

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРИБА *ASPERGILLUS ORYZAE* В ТЕХНОЛОГИИ ФЕРМЕНТАЦИИ КАПУСТЫ

Е.И. Кипрушкина, А.А. Сергеева, В.В. Бакланова, В.А. Максимчук

Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

Большинство пищевых технологий основаны на биокаталитических методах конверсии сельскохозяйственного сырья. Ферментативный катализ субстратов обеспечивает радикальное изменение функциональных свойств и фракционного состава сырья на различных этапах его переработки, расширяет возможности совершенствования традиционных пищевых технологий, а также создания новых видов пищевых продуктов [1, 2].

Ферментированные продукты в настоящее время переживают повторное открытие, что обусловлено новыми достоверными данными об их пользе для здоровья. И если кисломолочные продукты, пиво и вино были предметом интенсивных исследований, ферментированные пищевые продукты на растительной основе, даже при их широком потреблении (квашеная капуста, кимчи, чайный гриб, или комбуча), получили меньше научного внимания. Кимчи – популярный гарнир в Корее, представляющий собой продукт кислой ферментации молочнокислыми бактериями, является из них наиболее изученным, и его потребление ассоциируется с многочисленными преимуществами для здоровья, включая профилактику рака и ожирения, снижение уровня холестерина и укрепление иммунной системы [3, 4].

Микробиота в настоящее время является одной из самых востребованных областей научных и медицинских исследований и оказывает заметное влияние на человека во время гомеостаза и заболеваний. В дополнение к общепризнанным последствиям питания для здоровья пищеварительной системы (например, дисбактериоза) и благополучия, в настоящее время имеются доказательства воздействия ферментированных продуктов питания и напитков на общее состояние здоровья, а именно, их значение для баланса кишечной микробиоты и функциональности мозга. Обнаружено, что употребление в пищу активных пробиотиков, особенно содержащихся в ферментированных пищевых продуктах, значительно улучшает баланс кишечной проницаемости и барьерную функцию [5–9].

Ферментированные продукты – это продукты, наделенные определенными функциональными свойствами, в процессе ферментации которых задействованы молочнокислые микроорганизмы, естественным образом существующие на поверхности сырья или добавленные (заквасочные культуры, дрожжи и т. д.).

Мицелиальные грибы *Aspergillus oryzae* имеют широкое применение в пищевой промышленности, т. к. не обладают патогенными и токсическими свойствами. Биосинтетическая способность по отношению к амилалитическим и протеолитическим ферментам, характерная для представителей микромицетов *Aspergillus oryzae*, используется в пищевой промышленности в виде ферментных препаратов при переработке растительного и животного сырья, в производстве соевого соуса, в спиртовом и пивоваренном производствах и др. [10].

A. oryzae как чистая микробиальная культура может быть рекомендована для осуществления биотехнологического процесса ферментации продуктов растительного происхождения, что повысит ассортимент квашеных овощей. Живые микроорганизмы применяются с намерением использовать их микробный метаболизм и улучшить качество ферментированной капусты. *Aspergillus oryzae* содержит пектиназы и целлюлазы, катализирующие разрушение 1,4 – гликозидных связей в молекуле целлюлозы с образованием набора олигосахаридов различной степени полимеризации вплоть до мономера – глюкозы. Поэтому коджи может быть рекомендован к использованию при квашении капусты, так как способен ускорять процесс квашения капусты с усилением вкусовых качеств.

Производство квашеной (ферментированной) капусты высокого качества является очень сложной задачей, поскольку существуют некоторые риски, связанные с протеканием процесса ферментации. Для положительного развития процесса необходимо, чтобы питательные вещества, содержащиеся в капусте, были сразу доступны молочнокислым бактериям. В этом случае нежелательная микрофлора не будет иметь потенциала для развития и, при накоплении значительных количеств молочной кислоты, будет уничтожена. Именно поэтому необходимо, чтобы процесс ферментации начинался как можно скорее с роста молочнокислых бактерий и, следовательно, с

быстрого уменьшения pH для предотвращения роста патогенных микроорганизмов. При этом должны сохраняться максимально анаэробные условия, так как если в процессе ферментации произойдет попадание воздуха, то это приведет к обесцвечиванию поверхности капусты, образованию неприятного аромата и понижению микробиологического качества продукта.

В свежей капусте содержится очень низкое количество молочнокислых бактерий, но этого количества обычно бывает достаточно для того, чтобы процесс ферментации начался. При этом, необходимо, чтобы происходило быстрое уменьшение pH в начале процесса, для того чтобы добиться быстрого увеличения кислотности, которая доминирует над нежелательной микрофлорой и подавляет её рост.

