

УДК 663.813.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЛИЧИЯ МЯКОТИ В ТЫКВЕННОМ НАПИТКЕ НА ПРОЦЕСС ЛАКТОФЕРМЕНТАЦИИ

И.Б. Развязная, В.Н. Тимофеева

Представлены результаты исследований влияния наличия мякоти в тыквенных напитках на процесс ферментации молочнокислыми бактериями. Изучено изменение активной кислотности, количество молочнокислых бактерий и их денитрифицирующее действие при проведении лактоферментации. Показано, что наличие твердой фазы в напитке увеличивает скорость размножения микробных клеток и тем самым интенсифицируют процесс лактоферментации.

Введение

Одной из тенденций развития современной соковой промышленности является расширение производства овощных соков, обладающих пищевой и биологической ценностью, способных оказывать позитивное влияние на здоровье человека и служить природным профилактическим средством различных заболеваний. При этом при консервировании для достижения необходимой промышленной стерильности овощных соков с высокой активной кислотностью требуется внесение, в большинстве случаев, лимонной кислоты (известного канцерогенного вещества) и применение «жестких» режимов стерилизации, в результате чего значительно теряются ценные вещества. Сохранить в большей степени биологически активные вещества растительного сырья и смягчить режимы переработки, достигая при этом максимального технологического эффекта, позволяют методы биотехнологии, к которым относятся применение ферментных препаратов, а также культур микроорганизмов, в том числе лакто- и бифидобактерий [1–4]. Сегодня для Республики Беларусь является актуальным производство соков и напитков, подвергнутых молочнокислому брожению. Такие напитки обладают радиопротекторными и антиканцерогенными свойствами, которые объясняются комбинированным влиянием их состава и иммуногенной активностью микроорганизмов. Накопленная молочная кислота оптимизирует процесс пищеварения и повышает сопротивляемость организма к кишечным заболеваниям. Наряду с молочной кислотой молочнокислые бактерии (МКБ) способны продуцировать антибиотические вещества, подавляющие рост гнилостной и патогенной микрофлоры [1, 2, 5].

Для Республики Беларусь тыква является общедоступным сырьем для производства соков и напитков. Продукты переработки тыквы обеспечивают организм человека набором биологически активных веществ: белков, сахаров, органических кислот, полифенолов, витаминов, макро- и микроэлементов, необходимых для нормальной жизнедеятельности человека [6, 7].

Тыквенные напитки, подвергнутые молочнокислому брожению, можно получать по двум технологическим схемам: получением сока прямого отжима прессованием и смешиванием его с сахаром либо получением пюре и смешиванием последнего с сахарным сиропом. Далее в полученную композицию при соблюдении микробиологической стерильности вносится концентрат бактериальный прямого внесения, и смесь подвергается целенаправленному молочнокислому брожению (лактоферментации). Поэтому представляло интерес изучить влияние наличия мякоти в напитке, подвергнутом молочнокислому брожению, на процесс лактоферментации.

Целью исследований являлось изучение влияния наличия мякоти в тыквенных напитках на протекание процесса лактоферментации при сбраживании их концентратом бактериальным прямого внесения, состоящим из комбинации *Streptococcus salivarius subspecies termophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricum*.

