

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ФЕРМЕНТИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ

Лялина О.Ю., аспирант; Посокина Н.Е., канд. техн. наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
технологии консервирования», г. Видное, Московская область

Ферментирование овощей (квашение капусты и соление огурцов) относится к микробиологическим методам консервирования. Оно основано на превращениях сахаров, содержащихся в овощах, в молочную кислоту под действием молочнокислых бактерий. Молочнокислое брожение при квашении капусты и солении овощей обычно возникает самопроизвольно (спонтанно) в результате деятельности молочнокислых бактерий, находящихся на поверхности сырья. Эпифитная микрофлора овощей содержит все виды микроорганизмов, важных для осуществления молочнокислого брожения, вследствие этого процесс самопроизвольного брожения принимает весьма сложный характер, так как при этом образуются продукты жизнедеятельности всех участвующих в брожении микроорганизмов. В результате доминирующей деятельности молочнокислых бактерий глюкоза и фруктоза овощей превращается в молочную кислоту.

Образующаяся при брожении молочная кислота оказывает консервирующее действие, придает продукту специфические вкусовые качества, подавляет жизнедеятельность многих нежелательных микроорганизмов, препятствует порче продуктов. Однако многочисленные второстепенные продукты ферментации также играют важную роль в обеспечении вкусовых свойств ферментированных продуктов. Несмотря на то, что сахара сырья обеспечивают энергией обменные процессы и рост микроорганизмов при брожении овощей, аминокислоты, углеводороды, пептоны, липиды, витамины и минеральные вещества сырья также необходимы для роста молочнокислых бактерий.

Технологический процесс брожения происходит в несколько стадий. Первая стадия характеризуется проникновением соли в растительную ткань. Одновременно вещества, растворенные в клеточном соке сырья, переходят в рассол. Благодаря этому в рассоле накапливаются сахара и создаются условия, благоприятные для развития молочнокислых бактерий.

На первой стадии активизируются прежде всего содержащиеся в сырье различные аэробные формы микроорганизмов - дрожжи, плесени, гнилостные аэробы, протеолитические спорообразующие микроорганизмы, представители *Aerobacter aerogenes*, *Coli - aerogenes* и другие, которые могут развиваться только в присутствии кислорода воздуха. В первые часы ферментации, до удаления из рассола и из тканей овощей содержащегося в них кислорода, они используют благоприятные для них условия развития – высокие значения рН (5,5-6,5), наличие сахара, растворимых белков и соли. Они образуют небольшое количество молочной кислоты, а также муравьиную, уксусную, янтарную кислоты, углекислый газ, водород и следы метана. Газообразование в первые дни брожения проявляется в виде сильного пенообразования [1, 2].

Аэробные дрожжи и плесени могут появляться на поверхности неправильно закрытых емкостей. В дальнейшем они потребляют молочную кислоту, нейтрализуют рассол, способствуют росту нежелательных микроорганизмов и приводят к размягчению продукта. Плесневые грибы и дрожжи на всех стадиях брожения вызывают образование нежелательного вкуса, запаха и окраски. Такое действие аэробных микроорганизмов может быть значительно снижено за счет исключения контакта ферментируемых овощей с воздухом путем пригнетания капусты, погружения ферментируемых овощей в собственный сок или рассол. Угнетающее действие оказывает поваренная соль в количестве 1,5-2 %, а также сорбиновая кислота в количестве 0,05 %. Вследствие этого на начальной стадии брожения в связи с возрастанием недостатка кислорода и повышением кислотности рассола деятельность аэробных микроорганизмов замедляется, а темпы роста молочнокислых бактерий увеличиваются [2].

На втором этапе ферментации развиваются гетероферментативные молочнокислые бактерии, прежде всего *Leuconostoc mesenteroides*. Эти коккообразные микроорганизмы продуцируют молочную кислоту, углекислый газ, уксусную кислоту, этиловый спирт, маннит, декстран и эфиры. Они быстрее снижают pH, чем тормозят развитие нежелательных микроорганизмов и их ферментов. Углекислый газ вытесняет воздух и создает анаэробные условия, благоприятные для стабилизации аскорбиновой кислоты и натурального цвета овощей. Сочетание кислот, спиртов, эфиров и других веществ придает продукту уникальный желаемый вкус и аромат. Активное развитие *Leuconostoc mesenteroides* обеспечивает условия для роста других молочнокислых бактерий в известной последовательности и является определяющим для получения высококачественной солено-квашеной продукции. Эти бактерии развиваются во много раз быстрее остальных видов молочнокислых бактерий при концентрации соли до 4 % и оптимальной температуре +18+22 °С. Эта культура может развиваться и при сравнительно низких температурах - 7,5 °С. На втором этапе ферментации pH снижается до 4,2-4,5, накопление кислот достигает 0,7 – 1,0 % [1, 2].

