets, A.G., Sbezhneva, V.G., Sergeev, V.N. (2010). Scientific foundations of healthy nutrition. M: Panorama.— 839 p. ISBN 978-5-86472-224-4. (In Russian)
3. Yudina, S.B. (2009). Technology of gerontological nutrition. M: DeLi print.— 228 p. ISBN 978-5-94343-201-9. (In Russian)
4. Spirichev, V.B., Shatnyuk, L.N., Poznyakovskii, V.M. (2004). Enrichment of food products with vitamins and minerals. Science and technology. No-vosibirsk: Sib. Univer.Izd.— 548 sec. ISBN 5-94087-043-0. (In Russian)
5. Kodentsova, V.M., Vrzhesinskaya, O.A., Risnik, D.V., Nikityuk, D.B., Tu-telyan, V.A. (2017). Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem *Voprosy Pitaniia*, 86 (4), 113–124. (In Russian)
6. Pogozheva, A.V., Baturin, A.K. (2017). Proper nutrition is the Foundation of health and longevity *Food Industry*, 10, 58–61. (In Russian)
7. Tikhomirova, N.A. (2010). Technology of products for medical and prophylactic purposes on dairy basis. St. Petersburg: Trinity Bridge.— 448 p. ISBN 978-5-904406-05-9. (In Russian)
8. Martinichik, A.N., Baturin, A.K., Peskova, E.V., Keshabyants, E.E., Mikhailov N.A. (2016). Yogurt consumption and reduced risk of over-weight and obesity in adults *Voprosy Pitaniia*, 85 (1), 56–65. (In Russian)
9. Guidance on methods for analyzing food quality and safety. Ed. Skurikhin, V.A., Tutelyan V.A. (1998). M: Brandes. Medicine.— 342 p. ISBN 5-89836-003-4. (In Russian)
10. Tsugita, A., Scheffler, J. — J. (1982). A rapid method for acid hydrolysis of protein with a mixture of trifluoroacetic acid and hydrochloric acid. *European Journal of Biochemistry*, 124(3), 585–588.
11. Kolpakova, V.V., Chumikina, L.V., Arabova, L. I., Lukin, D.N. Topunov, A.F., Titov, E. I. (2016). Functional technological properties and electropho-retic composition of modified wheat gluten. *Food and Raw Materials*, 4(2), 48–57.
12. Lusas, E., Ki Chun, Ri. (1998). Production and use of soy proteins. In the book «Guidelines for processing and use of soybeans». Trans. Ed. Kly-uchkina V.V. and Domoroshchenkova M.L. M: Kolos.— 56 p. ISBN 15-10-003519-6. (In Russian)
13. Nechaev, A.P., Traubenberg, S.E., Kochetkova, A.A., Kolpakova, V.V., Vi-tol, I.S., Kobleleva, I.S.. (2015). Food Chemistry. St. Petersburg: Giorde.— 642 p. ISBN 97-5-98879-196-6. (In Russian)
14. Vysochina, G.I. (2013). Amaranth (*Amaranthus L.*): chemical composition and perspectives of use (review). *Chemistry of plant raw materials*, 2, 5–14. (In Russian)
15. Smirnov, S.O., Urubkov, S.O., Dronov, A.S. (2015). Scientific and practical basis of complex processing of amaranth grain. *Storage and processing of grain*, 2 (191), 39–43. (In Russian)
16. Gins, M.S., Gins, V.K., Pivovarov, V.F., Torres Minho, K.Kh., Kononkov, P.F. (2015). Functional foods from seeds and leaves of amaranth, M: All-Russian Research Institute of Selection and Seed Vegetable Crops.— 96 p. ISBN 978-5-901695-64-7. (In Russian)
17. Salcedo-Chávez, B., Osuna-Castro, J. A., Guevara-Lara, F., Domínguez-Domínguez, J., Paredes-López, O. (2002). Optimization of the isoelectric precipitation method to obtain protein isolates from Amaranth (*Amaran-*

thus cruentus) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22), 6515–6520.

18. Berganza, B.E., Morán, A. W., Rodríguez, G., Coto, N.M., Santamaría, M., Bresnani R. (2003). Effect of variety and location on the total fat, fatty acids and squalene content of Amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(3), 1–6.
19. Paschenko, L.P., Nikitin, I.A., Pavlova, H.B. A way of preparation of non-yeast bread. Patent RF, no.2258372, 2013. (In Russian)
20. Gambus, H., Gambus, F., Pastuszka, D., Wrona, P., Ziobro, R., Sabat, R., Mickowska, B., Nowotna., Sikora, M. (2009). Quality of gluten free supplemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 60 (SUPPL. 4), 31–50.
21. Murray, R., Grener, D., Meyes, P., Rodwell, W. (1993). *Human Biochemistry*. T. 1. M.: World.—384 p. ISBN 5–03–001774–7. (In Russian)
22. Gins, V.K., Gins, M.S., Derkanosova, N.M., Ponomareva, I.N., Zolotareva, N.I. (2017). Application of amaranth in bread technology from a mixture of rye and wheat flour. *New and non-traditional plants and prospects for their use*, S12, 277–279. (In Russian)
23. Bodroza-Solarov, M., Filipcev, B., Kevresan, Z., Mandic, A., Simurina, O. (2007). Quality of bread supplemented with popped Amaranthus cruentus grain. *Journal of food processing engineering*, 31(5), 602–618.