Результаты исследований и их обсуждение

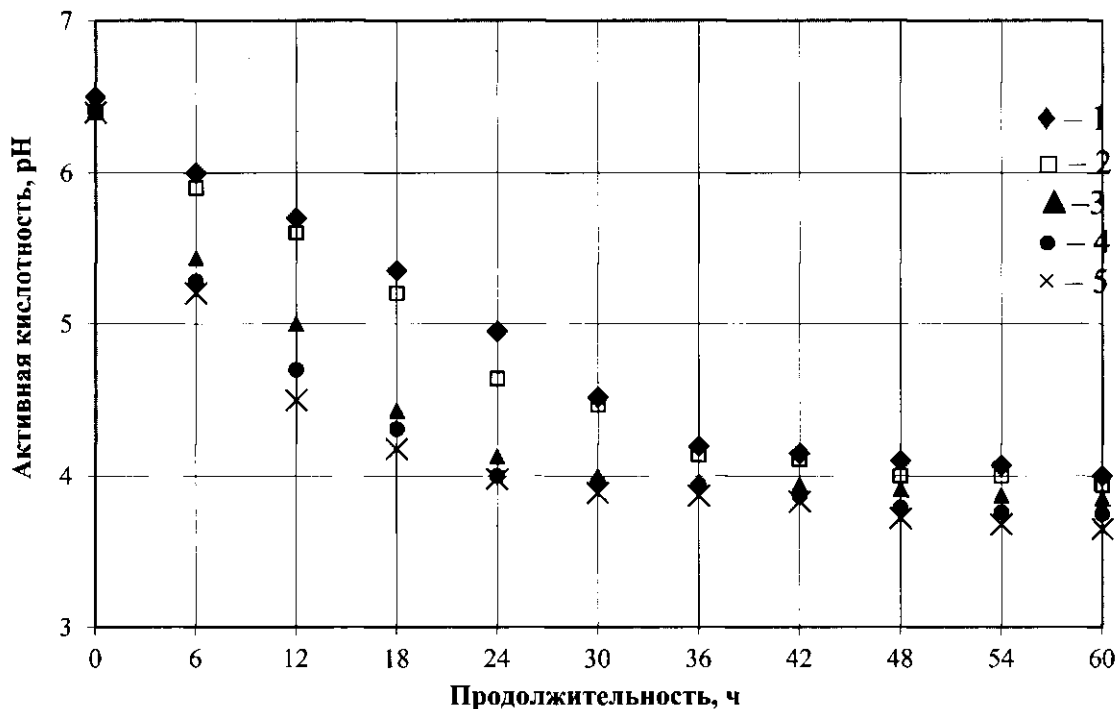
Активный рост молочнокислых бактерий в большой степени зависит от наличия в питательной среде ростовых веществ. Для проявления своей жизнедеятельности молочнокислые бактерии требуют субстратов, являющихся источником энергии и веществ, необходимых для

построения бактериальной клетки (аминосахаров, полисахаридов, нуклеиновых кислот и т.д.).

Наиболее значимыми для развития молочнокислых бактерий являются моно- и дисахариды. Эти компоненты используются как источник энергии, а также участвуют в конструктивном обмене. Определенное стимулирующее влияние на рост и ферментативную активность молочнокислых бактерий оказывает наличие в сбраживаемом субстрате свободных аминокислот, витаминов, неорганических соединений.

В основе получения тыквенного напитка с мякотью была использована технология тыквенного нектара с мякотью [8, 9], включающая получение тыквенного пюре и смешивание его с 19,4%-ным сахарным сиропом в равных соотношениях.

Из литературных источников известно, что двух-трехкратно разведенные водой соки многих овощей стимулируют секрецию и кислотообразующую функцию желудочных желез почти вдвое сильнее и дольше, нежели специально изготавливаемые в этих целях химические лечебно-профилактические препараты. Благодаря значительному преобладанию солей калия над солями натрия овощные соки относятся к надежным средствам профилактики явных и скрытых отеков тканей при ряде болезней сердечно-сосудистой системы [5]. В связи с этим на начальном этапе исследований с целью сохранения натуральности, придания напитку пьющейся консистенции, снижения калорийности тыквенное пюре смешивали с подготовленной водой в различных соотношениях перед ферментацией. Аналогичный эксперимент проводили, смешивая тыквенное пюре с сахарным сиропом разной концентрации. Исследовали динамику активной кислотности в процессе лактоферментации, а также органолептические показатели ферментированных смесей. Результаты эксперимента представлены в рисунке 1.



- 1 – 40% пюре и 60% воды;
- 2 – 50% пюре и 50% воды;
- 3 – 50 % пюре и 50% сахарный 10%-й сироп;
- 4 – 50 % пюре и 50% сахарный 20%-й сироп;
- 5 – 50 % пюре и 50% сахарный 25%-й сироп.

