

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО РАЗВИТИЯ ПРОБИОТИКОВ И ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБНОГО КВАСА С ФРУКТОЗО-ГЛЮКОЗНЫМ СИРОПОМ

Е.П. Каменская, В.А. Вагнер, С.И. Камаева

*В статье представлены данные о совместном развитии пробиотических бактерий и штамма пивных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* 8aM в условиях сбраживания квасного сусла с фруктозо-глюкозным сиропом из топинамбура. Фруктозо-глюкозный сироп получен кислотным гидролизом инулина, извлекаемого водной экстракцией из клубней топинамбура сорта «Скороспелка» с содержанием свободной фруктозы и глюкозы в соотношении 65:13 %. В качестве источников пробиотических культур были выбраны лиофилизированные концентраты различных видов лактобацилл и бифидобактерий. В процессе эксперимента определяли кинетику брожения микроорганизмов по изменению уровня флуоресценции на протяжении 48 часов в 7 опытных образцах квасного сусла с внесением смешанных заквасок на основе симбиоза различных пробиотиков и штамма пивных дрожжей *S.cerevisiae* 8aM, а также в контроле с использованием только пивных дрожжей. На основании анализа кинетики брожения квасного сусла и сахаролитических свойств микроорганизмов показана целесообразность совместного сбраживания с дрожжами штамма *S.cerevisiae* 8aM видов *B.bifidum* и *L.acidophilus* при замене сахарозы в субстрате на фруктозо-глюкозный сироп. Установлено, что использование в смешанных заквасках данных симбиозов позволяет обеспечить максимальную концентрацию клеток за 12 часов брожения и интенсифицировать процесс на 6 часов за счет сокращения лаг- и экспоненциальной фаз роста. Введение фруктозо-глюкозного сиропа в квасное сусло способствует максимальному приросту популяций микроорганизмов в экспоненциальную фазу в среднем в 2 раза, независимо от вида пробиотика в составе симбиоза.*

*Ключевые слова: пробиотики, фруктозо-глюкозный сироп, дрожжи, квас, топинамбур, микроорганизмы, брожение, инулин, закваска.*

### ВВЕДЕНИЕ

Традиционная технология приготовления хлебного кваса основана на комбинированном спиртовом и молочнокислом брожении сусла из зернового сырья смешанными заквасками дрожжей-сахаромицетов и молочнокислых бактерий. Высокая пищевая и биологическая ценность кваса брожения обусловлена наличием в нем экстрактивных веществ сырья и продуктов метаболизма микроорганизмов (МО), таких как белки, углеводы, органические кислоты, ароматические, красящие и минеральные вещества, витамины, аминокислоты, ферменты [1, 2].

В настоящее время к производству кваса проявляют активный интерес пивоваренные предприятия. В условиях данных предприятий наиболее предпочтительно введение в квасное сусло тех же рас дрожжей, которые применяют для брожения пива. Как правило, в России используют чистые культуры пивных дрожжей низового брожения, поскольку они в большей мере способны к образованию плотного осадка после окончания брожения, их легко удалить из емкости, что увеличивает стойкость кваса и сроки его хранения [3].

Для расширения ассортимента квасов брожения, улучшения их качественных показателей и функциональных свойств совместно с пивными дрожжами перспективно использование в составе смешанных заквасок микроорганизмов-пробиотиков, представителей защитных групп нормального кишечного микробиоценоза человека. Позитивный эффект пробиотиков и продуктов функционального питания на их основе реализуется через нормализацию состава и биологической активности кишечной микрофлоры человека, модуляцию биохимических реакций и физиологических функций клеток, а также опосредованного воздействия на иммунно-эндокринно-нервную систему регуляции механизмов поддержания гомеостаза [4–7]. Пробиотики являются продуцентами в организме человека целого ряда витаминов, некоторых незаменимых аминокислот, обеспечивают нормальное всасывание в кровь витаминов группы В, витамина Д, кальция, железа, разрушают и предотвращают накопление в кишечнике вредных продуктов обмена других микроорганизмов, обладающих канцерогенным действием, увеличивают резистентность организма к инфекционным заболеваниям [8, 9].

