ПРИКЛАДНАЯ БИОХИМИЯ И МИКРОБИОЛОГИЯ, 2025, том 61, № 2, с. 149–155

УДК 579.66

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАЦИИ С РАЗЛИЧНЫМИ ЛАКТОБАЦИЛЛАМИ НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗОЛЯТА ГОРОХОВОГО БЕЛКА

© 2025 г. И. В. Кравченко[1, *], В. А. Фуралев[1], Е. С. Пшенникова[1], А. Н. Федоров[1], В. О. Попов[1]

[1] *Институт биохимии им. А.Н. Баха, Федеральный исследовательский центр "Фундаментальные основы биотехнологии" Российской академии наук, Москва, 119071 Россия*

**e-mail: ink71@yandex.ru*

Поступила в редакцию 22.10.2024 г.
После доработки 04.11.2024 г.
Принята к публикации 12.11.2024 г.

В работе исследовано влияние ферментации семян гороха тремя бактериальными препаратами (БК-Углич-К, БК-Углич-АВ и БК-Углич-П) на запах и вкус выделенного изолята белка, а также на содержание в нем 1-гексаналя, фитатов и фенольных соединений. Показано, что ферментация позволяла улучшить запаховые характеристики изолята. Заметно снижались выраженность бобового и травянистого запаха, а также содержание 1-гексаналя. Ферментация позволяла улучшить также вкус изолята: весьма существенно уменьшить выраженность таких мешающих привкусов, как бобовый, терпкий, горький и травянистый, при этом в изоляте снижалось содержание фитатов и фенольных соединений. Полученные результаты позволили подобрать бактериальный препарат (БК-Углич-АВ) для улучшения органолептических параметров изолятов горохового белка, предназначенных для изготовления аналогов мясных и молочных продуктов.

Ключевые слова: изолят белка гороха, лактобациллы, органолептические свойства

DOI: 10.31857/S0555109925020042 **EDN:** ENVPJY

Использование изолятов горохового белка для производства растительных аналогов пищевых продуктов животного происхождения является перспективным направлением прикладной биотехнологии. Основным методом получения изолятов горохового белка является метод щелочной экстракции с последующим изоэлектрическим осаждением при pH в области изоэлектрической точки [1]. Получаемый таким способом продукт характеризуется высоким содержанием ценного в питательном отношении белка (80%) с оптимальным соотношением почти всех незаменимых аминокислот, он обладает хорошей растворимостью при нейтральных значениях pH.

Однако такой метод выделения не позволяет избавиться от характерного бобового запаха (а иногда и ряда других запахов) у выделяемого изолята, что сильно затрудняет его использование в пищевой промышленности: для большинства потребителей наличие бобового запаха существенно снижает потребительскую ценность растительных аналогов молока, йогурта, мяса и колбас, а также спортивных напитков на основе гороховых белков. Помимо этого, получаемый вышеописанным методом изолят обладает вкусом, далеким от нейтрального: у него сильно выражен бобовый вкус и, кроме того, имеется целый ряд заметных привкусов, включая горький, терпкий и травянистый.

Существует несколько подходов к получению изолятов растительных белков с нейтральными органолептическими свойствами. Можно модифицировать методику выделения, вводя в нее дополнительные стадии очистки, однако этот подход приводит к существенному удорожанию конечного продукта. Простым, экономичным и технологичным способом является ферментация молочнокислыми бактериями. Так, было показано, что ферментация гороховой муки с *Lactobacillus rhamnosus* уменьшала содержание целого ряда соединений (нонаналь, деканаль, октаналь и 1-гексанол), участвующих в формировании бобового запаха и вкуса [2]. В другой работе [3]

ферментировали гороховую муку различными культурами молочнокислых бактерий и наблюдали улучшение запаховых характеристик при ферментации с *Lactobacillus acidophilus.* При ферментации суспензии изолята горохового белка шестью различными культурами молочнокислых бактерий наблюдали уменьшение горького и вяжущего вкуса изолята, причем эффект был более выражен при использовании *Lactobacillus plantarum* [4]. В работе [5] также проводили ферментацию изолята горохового белка (как чистого, так и в смеси с молочным белком) смешанными культурами, составленными с участием 55 различных штаммов, для изучения влияния ферментации на содержание запахоактивных соединений; самое сильное уменьшение уровня запахоактивных альдегидов показала культура, содержащая бактерии *Hafnia alvei*, *Bacillus licheniformis* и *Lactiplantobacillus plantarum*. Ферментация суспензии изолята горохового белка культурой *Lactobacillus plantarum* уменьшала содержание альдегидов на 42.38%, а кетонов на 64.03%. При этом наблюдалось также некоторое улучшение аромата и вкуса [6]. Ферментация смешанной культурой из пяти видов молочнокислых бактерий (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* и *Lactobacillus paracasei*) весьма заметно уменьшала бобовый запах изолята горохового белка при производстве сыра [7].