24. Magomedov, G.O., Kuchmenko, T. A., Zhuravlev, A.A., Shevyakova, T.A., Chernysheva, Yu.A., Drozdova, E.V., Mazina, E.A., Miroshnichenko, L.A., (2016). Development of gluten-free biscuit products by selecting optimal dosages of enrichers. *Bread products*, 5, 48–50. (In Russian)
25. Nikitin, I.A. (2003). Food compositions of products of processing amaranth and dairy raw materials in bread technology. *Advances in current natural sciences*, 4, 84–85. (In Russian)
26. Motovilov, K.Ya., Motovilov, O.K., Morozov, A.I., Grushina, O.S. Method for obtaining a pasty product from amaranth seeds. Patent RF, no. 2453127, 2012. (In Russian)
27. Vasanthan, T., Yeung, J., Hoover, R. (2001). Dextrinization of starch in barley flours with thermostable alpha-amylase by extrusion cooking. *Starch/Staerke*, 53(12), 616–622.
28. Paredes-López, O., Guevara-Lara, F., Bello-Pérez, L. A. (2006). Los Alimentos Mágicos de las Culturas Indígenas Mesoamericanas. *Fondo de Cultura Económica*. México, 32–34, 81–88.
29. Milán-Carrillo, J., Montoya-Rodríguez, A., Gutiérrez-Dorado, R., Perales-Sánchez, X., Reyes-Moreno, C. (2012). Optimization of extrusion Process for producing high antioxidant instant Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) flour using response surface methodology. *Applied Mathematics*, 3, 1516–1525.
30. Contreras, E.L., Jaimez, J.O., Soto, J., C.R., Castañeda, A.O., Añorve J.M. (2011). Aumento del contenido proteico de una bebida a base de Amarantho (*Amaranthus Hypochon-Driacus*). *Revista Chilena de Nutrición*, 38(3), 322–330.
31. Tömösközi, S., Gyenge, L., Pelcéder, Á., Varga, J., Abonyi, T., Lásztity, R. (2008). Functional properties of protein preparations from amaranth seeds in model system. *European Food Research and Technology*, 226(6), 1343–1348.
32. Abramov, I.A., Yeliseeva, N.Ye., Kolkpakova, V.V., Piskun, T.I. (2011). Amaranth: a chemical compound, biochemical properties and ways of processing. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*, 6, 44–48. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Колпакова Валентина Васильевна — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов — филиал Федерального научно-исследовательского центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 140051, Московская обл., Люберецкий р-н, п. Красково, ул. Некрасова, 11 Тел.: +7-495-557-15-00 E-mail: val-kolpakova@rambler.ru *автор для контактов</p> <p>Тихомирова Наталья Александровна — доктор технических наук, профессор, Московский государственный университет пищевых производств 109316, Москва, ул. Талалихина, 35 Тел.: +7-916-514-47-76 E-mail: tihomirovana@mail.ru</p> <p>Гайворонская Ирина Сергеевна — аспирант Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов — филиал Федерального научно-исследовательского центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 140051, Московская обл., Люберецкий р-н, п. Красково, ул. Некрасова, 11 Тел.: +7-495-557-15-00 E-mail: irina_ivahnenko@bk.ru</p> <p>Лукин Николай Дмитриевич — доктор технических наук, врио директора Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов — филиал Федерального научно-исследовательского центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 140051, Московская обл., Люберецкий р-н, п. Красково, ул. Некрасова, 11 Тел.: +7-495-557-15-00 E-mail: vniik@arrisp.ru</p>	<p>Valentina V. Kolkpakova — Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, All-Russian Research Institute for Starch Products — Branch of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of RAS 140051, Moscow region, Lubereckiy district, s. Kraskovo, Nekrasov Str., 11 Тел.: +7-495-557-15-00 E-mail: val-kolpakova@rambler.ru *corresponding author</p> <p>Natalia A. Tikhomirova — Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Food Production 109316, Moscow, Talalikhina Str., 35 Тел.: +7-916-514-47-76 E-mail: tihomirovana@mail.ru</p> <p>Irina S. Gayvoronskaya — graduate student, All-Russian Research Institute for Starch Products — Branch of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of RAS 140051, Moscow region, Lubereckiy district, s.Kraskovo, Nekrasov Str., 11 Тел.: +7-495-557-15-00 E-mail: irina_ivahnenko@bk.ru</p> <p>Nikolai D. Lukin — Doctor of Technical Sciences, Deputy Director, All-Russian Research Institute for Starch Products — Branch of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of RAS 140051, Moscow region, Lubereckiy district, s. Kraskovo, Nekrasov Str., 11 Тел.: +7-495-557-15-00 E-mail: vniik@arrisp.ru</p>
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат	Authors are equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interest
Поступила 06.03.2018	Received 06.03.2018