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО РАЗВИТИЯ ПРОБИОТИКОВ И ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБНОГО КВАСА С ФРУКТОЗО-ГЛЮКОЗНЫМ СИРОПОМ

Симбиоз дрожжей и молочнокислых бактерий приводит к созданию особых условий в сусле, изменяет обычный ход брожения, свойственный каждому из этих микроорганизмов. В разных фазах брожения изменения зависят, в первую очередь, от видов микроорганизмов, входящих в состав закваски, от состава квасного сусла и технологических параметров процесса брожения. Квасное сусло, приготовленное из зернопродуктов, содержит различные формы сахаров: пентозы, глюкозу, фруктозу, мальтозу, сахарозу и др. Увеличение в сусле таких источников углерода, как глюкоза и фруктоза, приводит к возрастанию внутриклеточной концентрации циклического аденозинмонофосфата (цАМФ), активации протеинкиназы А, с последующим фосфорилированием ферментных белков, что способствует нормальному течению метаболизма и выживанию клеток. Повышение интенсивности поглощения глюкозы путем увеличения активности ферментов транспорта белков вызывает также интенсификацию брожения. С этих позиций перспективно изменение углеводного состава квасного сусла на стадии брожения в сторону увеличения фруктозы и глюкозы путем замены сахарозы на натуральный сахарозаменитель – фруктозо-глюкозный сироп (ФГС) из корнеплодов топинамбура. Это обеспечит высокую степень сбраживания сусла, позволит обогатить напиток биологически активными веществами топинамбура и получить продукт с пониженной энергетической ценностью [10].

Вместе с тем закономерности совместного развития пивных дрожжей и пробиотических бактерий в условиях квасоваренного производства мало изучены, основные режимы их размножения определены эмпирически. Поэтому целью данной работы являлся подбор состава смешанной закваски на основе симбиоза пробиотических бактерий и пивных дрожжей в условиях сбраживания квасного сусла с фруктозо-глюкозным сиропом из топинамбура.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве источников пробиотических культур были выбраны лиофилизированные концентраты следующих видов бактерий: *Bifidobacterium bifidum*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus lactis* (ФГУП «Экспериментальная биофабрика», г. Углич), а также *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus plantarum* (ООО «Барнаульская биофабрика», г. Барнаул). Для получения смешанной закваски использовался

штамм пивных дрожжей низового брожения *Saccharomyces cerevisiae* 8АМ.

Определение ферментации углеводов бактериями проводили по методу «пестрого ряда» с использованием основного фона следующего состава (г/л): пептон – 5,0;  $K_2HPO_4$  – 1,0; вода дистиллированная. К среде добавляли индикатор бромкрезоловый пурпурный из расчета 2 мл 1,6 %-го спиртового раствора на 1 л среды, затем разливали по 5 мл в пробирки с поплавками и стерилизовали автоклавированием при 1 атм в течение 20 мин. Углеводы готовили в виде 20 %-х водных растворов и стерилизовали отдельно автоклавированием при 0,5 атм в течение 30 минут. Стерильные растворы углеводов добавляли к основной среде в таком количестве, чтобы концентрация сахара составляла 1 г на 100 мл среды. Среды засеивали суспензией клеток микроорганизмов и инкубировали в течение 24–48 часов при оптимальных температурах. По изменению окраски ферментационной среды за счет образования кислоты и накоплению газа в поплавке судили о наличии роста микроорганизмов и их ферментативной активности в отношении углеводов. Контрольной служила безуглеводная среда [11].