Рисунок 1 – Динамика активной кислотности в различных смесях с мякотью

Активная кислотность начинала существенно снижаться при внесении в сбраживаемый субстрат сахаров (сахарного сиропа). Для напитков, полученных смешиванием тыквенного пюре и воды, активная кислотность ниже 4,0 (в соответствии с требованиями СТБ 829–2008) была достигнута только к 48 ч лактоферментации. В то же время внесение в сбраживаемую

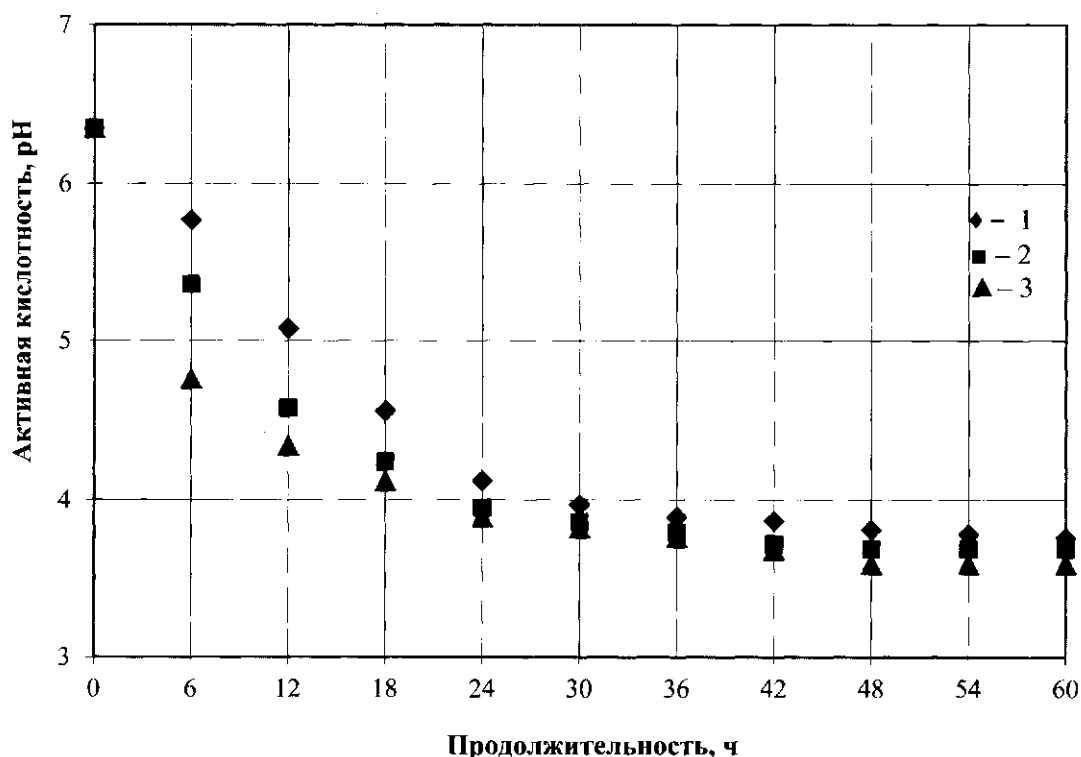
среду сахарного сиропа позволило достигнуть во всех образцах напитков необходимую активную кислотность в течение (22–30) ч.

За счет синтеза молочной кислоты активная кислотность при лактоферментации тыквенных напитков снижается до величины рН ниже 4,0. Образующаяся молочная кислота придает продукту специфический приятный вкус. Кроме того, повышение концентрации водородных ионов в среде позволяет смягчить режим тепловой обработки нового продукта и, как следствие, в большей степени сохранить биологически активные вещества.

Обладая достаточно малой константой диссоциации ($1,34 \cdot 10^{-4}$) по сравнению с традиционно вносимой лимонной кислотой ($8,4 \cdot 10^{-4}$), молочная кислота оказывает более сильное антимикробное действие при одной и той же массовой концентрации. Обладая высокой проникающей способностью в клетки и ткани продуктов переработки, молочная кислота обеспечивает оптимальный уровень рН для действия ферментов и создает благоприятные условия для направленного течения биохимических процессов, положительно влияющих на структуру, консистенцию, вкусовые качества и пищевую ценность продуктов.

По органолептическим показателям наилучшим получился образец напитка с содержанием 20 %-го сахарного сиропа, что соответствует концентрации сахара в смеси 10 %. Напитки, полученные смешиванием пюре и воды, имели пустой вкус и слабо выраженный аромат.