Добавочная культура – плесневые грибки *Aspergillus oryzae* вносится в сырье в начале процесса ферментации для улучшения качества ферментируемого сырья и обеспечения направленного проведения молочнокислого брожения. *A. oryzae* в течение ферментации дегидрирует клетки за счет ферментов пектиназы и целлюлазы и высвобождает клеточное содержимое. В качестве чистой культуры-инокулята при проведении экспериментов был выбран препарат коджи – Тане в виде порошкообразных спор *Aspergillus oryzae*, произведенные фирмой Vision Brewing (Япония), штамм ATCC 11866. Для ферментации капусты выбран сорт белокочанной капусты Белорусская, выращиваемый в Ленинградской области. Сорт относится к холодостойким, светолюбивым овощным культурам с высоким содержанием сахаров. Использовали два варианта приготовления сырья: способ традиционного сухого посола с использованием эпифитной микрофлоры сырья. Состав контрольного варианта состоит из капусты и соли.

Способ традиционного сухого посола с внесением дополнительной культуры при закваске *A. oryzae*, в количестве 0,1 % сухого концентрата от массы капусты.

Квашеную капусту солят с помощью сухого посола. Соль помогает предотвратить возможное размягчение сырья капусты и уменьшить развитие нежелательной микрофлоры. Так же она оказывает влияние на аромат конечного продукта. Обычно концентрация соли в ферментированной капусте находится в диапазоне 2–3 %. Однако сегодня потребители предпочитают более низкую концентрацию соли в своей еде, в основном из-за внимательного отношения к своему здоровью, именно поэтому все внимание сейчас сконцентрировано на том, чтобы производить ферментированную капусту с низким содержанием соли. Ученые доказали, что в процессе молочнокислого брожения, возможно, понизить концентрацию NaCl от 0,5 до 2,0 % без потери микробиологического или сенсорного качества готового продукта [4]. Также квашеная капуста может быть успешно произведена с использованием минеральной соли в низких концентрациях.

В связи с этим в эксперименте была использована минеральная соль в соответствии с ГОСТ Р 51574–2018 в количестве 1,5 % от общей массы продукта.

Добавочная культура – плесневые грибки *Aspergillus oryzae* должна быть внесена в сырье обязательно до начала процесса ферментации для улучшения качества ферментируемого сырья и обеспечения направленного проведения молочнокислого брожения. Ферментация капусты разными способами посола была проведена при температуре 20 °C в течение 7 сут. Сенсорный анализ качества ферментированного продукта проводился в соответствии с ГОСТом Р 53972–2010 «Овощи соленые и квашеные. Общие технические условия.» Определение кислотности биопродуктов в пересчете на молочную кислоту проводилось по ГОСТу 25555.0–82 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности (с Изменениями № 1, 2)».

Качество конечного продукта зависит от условий ферментации (рисунок 1). Ниже оценки по консистенции, аромату и вкусу получил биопродукт, приготовленный по традиционному способу посола с использованием эпифитной микрофлоры сырья. Контрольный вариант посола обладал слабо выраженным ароматом, но с преобладающим хрустом при раскусывании. Ферментированная капуста с использованием *A. oryzae* имела ярко-выраженный аромат, вкус и послевкусие, более мягкую структуру. Вероятно, размягчение квашеной капусты являлось следствием более интенсивного процесса образования молочной кислоты в результате дополнительной деструкции растительных клеток в присутствии активных пектиназ и целлюлаз, продуцируемых вносимой культуры *A. oryzae*.

Стоит отметить вкусовые характеристики квашеной капусты 2-го и 3-го способов посола: каждый из вариантов имеет ярко выраженный вкус квашеной капусты и послевкусие, соответствующее содержащимся компонентам.

В качестве физико-химического показателя определялась массовая доля титруемых кислот в расчете на молочную кислоту. Результаты титрования представлены на диаграмме (рисунок 2).