В ходе эксперимента для получения ФГС использовали клубни топинамбура (*Helianthus tuberosus*) сорта «Скороспелка», районированного в Алтайском крае, осеннего сбора 2019 г. В ранее проведенных исследованиях были установлены оптимальные условия выделения экстрактивных веществ из клубней топинамбура при водной экстракции: степень измельчения сырья – 3–5 мм, соотношение сырья и экстрагента 1:4, температура экстракции 80–85 °С, продолжительность – 40 мин. Кислотный гидролиз инулина проводился при температуре 85 °С лимонной кислотой концентрацией 1,5 % течение 100 мин при постоянном перемешивании. Полученный раствор гидролизата фильтровали, нейтрализовали до рН, близкой к нейтральной, и концентрировали в ротационном вакуумном испарителе при температуре 60 °С до содержания во фруктозо-глюкозном сиропе не менее 70±1 % сухих веществ [12].

Кинетику брожения наблюдали по изменению уровня флуоресценции с помощью программируемого термостата – термоциклера ДТ-322 (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия). Для измерения интенсивности флуоресценции использовали длину волны возбуждения 480 нм и эмиссии 520 нм. Для снятия кинетики роста использовали по 100 мкл смеси, в качестве красителя применяли флуоресцин натрия в концентрации 10 мг/мл, внесенный в подготовленную смесь в количестве 1 мкл [13].

Сухие препараты бактерий массой 0,1 г предварительно разбраживали на 8 %-ном стерильном квасном сусле, приготовленном из концентрата квасного сусла (ККС) производства ООО «ИНТЕРКВАС», г. Лыткарино при температуре  $35 \pm 1$  °С в течение 48 часов объемно-доливным методом с доведением общего объема до 200 см<sup>3</sup>. Для активации дрожжей в их водную суспензию добавляли пятикратный объем сахарного сиропа, разбавленного до массовой доли сухих веществ 8,0–8,2 % и выдерживали в течение 3 часов при температуре  $20 \pm 1$  °С. Далее смешивали дрожжи и бактерии в соотношении 1:3 и доводили их суслом до необходимого объема. Для засева квасного сусла использовали смешанную закваску в количестве 4 % от общего объема (начальное количество дрожжевых клеток составляло 20 млн. клеток в 1 см<sup>3</sup> сусла).

Для изучения кинетики брожения проводились две серии опытов:

1) при культивировании на квасном сусле с сахарным сиропом (без ФГС), использовали 8 образцов заквасок: (7 опытных образцов – симбиозы пробиотиков с пивными дрожжами и контроль – дрожжи без бактерий);

2) при культивировании на квасном сусле с ФГС вместо сахарного сиропа использовались также 8 образцов заквасок.

Для количественного определения инулина и фруктозы применяли спектрофотометрический метод, основанный на селективном окрашивании кетогексоз резорцином. Оптическую плотность полученных растворов измеряли при длине волны 480 нм [14].

Для определения содержания глюкозы был выбран глюкозооксидазный ферментативный метод анализа [15]. Из стандартного набора «ГЛЮКОЗА-ФКД» (ООО «Фармацевтика и клиническая диагностика», г. Москва) готовили ферментно-хромогенную смесь (разведение: 1 таблетка на 100 мл дистиллированной H<sub>2</sub>O). Кроме того, использовали стандартные растворы глюкозы, приготовленные в концентрации от 0 до 1% с использованием глюкозы SigmaAldrich (США), по которым строили калибровочную кривую. К 2,5 мл исследуемого образца (или калибровочного раствора при построении графика) добавляли 0,2 мл ферментно-хромогенной смеси. Пробы инкубировали 15 мин при температуре 37 °С, встряхивали и измеряли оптическую плотность с помощью УФ-спектрофотометра ImplanP360 (Германия), при этом использовали кюветы с длиной оптического пути 10 мм и длину волны 490 нм. Полученные данные переводили с помощью калибровочной кривой в количество содержащейся глюкозы (%).

Определение органолептических, физико-химических и микробиологических показателей качества и безопасности фруктозо-глюкозных сиропов проводили в соответствии с действующими в пищевой отрасли государственными стандартами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Источником получения ФГС среди высших растений служит инулинсодержащее сырье, в частности, топинамбур. Молекула полисахарида инулина состоит из остатков фруктозы в фуранозной форме и одного остатка глюкозы в пиранозной форме, соединенных между собой  $\beta$ -2,1-гликозидными связями, поэтому при его гидролизе образуются преимущественно фруктоолигосахариды (ФОС), D-фруктоза и небольшое количество глюкозы. Физиологическая ценность инулина и ФОС состоит в том, что, являясь пребиотиками, они служат субстратом для нормальной микрофлоры кишечника, стимулируя её рост и метаболическую активность [16].