Первые две стадии ферментации овощей обычно заканчиваются при оптимальной температуре в течение 3-6 дней. В дальнейшем процесс брожения осуществляется молочнокислыми бактериями *Lactobacillus*, *Pediococcus cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum*.

Третий этап отличается интенсивным образованием молочной кислоты. Он определяется, прежде всего развитием различных гомоферментативных молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum*. Эти неподвижные грамположительные короткие палочки считаются важнейшими микроорганизмами, вызывающими процесс брожения. Они образуют только молочную кислоту и практически не образуют газы и другие продукты. Благоприятная температура для их развития - 18-20 °С. Они устойчивы к высоким концентрациям поваренной соли, но чувствительны к продуктам обмена гнилостных бактерий, таким как индол, скатол, индолилуксусная и пропионовая кислоты. В результате интенсивного молочнокислого брожения на этом этапе ферментации содержание молочной кислоты может достигать 1,0-2,0 %. В дальнейшем *Lactobacillus plantarum* угнетается собственным продуктом обмена - молочной кислотой и уступает место другим молочнокислым бактериям [1].

На последней стадии брожения из оставшихся углеводов образуются молочная и уксусная кислоты, этиловый спирт, маннит, углекислый газ под воздействием преимущественно молочнокислых бактерий *Lactobacillus brevis* и идентичных *Bacillus brassicae*. Они характеризуются способностью сбраживать пентозные сахара, арабинозу, ксилозу и играют определенную роль как ароматобразующие микроорганизмы. На этой стадии ферментации принимают участие и некоторые другие гетероферментативные бактерии – *Streptococcus cerevisiae* и *Streptococcus faecalis*, особенно при высоких температурах и повышенных концентрациях соли. Концентрация титруемых кислот может превышать 2 %, но не более 2,5 %, так как чувствительные к кислоте молочнокислые бактерии в этой области угнетаются [1, 2].

Характерные нежный вкус и аромат солено-квашеной продукции в конечном итоге определяется наличием молочной кислоты, углекислого газа, этилового спирта и уксусной кислоты. Они образуются в результате биохимических превращений, вызываемых молочнокислыми микроорганизмами в процессе ферментации (брожения) овощей и последующем периоде созревания солено-квашеной продукции при хранении. На скорость и характер молочнокислого брожения наиболее существенное влияние, оказывают температура, количество поваренной соли и прекращение доступа воздуха.

Рост микроорганизмов зависит от концентрации соли и содержания кислоты. Поваренная соль при ферментации овощей не является консервирующим средством. Она способствует образованию рассола и благоприятно воздействует на микроорганизмы, участвующие в брожении, а также тормозит развитие вредной микрофлоры, тогда как основные молочнокислые бактерии менее чувствительны к ней. Концентрация поваренной соли менее 2,2 % способствует более интенсивному развитию гетероферментативных молочнокислых бактерий, чем гомотроферментативных. При этом образуется более высокая общая кислотность и рН, возрастает опасность размягчения продукции. Концентрация поваренной соли более 2,5 % ухудшает вкус и консистенцию солено-квашеной продукции [1, 2].

Молочнокислые бактерии являются анаэробными микроорганизмами. Они могут развиваться как в присутствии, так и в отсутствии кислорода воздуха, однако брожение не может начаться до тех пор, пока не будет вытеснен кислород, находящийся в емкости соления.

При грубом нарушении технологического процесса могут развиваться гнилостные бактерии, расщепляющие белки, например *Enterobacter acrogens*. Они также образуют продукты обмена веществ с неприятным вкусом и запахом, например индол, скатол, сероводород. На первых этапах брожения, а также при замедленном брожении и повышенной температуре могут развиваться нежелательные маслянокислые бактерии *Clostridium butyricum*. Они сбраживают наряду с сахарами молочную кислоту и ее соли, вследствие чего возрастает рН. Образующаяся масляная кислота придает продукту острый и прогорклый вкус, резкий и неприятный запах, солено-квашеная продукция размягчается. Темпы развития и размножения маслянокислых микроорганизмов намного быстрее, чем молочнокислых [2].

При слишком низких температурах брожения и его длительности в солено-квашеных продуктах появляется горечь, связанная с деятельностью психрофильных бактерий. Размягчение овощей может быть связано с деятельностью

бактерий и грибов, которые продуцируют ферменты, расщепляющие пектины. Бактерии вида *Leuconostoc* могут вырабатывать слизистые вещества из сахарозы, другие виды бактерий образуют белковоподобные слизистые вещества. При нарушении технологии пектинорасщепляющие виды микроорганизмов наряду с газообразующими дрожжами и бактериями рода *Enterobacter* и гетероферментативными бактериями вызывают образование пустот в огурцах [1, 2].