В России коммерчески доступны заквасочные культуры целого ряда штаммов бактерий отечественного производства. Для работы были выбраны культуры *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus* и *Lactiplantobacillus plantarum* производства России, так как они обладают антагонистической активности по отношению к микроорганизмам, часто контаминирующим пищевые продукты [8], а также способны метаболизировать моно- и олигосахариды, содержащиеся в семенах гороха [9].

Цель настоящей работы — изучение влияния ферментации семян гороха моновидовыми бактериальными концентратами *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactiplantibacillus plantarum* на вкусовые и запаховые свойства получаемого изолята горохового белка, а также на содержание влияющих на эти свойства соединений: таких, как 1-гексаналь, фитаты и фенольные соединения.

МЕТОДИКА

Ферментация цельного гороха. Моновидовые лиофилизированные бактериальные концентраты БК-Углич-К (*Lactobacillus casei*), БК-Углич-АВ (*Lactobacillus acidophilus*), БК-Углич-П (*Lactiplantibacillus plantarum*) были произведены Экспериментальной биофабрикой ВНИИМС — филиала Федерального научного центра пищевых систем им. В.М.Горбатова РАН (Россия).

150 г промытого гороха сорта Фокор заливали 270 мл питьевой кипяченой воды. Бактериальный концентрат добавляли путем прямого внесения из рассчета 10^8 КОЕ/мл, инкубацию проводили 10 ч при 37°C. Затем семена гороха промывали и высушивали при 55°C.

Выделение изолята горохового белка. Для выделения изолята горохового протеина использовалась общепринятая методика [10]. Семена гороха (ферментированные или без обработки) измельчали в муку. Гороховую муку (150 г) суспендировали в 1.5 л воды, доводили pH до 9.0 с помощью 1 M NaOH и экстрагировали 2 ч. Суспензию центрифугировали 20 мин при 4200 *g*, pH супернатанта доводили до 4.5 с помощью 5 M HCl и инкубировали 2 ч при 4°C. Суспензию снова центрифугировали при 4200 *g* в течение 20 мин при 4°C, осадок белка растворяли в 200 мл воды, доводили pH с помощью 1 M NaOH до 7.0 и высушивали на распылительной сушке.

Газовая хроматография. Хроматография с масс-спектрометрией была выполнена на газовом хроматографе GC-MS, GS 2010 (“Shimadzu”, Япония) с квадрупольным масс-спектрометрическим детектором GCMS-QP 2010 (“Shimadzu”, Япония). Колонка Optima-1 (25 м × 0.25 мм, “Supelco”, Япония) была предварительно откалибрована в соответствии со стандартами индекса удерживания (“Sigma”, США). В качестве газа–носителя использовали гелий со скоростью потока 0.7 мл/мин и давлением потока 1 : 20. Летучие соединения были идентифицированы путем сравнения их экспериментальных спектров с данными Национального института стандартов и технологий (База данных масс-спектров NIST/EPA/NIH, NIST 11, Гейтерсбург, США). Каждый эксперимент был выполнен в трех повторах.

Электрофорез. Электрофорез проводили по методу Лэммли в ПААГ, с 10%-ным разделяющим гелем и 3.75%-ным концентрирующим гелем.

Определение фитатов. К 50 мг изолята добавляли 100 мг NaCl и 1 мл 0.64 M раствора HCl, интенсивно перемешивали и встряхивали на шейкере (MTS 2/4, “IKA”, Германия) 16 ч при 300 об./мин и комнатной температуре [11]. Затем образцы центрифугировали 10 мин при 10000 *g* и 10°C и разводили в 25 раз бидистиллированной водой. Каждый образец 0.6 мл смешивали с 0.2 мл свежеприготовленного реактива Вейда (0.03% г $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ + 0.3 г сульфосалициловой кислоты в 100 мл воды), смесь встряхивали, центрифугировали 10 мин при 10000 *g* и 10°C и отбирали супернатант. Калибровку строили по фитату натрия. Оптическую плотность измеряли при 500 нм с помощью спектрофотометра Helios α “Thermo Electron Corporation”, США). Каждый эксперимент был выполнен в четырех повторах.