На первом этапе исследования был получен ФГС из клубней топинамбура сорта «Скороспелка», содержащих 15,7 % инулина на сырую массу. Данные качественного анализа ФГС из клубней топинамбура отражены в таблице 1.

Согласно представленным результатам, полученный сироп содержал свободную фруктозу и глюкозу в соотношении 65:13 %, степень полимеризации фруктоолигосахаридов составила – 6, что свидетельствует о неполном гидролизе инулина и наличии низкомолекулярной олигофруктозы. Это позволяет использовать его не только в качестве источника более доступных для МО сахаров, а также в качестве источника фруктоолигосахаридов, обладающих пребиотическими свойствами.

Микробиологические показатели безопасности в разработанном ФГС не превышали предельно допустимых значений, установленных в техническом регламенте таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Согласно литературным данным, микроорганизмы характеризуются различной способностью утилизировать в составе питательных сред в качестве источников углерода различные типы сахаров [17–19]. При изучении ферментативной активности исследуемых микроорганизмов в отношении потребления углеводов, содержащихся в составе квасного сусла и сиропа топинамбура, использовали метод «пестрого ряда». В состав

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО РАЗВИТИЯ ПРОБИОТИКОВ И ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБНОГО КВАСА С ФРУКТОЗО-ГЛЮКОЗНЫМ СИРОПОМ

«пестрого ряда» входили 9 сахаров: глюкоза, фруктоза, галактоза, сахароза, манноза, ксилоза, мальтоза, арабиноза, инулин.

Субстратная специфичность используемых в эксперименте микроорганизмов к сахарам приведена в таблице 2.

Таблица 1 – Качественные показатели фруктозо-глюкозного сиропа из клубней топинамбура сорта «Скороспелка»

Наименование показателя	Сироп из топинамбура
Цвет	от янтарного до коричневого, однородный
Запах	легкий фруктовый аромат
Вкус	сладкий без горечи
Внешний вид	вязкая жидкость без помутнений, осадка и посторонних включений
Массовая доля сухих веществ, %	70,0±1,0
Массовая доля фруктозы, %	64,9±1,48
Массовая доля глюкозы, %	13,0±0,45
Средняя степень полимеризации фракции ФОС	≤ 6
Зольный остаток (сульфаты), %	0,35±0,03
Активная кислотность, ед. рН	6,5±0,35
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1235±40,25
КМАФАнМ, КОЕ/г	1,0×10 <sup>2</sup>
Дрожжи, КОЕ/г	6
Плесени, КОЕ/г	не обнаружено
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), в 1 г	не обнаружено
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, в 25 г	не обнаружено

Таблица 2 – Способность различных видов микроорганизмов к ферментации углеводов

Вид микроорганизма	Глюкоза	Фруктоза	Сахароза	Инулин	Манноза	Ксилоза	Галактоза	Мальтоза	Арабиноза
<i>B.bifidum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>L.bulgaricus</i>	+	+	–	–	+	–	+	–	–
<i>L.lactis</i>	+	+	+	–	+	–	+	+	–
<i>L.acidophilus</i>	+	+	+	–	+	–	+	+	–
<i>L.casei</i>	+	+	+	–	+	–	+	+	–
<i>L.fermentum</i>	+	+	+	–	–	–	+	+	–
<i>L.plantarum</i>	+	+	+	–	+	+	+	+	+
<i>S.cerevisiae</i> 8a (M)	+	+	+	–	+	–	+	+	–

Примечание: «+» – способность к потреблению углеводного субстрата; «–» – отсутствие этой способности