Качество готовой продукции в большой мере зависит от качества исходного сырья. Низкое содержание сахара делает невозможным накопление в продукте достаточного количества органических кислот, гарантирующих высокую кислотность, при которой исключается развитие нежелательных гнилостных и маслянокислых микроорганизмов. Добавление небольших количеств (до 0,01 %) уксусной или молочной кислоты позволяет целенаправленно управлять процессом молочнокислого брожения в его ранней стадии. Роль сахара добавляемого к огурцам с целью ускорения процесса ферментации остается неоднозначной [1].

Для улучшения качества ферментированных овощей и обеспечения направленного молочнокислого брожения рекомендуется применение чистых культур молочнокислых бактерий (заквасок) или стартерных активаторов при соблюдении оптимальных условий брожения. Это позволяет направленно использовать биохимическую активность микроорганизмов для быстрого и максимального накопления обладающей консервирующим действием молочной кислоты, исключить развитие нежелательной микрофлоры, избежать появления отходов поверхностных слоев продукции, получить продукцию с хорошим вкусом, ароматом и структурой и уменьшить время созревания солено-квашеной продукции.

Результаты испытания чистых культур молочнокислых микроорганизмов при производстве ферментированной продукции различными зарубежными авторами противоречивы. Некоторые авторы считают их применение средством ускорения и оптимизации молочнокислого брожения, однако отмечают возможность получения продукта с обедненным вкусом. Большинство исследователей сообщают о положительном влиянии чистых молочнокислых бактерий на процесс ферментации овощей. Чистые культуры *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, а также их комбинации (например, *Lactobacillus brevis* + *Leuconostoc mesenteroides* и др.), испытанные при брожении капусты, огурцов, перца, зеленых томатов, способствовали быстрому снижению pH, значительному накоплению молочной кислоты при низком содержании уксусной кислоты, резко уменьшали количество нежелательной микрофлоры. При этом отмечалось улучшение органолептических свойств готовой продукции, в частности вкуса и цвета. В Германии, США, Японии имеется ряд патентов на производство солено-квашеной продукции с применением заквасок молочнокислых бактерий и их смесей с добавлением глюкозы, приправ и дрожжевых грибов [1, 2, 3].

В нашей стране С.Н. Бруев и М.В. Ерохина провели серию лабораторных и производственных испытаний чистых культур молочнокислых микроорганизмов *Lactobacillus plantarum* при квашении капусты и солении огурцов. Добавление заквасок при создании анаэробных условий ферментации и холодильного хранения позволили значительно улучшить качество ферментированных

овощей, также было отмечено, что капуста имеет лучший вкус и большее содержание витаминов С и группы В, чем при спонтанном брожении, обладает приятным нежным вкусом и ароматом и упругой консистенцией. Кроме того в 2 раза снижается срок её созревания. Такие же результаты были получены при внесении *Lactobacillus plantarum* в засаливаемые огурцы. Использование чистых культур молочнокислых микроорганизмов позволяет получить готовый продукт высокого качества за короткий промежуток времени, а также позволяет снизить потери массы сырья до 3 % с сохранением витаминов, более интенсивным накоплением кислот и высокими органолептическими показателями.

Современные работы по ферментированию овощей были бы невозможны без знаний и исследований, которые проводились советскими и зарубежными учеными. В России долгие годы никто не занимался проблемой направленного ферментирования овощей на основе новых подходов. Появление новых методов исследований дало определенный «толчок» этим работам. В настоящее время наш институт проводит исследования в области технологического сортоиспытания огурцов и штаммов молочнокислых микроорганизмов с целью оптимизации процесса ферментирования (сокращение времени ферментации, отсутствие нежелательных побочных продуктов ферментации, улучшение качества готового продукта), на основе сравнительного изучения микробиологических, биохимических и органолептических изменений, происходящих при спонтанном брожении и с использованием чистых культур молочнокислых микроорганизмов или их смесей *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus casei*. В рамках данной работы нами, по рекомендации ФГБНУ «ВНИИССОК» испытывается на пригодность для соления сорт огурцов «Водолей».

Объектом наших исследований является выявление изменений соотношения родов и видов микроорганизмов, в течение технологического процесса как спонтанного, так и направленного ферментирования. В своих исследованиях, наряду с классическими микробиологическими и физико-химическими методами исследований, мы используем ферментативные методы анализа (определение массовых концентраций сахарозы, глюкозы, фруктозы, D/L молочных кислот), а также систему капиллярного электрофореза (определение витаминов, углеводов и др.). Используем мы и молекулярно-генетические методы анализа (исследование генетической мутации используемых микроорганизмов, видовые изменения) с помощью ПЦР. Результаты исследований будут изложены после завершения «полного» цикла ферментации и получения результатов тестов и проведения соответствующих исследований.

Литература

1. Hutkins R.W. Microbiology and technology of fermented foods. IFT Press Blackwell Publishing, 2006. – 473 p.
2. Farnworth E.R. Handbook of fermented functional foods. CRC Press, 2008. – 581 p.
3. Leroy F., De Vuyst L. 2004. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. Trends in Food Science and Technology 15:67-78.