Определение суммарных фенольных соединений. Для экстракции фенольных соединений 50 мг изолята суспендировали в 1 мл 80%-го метанола, обрабатывали ультразвуком 30 мин при 50°C, затем центрифугировали 10 мин при 10000 *g* [12]. Супернатант отбирали и охлаждали до –20°C, к осадку добавляли 1 мл 80%-го метанола и повторяли процедуру еще два раза. Затем объединяли все супернатанты и измеряли количество фенольных соединений [13]. К 20 мкл исследуемого образца добавляли 100 мкл реактива Фолина-Чокальтеу (“Sigma”, США), разведенного в 10 раз, через 5 мин добавляли 80 мкл 7.5%-ного раствора Na_2CO_3. Калибровку строили по галловой кислоте. Смесь инкубировали 1 ч в темноте и измеряли оптическую плотность при 650 нм с помощью фотометра BioPhotometr (“Eppendorf”, Германия). Каждый эксперимент был выполнен в четырех повторностях.

Сенсорный анализ. Для органолептического тестирования готовили 5% белковую суспензию на питьевой воде. Тестировали ферментированные и необработанные образцы, которые были подписаны случайными номерами [14]. В тестировании участвовало 7 человек, дескрипторы оценивали по 10-бальной шкале [15].

Статистический анализ. Результаты представлены в виде выборочного среднего ± стандартная ошибка. Статистическая значимость различий между каждой экспериментальной группой и контрольной была определена с использованием двустороннего *t*-критерия Стьюдента. Разница определялась как значимая при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Электрофорез изолятов, выделенных из ферментированного гороха. Молочнокислые бактерии экспрессируют целый ряд протеаз, часть из которых секретируется, а часть остается связанной с бактериальной клеткой. Поскольку эти протеазы могут расщеплять белки горохового изолята, белковый спектр ферментированных изолятов был проанализирован с помощью электрофореза. Результаты электрофоретического разделения белков гороховых изолятов представлены на рис. 1. Общая картина белкового спектра у изолятов, выделенных из семян гороха после ферментации различными закваскими, очень похожа. Ни одна из исследованных заквасок не расщепляла мажорные белковые полосы, соответствующие конвицилину, вицилину и легумину. Ферментация всеми тремя закваскими приводила к расщеплению белковой полосы с молекулярной массой 25 кДа. Из литературных данных известно [16], что эта белковая полоса с молекулярной массой 25 кДа соответствует белку альбумину. При использовании заквасок БК-Углич-АВ и БК-Углич-П наблюдалась большая степень расщепления альбумина, а закваски БК-Углич-К — несколько меньшая.

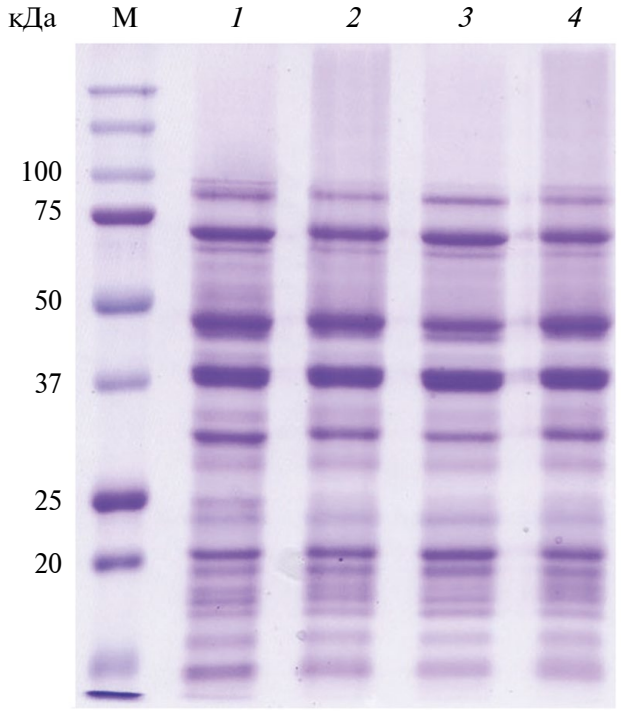

Рис. 1. Электрофорез по Лэммли изолятов белка, выделенных из гороха сорта Фокор, ферментированного бактериальными концентратами: *1* — необработанный горох; *2* — горох, ферментированный БК-Углич-АВ; *3* — горох, ферментированный БК-Углич-П; *4* — горох, ферментированный БК-Углич-К, М — маркеры молекулярной массы.