Как видно из таблицы 2, все используемые в данной работе виды МО способны ферментировать гексозы: глюкозу, фруктозу и галактозу, а также маннозу, которую не сбраживают только бактерии вида *L.fermentum*. Сахарозу ферментируют все виды, кроме *L.bulgaricus*, который также не утилизирует инулин, ксилозу, мальтозу и арабинозу. Наши исследования подтверждают, что гомоферментативные лактобациллы *L.bulgaricus*, *L.acidophilus* и *L.lactis* не сбраживают пентозы, поскольку метаболизм сахаров у них идет по гликолитическому пути. Пивные дрожжи *S.cerevisiae* 8aM полностью сбраживают мальтозу, глюкозу, сахарозу, фруктозу, частично – галактозу, маннозу и не ассимилируют ксилозу, инулин, арабинозу.

Следует отметить, что полисахарид инулин практически все представленные МО не утилизируют, за исключением вида *B.bifidum*, способного вырабатывать фермент инулиназу

(2,1-β-D-фруктан-фруктаногидролазу), который позволяет проводить гидролиз данного полифруктозида. При этом известно, что ферментация инулина и ФОС до лактата и короткоцепочечной карбоновой кислоты под действием данных бактерий в толстой кишке приводит к значительному снижению уровня рН и в сочетании с выработкой бактериоцинов обеспечивает неблагоприятные условия для патогенной микрофлоры [20].

Обращает на себя внимание тот факт, что бактерии *B.bifidum* способны ферментировать все сахара в составе квасного суслу и ФГС, а *L.plantarum* не ассимилирует только инулин, в отличие от бактерий *L.bulgaricus*, которые утилизируют менее 50 % видов углеводов, представленных в таблице 2.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о неоднородности изучаемых видов МО по своим сахаролитическим свойствам.

Известно, что результативность биотехнологических процессов, происходящих при сбраживании квасного сусла, в значительной степени определяется свойствами используемых микроорганизмов и составом питательных сред. Поэтому особый интерес представляли исследования таких технологических характеристик, как влияние углеводного состава сусла на продолжительность брожения и жизнедеятельность клеток. На следующем этапе работы проводился анализ кинетики брожения по изменению уровня флуоресценции в 7 опытных образцах сусла с внесением смешанных заквасок на основе симбиозов различных пробиотиков и штамма пивных дрожжей *S.cerevisiae* 8aM, а также в контроле, с использованием только пивных

дрожжей. Различные образцы заквасок, вносили на стадии брожения в 2 различных типа субстратов, имеющих следующий состав в 1 дм<sup>3</sup>: 1) ККС – 8,5 г, сахарный сироп – 25 см<sup>3</sup>, вода – до содержания сухих веществ 3,6–3,8 %; 2) ККС – 8,5 г, ФГС – 25 см<sup>3</sup>, вода – до содержания сухих веществ 3,6–3,8 %.

После внесения заквасок в квасное сусло и добавления флуоресцина натрия смесь дозировали по 100 мкл в лунки микропланшета и каждые 30 мин регистрировали изменение уровня флуоресценции на протяжении 48 часов брожения.

Результаты кинетики роста микроорганизмов на квасном сусле с сахарным сиропом и ФГС из топинамбура представлены на рисунках 1 и 2.