Параллельно проводились исследования по лактоферментации той же бактериальной закваской тыквенного сока полученного прессованием, т.е. с отсутствием мякоти. Сахар вносили в количестве, эквивалентном внесенному в напитки с мякотью, т.е. 5 %, 10 % и 12,5 % от массы смеси. Данные по изменению активной кислотности представлены на рисунке 2.



1 – 95% сока и 5 % сахара; 2 – 90% сока и 10 % сахара; 3 – 87,5% сока и 12,5 % сахара

Рисунок 2 – Динамика активной кислотности в зависимости от содержания сахара

Величина активной кислотности рН менее 4,0 была достигнута в исследуемых образцах за различное время (от 18 до 30 ч). Однако купаж с содержанием 5% сахара имел лучшие органолептические показатели по сравнению с другими образцами. При этом следует отметить, что массовая доля сахара в этом образце в два раза ниже по сравнению с выбранным тыквенным напитком с мякотью.

Как известно, рост и размножение молочнокислых бактерий наиболее эффективны при наличии комплекса нерастворимых веществ, которые обеспечивают буферное (защитное) действие по отношению к клеткам микроорганизмов. Клетки МКБ менее чувствительны к повышению содержания ионов водорода за счет повышения буферности системы в случае носителя – высокомолекулярных поливалентных полисахаридов и белковых макромолекул, обеспечивающих распределение ионов водорода на поверхности [9].

В результате исследований отмечено, что при одинаковых концентрациях сахара процесс лактоферментации идет с разной скоростью. Нами был исследован рост клеток МКБ в зависимости от содержания мякоти. При этом лактоферментацию проводили при прочих одинаковых условиях: температура $(43 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, количество вносимой закваски 0,05 %. Данные представлены на рисунке 3.