Влияние ферментации на запах изолятов. Ферментация всеми тремя исследованными закваскими значительно снижала выраженность бобового запаха изолятов (табл. 1). Эффект ферментации с использованием закваски БК-Углич-АВ был наиболее значителен: после ферментации его выраженность уменьшилась почти на 2.5 балла. Эффект ферментации с использованием закваски БК-Углич-П был немного слабее: он понижал интенсивность бобового запаха больше, чем на 2 балла. Ферментация с использованием закваски БК-Углич-К понижала этот параметр менее, чем на 2 балла.

У необработанного изолята также присутствовал травянистый запах, хотя его интенсивность была существенно ниже, чем бобового. Как и в случае бобового запаха, ферментация всеми тремя закваскими значительно снижала его выраженность: ферментация БК-Углич-АВ снижала ее до нуля, а ферментация БК-Углич-П и БК-Углич-К – почти на 1.5 балла.

Бобовый запах создается комбинацией большого количества различных по химическому составу веществ [17]. В коммерческом изоляте Nutralys® большинство из 71 запахоактивных соединений были альдегидами, затем следовали кетоны и кар-

Таблица 1. Влияние ферментации закваскими БК-Углич-К (К), БК-Углич-П (П) и БК-Углич-АВ (АВ) на запах изолята горохового белка по десятибалльной шкале

Характеристика запаха	К	П	АВ	Без обработки
Бобовый	1.29	1.0	0.71	3.14
Травянистый	0.43	0.43	0	1.86
Ореховый	1.43	1.0	1.0	1.0
Сладкий	0	0.29	0.29	0
Сырный	1.0	0	0	0

боновые кислоты, затем — спирты и альдегиды и затем остальные вещества. Важно отметить, что многие из этих соединений обладали способностью связываться с белками горохового изолята, поэтому от них не удавалось полностью избавиться в процессе выделения методом щелочной экстракции и осаждения в изоэлектрической точке.

Одним из главных запахоактивных соединений изолята Nutralys® был 1-гексаналь, поэтому на следующем этапе исследований мы определили его содержание в наших изолятах с помощью газовой хроматографии.

Влияние ферментации на содержание 1-гексаналя. Ферментация всеми тремя исследованными закваскими заметно снижала содержание 1-гексаналя в изолятах горохового белка (табл. 2). Так, ферментация с использованием заквасок БК-Углич-П и БК-Углич-АВ понижала его содержание до 42–43% от содержания в изоляте, выделенном из необработанного гороха, а ферментация с использованием закваски БК-Углич-К — до 59% от этого уровня. Следует отметить, что последняя закваска уменьшала выраженность бобового запаха изолята также в несколько меньшей степени, чем первые две.

Влияние ферментации на вкус изолятов. Ферментация гороха всеми тремя исследованными закваскими заметно изменяла вкус изолятов горохового белка (табл. 3). Наиболее существенные изменения наблюдались в результате ферментации БК-Углич-АВ. Она снижала выраженность бобового вкуса конечного продукта более чем на 4.5 балла; травянистого — более, чем на 2 балла; привкус горечи, а также терпкий привкус были уменьшены более, чем на 2.5 балла. Весьма заметные изменения вкуса (хотя и не столь существенные) наблюдались и при ферментации гороха двумя другими закваскими. В частности, закваска БК-Углич-П также снизила выраженность бобового вкуса изолята более, чем на 4.5 балла; травянистого — почти на 2 балла; привкус горечи был уменьшен более, чем на 2 балла, а терпкий привкус — более, чем на 1.5 балла. Кроме того, эта ферментация слегка повысила выраженность орехового вкуса. Ферментация гороха закваской БК-Углич-К также снизила выраженность бобового вкуса конечного продукта, хотя и не столь сильно — всего на 4 балла. Выраженность травянистого привкуса была снижена эффективнее, чем в остальных случаях — более, чем на 2.5 балла; привкус горечи был уменьшен более, чем на 2.5 балла, а терпкий привкус — более, чем на 1 балл.

Среди соединений, участвующих в формировании вкуса изолята горохового белка, важное место занимают соли фитиновой кислоты (фитаты), а также различные фенольные соединения. Фитаты придают продукту терпкий привкус [18], а фенольные соединения — горький и терпкий [19, 20]. На следующих этапах исследований было определено содержание этих веществ в изолятах.