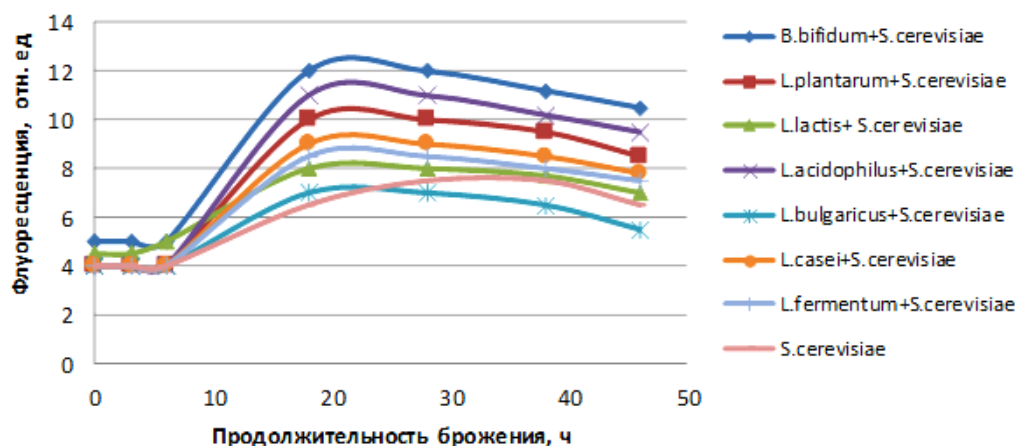


Рисунок 1 – Кинетика роста микроорганизмов на квасном сусле с сахарным сиропом

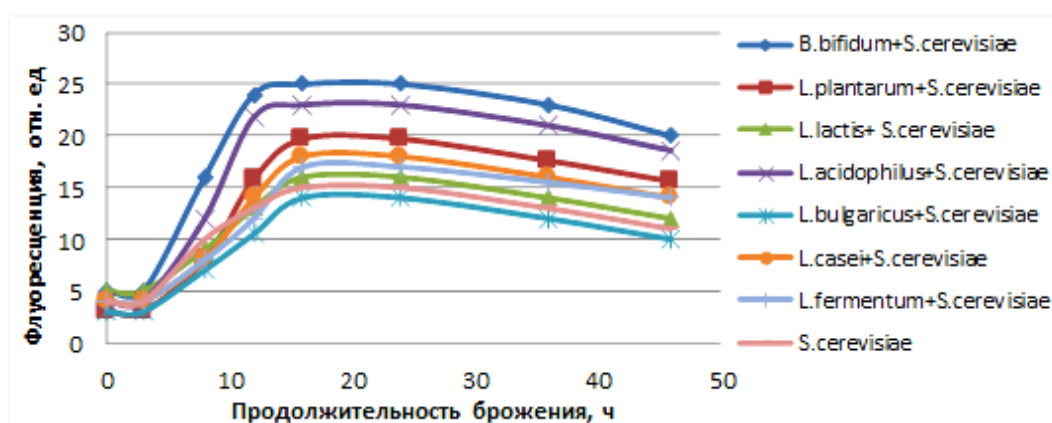


Рисунок 2 – Кинетика роста микроорганизмов на сусле с фруктозо-глюкозным сиропом

Из полученных результатов видно, что при использовании в квасном сусле сахарного сиропа у всех образцов продолжительность лаг-фазы составляла 6 часов, затем у симбиозов до 18 часов происходил экспоненциальный рост, а с 18 до 28 часов наблюдалась стационарная фаза. Для контрольного образца с пивными дрожжами без пробиоти-

ков была характерна более продолжительная лог-фаза (до 24 часов) и менее интенсивное накопление дрожжевых клеток с последующим переходом в стационарную фазу до 38 часов и затем – в фазу затухания роста.

При замене сахарного сиропа на ФГС у всех опытных образцов продолжительность лаг-фазы сократилась до 3 часов, у симби-

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО РАЗВИТИЯ ПРОБИОТИКОВ И ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБНОГО КВАСА С ФРУКТОЗО-ГЛЮКОЗНЫМ СИРОПОМ

зов с бактериями *B.bifidum* и *L.acidophilus* до 12 часов происходил экспоненциальный рост и далее наблюдалась стационарная фаза, в которой видимый прирост клеток уже отсутствовал. В случае остальных МО после лаг-фазы отмечался переход в лог-фазу до 16 часов, а с 16 до 24 часов – стационарная фаза и затем фаза затухания. Поскольку уровень флуоресценции коррелирует с динамикой роста МО, можно также заключить, что внесение ФГС в квасное сусло способствует увеличению их популяций во всех экспериментальных образцах в экспоненциальную фазу в среднем в 2 раза.