Органолептические исследования подтверждаются результатами физико-химических показателей, указанных на диаграмме. Анализ различных видов посола показал, что процесс квашения зависит от используемого вспомогательного сырья. По стандарту массовая доля титруемых кислот в пересчете на молочную кислоту должна находиться в интервале 0,7–1,5 %. На основе проведенных исследований можно утверждать, что квашеная капуста с использованием *A. oryzae* достигла нужной кислотности на 4-ые сутки квашения. *A. oryzae* ускоряет процесс ферментации, что приводит к сокращению временных затрат на производство квашеной капусты

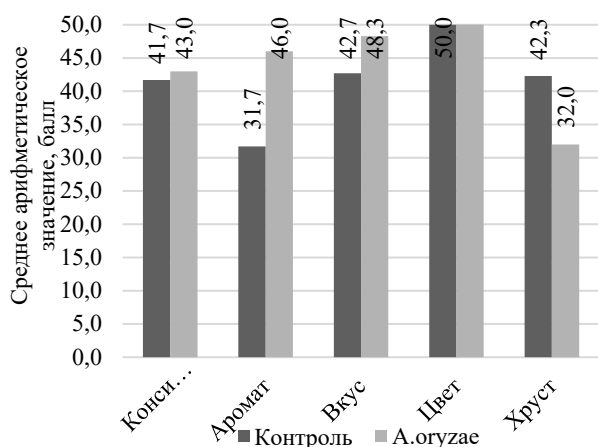


Рисунок 1 – Органолептическая оценка качества ферментированной капусты

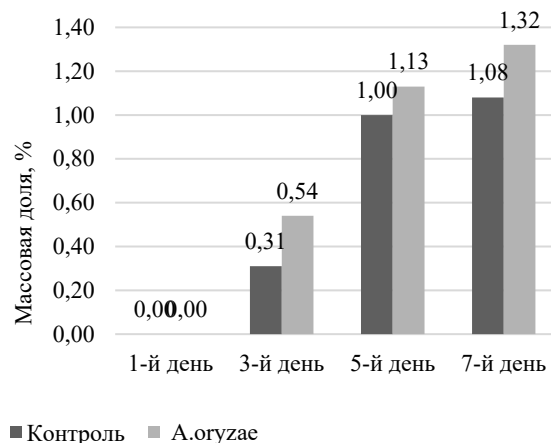


Рисунок 2 – Накопление титруемых кислот при ферментации капусты в пересчете на молочную кислоту

По результатам исследования возможности применения гриба *Aspergillus oryzae* в технологии ферментации капусты получены следующие выводы:

- при культивировании свежей белокочанной капусты мицелиальной массой *Aspergillus oryzae* при квашении происходит резкое нарастание молочной кислоты, что приводит к быстрому снижению pH и гарантированному процессу ферментации;
- использование *A. oryzae* в качестве дополнительной культуры при закваске ускоряет процесс ферментации, и квашеная капуста может быть произведена за более короткий период, по сравнению с естественной ферментацией;
- качественные признаки ферментированного продукта, а также его технологические, пищевые и функциональные параметры могут быть улучшены при применении *Aspergillus oryzae*.

ЛИТЕРАТУРА

- Римарева Л.В., Серб Е.М., Соколова Е.Н., Борщева Ю.А., Игнатова Н.И. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности // *Вопр. питания*. 2017. Т. 86. № 5. С. 62–74.
- Серб Е.М., и др. Научно-практические аспекты получения БАД на основе конверсии вторичных биоресурсов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2015. № 2. С. 44–50.
- Шишлова Е.С., и др. Основы ферментирования белокочанной капусты // *Вестник ВГУИТ*. 2018. Т. 80. № 2. С. 242–248.
- Redzepi R., Zilber D. *The Noma Guide to Fermentation* // Hardcover. – 2018. – 443 с.
- Claesson M J, Jeffery I B, Conde S, et al. Gut microbiota composition correlates with diet and health in the elderly. *Nature*, 2012; 488: 178–184.
- Stilling R, Dinan T, Cryan J. Microbial genes, brain&behavior – epigenetic regulation of the gut-brain axis. *Genes, Brain and Behav.* 2013; 13: 69–86
- Шагина В.Н., Блохина И.И., Серов И.С. Влияние кишечной микрофлоры на здоровье человека // *Молодой ученый*, 2019. № 28. – С. 200–203.
- Taira, T.; Dietary polyphenols increase fecal mucin and immunoglobulin a and ameliorate the disturbance in gut microbiota caused by a high fat diet. *J. Clin. Biochem. Nutr.* 2015, 57, 212–216.
- Кипрушкина Е.И., и др. Значение фактора питания в формировании кишечного микробиома // *Вестник МАХ*, 2020. № 2. – С. 52–60.
- Gibbons, John et al. «Эволюционный отпечаток одомашнивания на вариации генома и функции мицелиального гриба *Aspergillus oryzae*». *Современная биология*. 22: 1403–1409 (2016)., 2016.