Влияние ферментации на содержание фитатов. Ферментация со всеми тремя исследованными закваскими заметно снижала содержание фитатов в изолятах горохового белка (табл. 2). Так, ферментация с использованием заквасок БК-Углич-П и БК-Углич-АВ понижала их содержание до 50–53% от содержания в изоляте, выделенном из необработанного гороха, а ферментация с использованием закваски БК-Углич-К — до 66% от этого уровня.

Влияние ферментации на содержание фенольных соединений. Ферментация всеми тремя исследованными закваскими снижала также и содержание фенольных соединений в изолятах горохового белка (табл. 2). Так, ферментация с использованием закваски БК-Углич-П понижала их содержание до 50% от содержания в изоляте, выделенном из необработанного гороха, закваски БК-Углич-АВ — 55%, а закваски БК-Углич-К — до 67% от этого уровня.

Таким образом, ферментация молочнокислыми бактериями позволяла существенно улучшить запах и вкус изолята горохового белка, уменьшить содержание 1-гексаналя и фитатов. Концентрация запахоактивных и вкусовых веществ может снижаться в результате ферментации по двум причинам: во-первых, микроорганизмы могут метаболизировать эти вещества, а во-вторых,

Таблица 2. Влияние ферментации закваскими БК-Углич-К (К), БК-Углич-П (П) и БК-Углич-АВ (АВ) на содержание в изоляте горохового белка 1-гексаналя, фитатов и фенольных соединений

Соединение	К	П	АВ	Без обработки
1-гексаналь, % от содержания в изоляте из необработанного гороха	59 ± 5	42 ± 4	43 ± 5	100
Фитаты, мг на г белка	6.5 ± 0.3	4.9 ± 0.2	5.2 ± 0.3	9.8 ± 0.4
Фенольные соединения, мкг галловой кислоты на г белка	1022 ± 61	716 ± 49	834 ± 54	1526 ± 69

Таблица 3. Влияние ферментации закваскими БК-Углич-К (К), БК-Углич-П (П) и БК-Углич-АВ (АВ) на вкус изолята горохового белка по десятибалльной шкале

Оценка вкуса	К	П	АВ	Без обработки
Бобовый	1.0	0.43	0.43	5.0
Травянистый	0.43	1.18	0.86	3.14
Ореховый	0	0.29	0	0
Сладкий	0	0.14	0	0.29
Горький	2.16	2.71	2.16	4.86
Терпкий	3.86	3.57	2.43	5.14
Соленый	0.86	0.57	0.86	0.86

протеазы микроорганизмов могут расщеплять альбумин гороха. Известно, что альбумин связывает множество различных веществ, влияющих на органолептические изолята горохового белка, включая альдегиды, кетоны, спирты и сложные эфиры [21]. Возможно, что расщепление альбумина при ферментации исследованными закваскими приводило к освобождению этих веществ и их удалению в ходе осаждения белка при pH в области изоэлектрической точки, а, следовательно, и уменьшению выраженности различных запахов и привкусов.

В целом, для улучшения органолептических свойств изолята горохового белка наиболее предпочтительным выбором будет использование закваски БК-Углич-АВ. Ферментация именно этой закваской весьма существенно снизила выраженность как бобового и травянистого запахов конечного продукта, так и мешающих привкусов (бобового, терпкого, горького и травянистого).

В предыдущей работе были изучено влияние ферментации семян гороха закваскими молочнокислых бактерий на функционально-технологических свойства получаемого изолята горохового белка [22]. Было показано, что для улучшения этих свойств наиболее целесообразно использовать закваски БК-Углич-АВ и БК-Углич-П. Первая из них наилучшим образом подходит для улучшения функционально-технологических свойств изолятов, предназначенных для получения растительных аналогов молочных продуктов с pH около 4 и в диапазоне 6–7, а вторая — с pH около 3, при этом для продуктов с pH около 5 хорошо зарекомендовали себя обе закваски. В настоящем исследовании показано, что хотя органолептические показатели изолята горохового белка улучшают две закваски, все же наилучшие результаты дает использование закваски БК-Углич-АВ. Следовательно, при необходимости проводить комплексное улучшение органолептических и функционально-технологических свойства изолята горохового белка можно порекомендовать обработку семян гороха именно этой закваской.