Максимальный уровень интенсивности флуоресценции наблюдался в случае двух симбиозов бактерий *B.bifidum* и *L.acidophilus* с *S.cerevisiae* при росте на квасном сусле с ФГС. Видимо активному размножению бифидобактерий способствует наличие «бифидогенных факторов», а именно ФОС в среде, которые рассматриваются как пребиотики. Ферменты бифидобактерий катализируют гидролиз  $\beta$ -(2-1) гликозидных связей олигосахаридов с образованием смеси фруктозы и глюкозы – легкоусвояемых субстратов для бактерий, что способствует стимуляции роста и развития клеток. Кроме того, бифидобактерии обладают широким набором сахаролитических ферментов, позволяющим им сбрасывать огромное количество гексоз через уникальный «бифидошунт». Многие ферменты для расщепления моно- и дисахаридов в фруктоза-6-фосфатном шунте не выявлены, но установлено присутствие арабинозидаз, А- и В-галактозидаз, глюкозидаз, гексозаминидаз, инулиназы, изомальтазы, маннозидазы, неопулланызы и ксиланызы [21].

### ВЫВОДЫ

Проведен подбор пробиотических бактерий в составе заквасок с пивными дрожжами штамма *S.cerevisiae* 8aM для производства хлебного кваса с заменой сахарного сиропа на ФГС из топинамбура.

На основании анализа кинетики брожения квасного сусла и сахаролитических свойств микроорганизмов показана целесообразность совместного сбрасывания с дрожжами штамма *S.cerevisiae* 8aM видов *B.bifidum* и *L.acidophilus* при замене сахарозы в субстрате на ФГС. Установлено, что использование в заквасках данных симбиозов позволяет обеспечить максимальную концентрацию клеток за 12 часов брожения и интенсифицировать процесс на 6 часов за счет сокращения лаг- и экспоненциальной фазы.

Показано, что увеличение в квасном сусле таких легкоусвояемых источников углевода для микроорганизмов, как глюкоза и фруктоза, за счет введения ФГС способствует приросту популяций МО во всех экспериментальных образцах в экспоненциальную фазу в среднем в 2 раза, независимо от вида пробиотика в составе симбиоза.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елисеев, М.Н. Конструирование товаро-ведных свойств кваса с высокими потребительскими свойствами / М.Н. Елисеев, Б.В. Игнатенко // Пиво и напитки. – 2016. – № 2. – С. 42–45.
2. Рожнов, Е.Д. Технология и производство кваса, безалкогольных напитков и минеральных вод : учебное пособие. / Е.Д. Рожнов, Е.П. Каменская, М.В. Обрезкова ; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2013. – 101 с.
3. Гернет, М.В. Перспективы расширения ассортимента напитков брожения для пивоваренных заводов малой мощности / М.В. Гернет // Пиво и напитки. – 2017. – № 3. – С. 14–17.
4. Артюхова, С.И. Использование пробиотиков и пребиотиков в биотехнологии производства биопродуктов : монография / С.И. Артюхова, Ю.А. Гаврилова. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010. – 112 с.
5. Cummins, J. Genetically modified probiotics should be banned / J. Cummins, Ho Mae-Wan // Microbial Ecol. Health Dis. – 2005. – Vol. 17. – № 2. – P. 66–68.
6. Каменская, Е.П. Использование микроорганизмов-пробиотиков в технологии приготовления квасов брожения / Е.П. Каменская, М.В. Обрезкова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2015. – № 6 (35). – С. 24–30.
7. Лаптев, С.В. Химия, микробиология и экспертиза молока и молочных продуктов : учебное пособие. / С.В. Лаптев, Н.И. Мезенцева, Е.П. Каменская. – Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2009. – 237 с.
8. Утебаева, А.А. Перспективы использования бифидобактерий в продуктах функционального питания и лекарственных средствах / А.А. Утебаева, М.А. Бурмасова, М.А. Сысоева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2016. – Т. 6. – № 4. – С. 100–109.
9. Borivant, M. The mechanism of action of probiotics / M. Borivant, W. Strober // Curr. Opin. Gastroenterol. – 2007. – № 23 (6). – P. 679–692.
10. Кобелев, К.В. Дрожжи-сахаромицеты в производстве хлебного кваса / К.В. Кобелев, М.Н. Елисеев, Т.И. Филимонова [и др.] // Пиво и напитки. – 2010. – № 4. – С. 34–36.
11. Нетрусов, А.И. Практикум по микробиологии / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук [и др.] – М. : Академия, 2005. – 608 с.
12. Каменская, Е.П. Применение фруктозо-глюкозных сиропов из клубней топинамбура в технологии производства хлебного кваса / Е.П. Каменская, М.В. Обрезкова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2017. – № 1 (42). – С. 32–37.