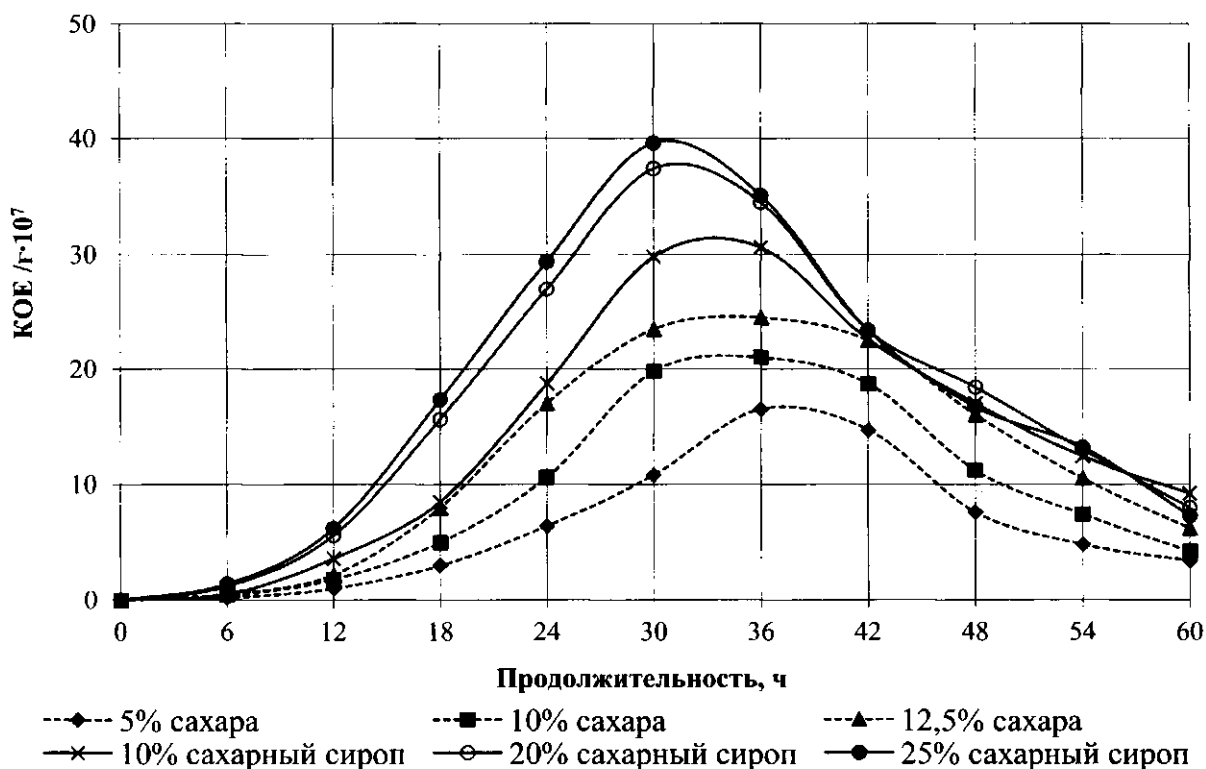


Рисунок 3 – Зависимость количества клеток молочнокислых бактерий от содержания сахара и наличия мякоти

Из рисунка 3 видно, что наличие твердой фазы (мякоти) стимулирует накопление биомассы в сбраживаемом субстрате. В результате иммобилизации клеток МКБ на твердой фазе напитка с мякотью увеличивается скорость размножения клеток, при этом микробиальные клетки равномерно распределены по всему объему субстрата и тем самым интенсифицируют процесс лактоферментации. Кроме того, наличие мякоти в напитке обеспечивает поступление в организм большего количества биологически активных веществ, по сравнению с напитком без мякоти.

В выбранных по органолептическим показателям напитках концентрация МКБ через 24 ч лактоферментации составляет $6,4 \cdot 10^7$ КОЕ/г в напитке без мякоти с содержанием 5% сахара и $27 \cdot 10^7$ КОЕ/г в напитке с мякотью с внесением 20%-ного сахарного сиропа (соответствует концентрации сахара в смеси 10 %).

Результат чрезмерного и несбалансированного использования азотных удобрений – избыток нитратов в плодоовощной продукции. Нитраты также могут накапливаться из атмосферы путем сорбции окислов азота, образующихся при сжигании различных видов топлива. В современных публикациях наблюдается тенденция перехода от принятого ранее сглаживания опасности, а иногда и сокрытия данных об избыточном количестве токсикантов в продукции

к другой крайности – резкому преувеличению этой опасности, зачастую недостаточно подтвержденную экспериментально.

Известно, что содержание нитратов в сырых овощах изменяется в зависимости от вида, места произрастания, содержания сухих веществ и даже величины образца. Тыква характеризуется повышенной способностью к накоплению нитратов, поэтому необходимо располагать отработанной технологией, включающей стадию денитрификации. В литературе [2, 5, 11] имеются данные о том, что некоторые микроорганизмы способны активно разрушать до 90 % нитратов.

Денитрифицирующие микроорганизмы могут использовать содержащиеся в субстрате нитраты для двух целей:

– бактерии могут на их основе синтезировать клеточные азотсодержащие компоненты. Этот процесс принято называть ассимиляционной нитратредукцией, которая может протекать как в аэробных, так и в анаэробных условиях;

– диссимиляционная нитратредукция (нитратное дыхание), при которой нитраты служат конечным акцептором водорода, а процесс протекает в анаэробных условиях. Этот процесс имеет практическое значение при использовании денитрифицирующих бактерий в пищевой промышленности.

Некоторые литературные источники [1,2,10, 11] свидетельствуют о денитрифицирующем эффекте МКБ. Эти сведения создают предпосылку использования культур МКБ для снижения нитратов в продуктах переработки овощей.

В своих исследованиях мы использовали тыкву с разных приусадебных участков и, следовательно, с разными условиями произрастания. При этом сырье сильно отличалось по содержанию нитратов. Поэтому представляло интерес также изучить изменение содержания нитратов в процессе лактоферментации для подтверждения эффекта денитрификации выбранной нами комбинации МКБ. Данные эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание нитратов в продуктах переработки тыквы

Наименование продукта	Содержание нитратов, мг/кг	
	фактическое	нормируемое
Тыква (мякоть)	128±32,00	200
Сок прямого отжима	128±32,00	не нормируется
Пюре тыквенное	116±29,00	не нормируется
Напиток тыквенный, прошедший молочнокислое брожение		200
без мякоти	81±20,25	
с мякотью	75±18,75	

На основании проведенных исследований установлено, что после протекания молочнокислого брожения содержания нитратов в напитке с мякотью снизилось на 35,3% и на 36,7% в напитке без мякоти по сравнению с его первоначальным значением. Уменьшение содержания нитрат-ионов происходит в результате поглощения нитратов молочнокислыми бактериями. Снижение содержания нитратов в готовом продукте может быть также объяснено проводимой тепловой обработкой сырья и напитков при подготовке к лактоферментации, что также способствует снижению нитратов. В целом содержание нитратов в готовом продукте не превышало допустимый уровень.

Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что лактоферментация положительно сказывается на качестве продуктов переработки тыквы. Наличие твердой фазы (мякоти) стимулирует накопление биомассы МКБ в сбраживаемом субстрате, что связано с иммобилизацией клеток МКБ на твердой фазе напитка с мякотью, в результате чего микробиальные клетки равномерно распределены по всему объему субстрата. Кроме того, наличие мякоти в напитке обеспечивает поступление в организм большего количества биологически активных

веществ, по сравнению с напитком без мякоти. Однако, несмотря на то, что иммобилизация клеток заметно интенсифицирует процесс молочнокислого брожения, лактоферментации предложено подвергать тыквенный напиток без мякоти с содержанием 5% сахара и напиток с мякотью с внесением 20%-ного сахарного сиропа (что соответствует концентрации сахара в смеси 10 %). Экспериментально доказано денитрифицирующее действие выбранной нами комбинации молочнокислых бактерий. Количество нитратов снижается более чем на 30 %.

Литература

- 1 Афанасьева, В.С. Сброженные овощные соки / В.С. Афанасьев, Е.Н. Кузнецова, А.М. Спиренкова // Пищевая промышленность. – 1992. – №1. – С. 22–23.
- 2 Гореньков Э.С., Кузнецова Е.Н., Афанасьева В.С. Овощные соки и напитки «Здоровье», полученные с использованием биотехнологии // Сборник материалов Междун. научно-практ. конф. «Флодоовощные консервы – технология, оборудование, качество, безопасность», посвященной 75-летию ВНИИКОП. – Т.1. М.:ВНИИКОП. 2004. С. 114–118.
- 3 Гореньков, Э.С. Новые напитки профилактического назначения // Пищевая промышленность. – 1996. – №1. – С. 30–31.
- 4 Кожухова, М. Получение овощных соков и напитков с использованием биотехнологических методов / М.А. Кожухова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 4. – С. 28–31.
- 5 Бондарик, З.А. Лактоферментированные комбинированные продукты / З. А. Бондарик, О.А. Кириленко // Агропанорама. – 1997. – №1. – С. 30–31.
- 6 Лекарственные свойства сельскохозяйственных растений / П.М. Корнилов, Г.В. Макаров, Н.Л. Налетько и др. Под ред. М.И.Борисова, С.Я.Соколова. – Мн.: Ураджай, 1985. – 272 с.
- 7 Фрукты и овощи в питании человека / В.П. Переднев, Д.К.Шапиро, В.А. Матвеев, А.Ф. Радюк. – Мн.: Ураджай, 1984. – 208с.
- 8 Технологическая инструкция по производству соков, нектаров, напитков овощных: ТИ ВУ 190239501.8.068 – 2007: утв. РУП «НПЦ НАНБ по продовольствию» 29.12.2007. – Минск, 2007. – 20 с.
- 9 Нектар тыквенный с мякотью РЦ ВУ 190239501.8.580–2007 / Л.М. Павловская, С.В. Потоцкая: утв. РУП «НПЦ НАНБ по продовольствию» 21.07.2007. – Введ. 01.08.2007. – Минск, 2007. – С. 7
- 10 Банникова, Л.А. Микробиологические основы молочного производства / Л.А. Банникова, Н.С. Королева, В.Ф. Семенихина; под ред. Я.И. Костина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.
- 11 Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии / пер. с нем. под общ.науч. ред. А.Ю. Колеснова, Н.Ф. Берестеня, А.В. Орещенко; под ред. У. Шобингера. – СПб.: Профессия, 2004. – 640 с.

Поступила в редакцию 19.05.2015