13. Bogomolov, A. In-line monitoring of *saccharomyces cerevisiae* fermentation with a fluorescence probe: new approaches to data collection and analysis / A. Bogomolov, T. Grasser, M. Hessling // *Journal of Chemometrics*. – 2011. – Vol. 25. – P. 389–399.

14. Оленников, Д.Н. Методика количественного определения суммарного содержания полифруктанов в корневищах и корнях девясила высокого (*Inula helenium* L.) / Д.Н. Оленников, Л.М. Танхаева, Г.В. Чехирова [и др.] // *Химия растительного сырья*. – 2008. – № 1. – С. 95–99.

15. Комарова, В.И. Простой метод количественного определения глюкозы в плодах и напитках / В.И. Комарова, С.М. Тырина // *РЖ 19Р-1. Химия и технология пищевых продуктов, раздел рубрикатора 7. контроль качества и безопасности продукции АПК, Москва: ООО «НТИ-КОМПАКТ»*. – 2005. – Т. 23.

16. Храмцов, А.Г. Пребиотики как функциональные пищевые ингредиенты : терминология, критерии выбора и сравнительной оценки, классификация / А.Г. Храмцов, С.А. Рябцева, Р.О. Будкевич [и др.] // *Вопросы питания*. – 2018. – Т. 87. – № 1. – С. 5–17.

17. Пономарева, О.И. Использование молочнокислых бактерий для приготовления кислых элей / О.И. Пономарева, Е.В. Борисова, И.П. Прохорчик // *Вестник Международной академии холода*. – 2017. – № 2. – С. 13–17.

18. Квасников, У.И. Молочнокислые бактерии и пути их использования / У.И. Квасников, О.А. Нестеренко. – М. : Наука, 1975. – 389 с.

19. Яруллина, Д.Р. Бактерии рода *Lactobacillus* : общая характеристика и методы работы с ними / Д.Р. Яруллина, Р.Ф. Фахруллин. – Казань : Казанский университет, 2014. – 51 с.

20. Lopez-Molina, D. Molecular properties and probiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynarascolymus* L. ) / D. Lopez-Molina, M.D. Navarro-Martinez, F.R. Melgarejo, A.N.P. Hiner, S. Chazarra, J.N. Rodriguez-Lopez // *Phytochemistry*. – 2005. – Vol. 66. – P. 1476–1484.

21. Turrioni, F. Analysis of predicted carbohydrate transport systems encoded by *Bifidobacterium bifidum* PRL2010 / F. Turrioni, F. Strati, E. Foroni [et al.] // *Appl Environ Microbiol*. – 2012. – Vol. 78 (14). – P. 5002–5012.

**Каменская Елена Петровна**, к.б.н., доцент кафедры технологии бродильных производств и виноделия ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел. : 8(3852) 29-87-38, e-mail: [ekam2007@yandex.ru](mailto:ekam2007@yandex.ru).

**Вагнер Владимир Анатольевич**, к.т.н., заведующий кафедрой технологии бродильных производств и виноделия ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, e-mail: [v.a.wagner@mail.ru](mailto:v.a.wagner@mail.ru).

**Камаева Светлана Ивановна**, к.б.н., доцент кафедры технологии бродильных производств и виноделия ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел.: 8(3852) 29-87-38, e-mail: [rabota.tbpv@mail.ru](mailto:rabota.tbpv@mail.ru).