В другой работе [23] было изучено воздействие некоторых протеаз на органолептические свойства изолята горохового белка. Если сравнивать эффекты протеаз и ферментации микроорганизмами, то следует отметить сходство картин влияния обоих методов обработки на запах изолята, хотя ферментация показала небольшое преимущество. Так, наиболее эффективная обработка изолята ферментом приводила к уменьшению выраженности бобового запаха изолята более, чем на 2.5 балла, в то время как ферментация семян наиболее эффективной закваской — почти на 2.5 балла. При этом выраженность травянистого запаха с помощью закваски удалось снизить на 1.86 балла, а с помощью ферментов — на 1.7 балла. Сходство величин эффектов наблюдалось

и при сравнении влияния двух видов обработки на вкус изолятов, хотя в этом случае небольшое преимущество продемонстрировал ограниченный протеолиз ферментами. Так, с их помощью выраженность бобового вкуса конечного продукта удалось снизать почти на 4 балла, привкус горечи — на 4 балла, терпкий привкус — более, чем на 3.5 балла, а травянистый убрать вообще. С помощью заквасок выраженность бобового вкуса удалось снизить более, чем на 4.5 балла, привкус горечи, терпкий и травянистый привкус — более, чем на 2.5 балла. Следовательно, выбор того или иного метода обработки должен определяться важностью конкретного улучшаемого параметра для целевого продукта.

Таким образом, в результате проведенной работы было исследовано влияние ферментации семян гороха различными заквасками молочнокислых бактерий на запах и вкус изолята горохового белка. Изучено влияние заквасок на белковый профиль изолятов, а также на содержание 1-гексаналя и фитатов. Была отобрана закваска, позволяющая существенно улучшить органолептические свойства изолятов, имеющие большое значение при производстве растительных аналогов животных продуктов, а также продуктов для спортивного и лечебного питания.

В работе было использовано научное оборудования ЦКП “Промышленные биотехнологии” ФИЦ Биотехнологии РАН.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ1.

1. *Asen N.D.*, *Aluko R.E.*, *Martynenko A.*, *Utioh A.*, *Bhowmik P.* // Foods. 2023. V. 12. № 21. 3978. https://doi.org/10.3390/foods12213978
2. *Pei M.*, *Zhao Z.*, *Chen S.*, *Reshetnik E.I.*, *Gribanova S.L.*, *Li C. et al.* // Food Sience. 2022. V. 46. 101590. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101590
3. *Li C.*, *Chen X.*, *Jin Z.*, *Gu Z.*, *Rao J.*, *Chen B.* // Food Funct. 2021. V. 12. № 15. P. 6950–6963. https://doi.org/10.1039/d1fo00608h
4. *García Arteaga V*, *Leffler S*, *Muranyi I*, *Eisner P*, *Schweiggert-Weisz U.*// Curr. Res. Food Sci. 2020. V. 4. P.1–10. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2020.12.001
5. *Ben-Harb S.*, *Saint-Eve A.*, *Panouillé M.*, *Souchon I.*, *Bonnarme P.*, *Dugat-Bony E. et al.* // Int. J. Food Microbiol. 2019. V. 293. P. 124–136. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.01.012
6. *Shi Y.*, *Singh A.*, *Kitts D.D.*, *Pratap-Singh A.* // LWT. 2021. V. 150. 111927. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111927
7. *Masiá C., Fernández-Varela R., Jensen P.E., Yazdi S.R.* //Future Foods. 2023. V. 8. 100250. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100250
8. *Vazquez-Munoz R.*, *Dongari-Bagtzoglou A.* // Front Oral Health. 2021. V. 2. P. 689382. https://doi.org/10.3389/froh.2021.689382
9. *Illikoud N*, *do Carmo FLR*, *Daniel N*, *Jan G*, *Gagnaire V.* // Food Res Int. 2023. V. 166. 112557. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112557
10. *Higgins T. J.*, *Chandler P. M.*, *Randall P. J.*, *Spencer D.*, *Beach L. R.*, *Blagrove R. J. et al.* // J. Biol. Chem. 1986. V. 261. P. 11124–11130. https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)67357-0
11. *Gao Y.*, *Shang C.*, *Saghai Maroof M. A.*, *Biyashev R. M.*, *Grabau E. A.*, *Kwanyuen P. et al.* // Crop Science. 2007. V. 47. P. 1797–1803. https://doi.org/10.2135/cropsci2007.03.0122
12. *Malka M.*, *Du Laing G.*, *Kurešová G.*, *Hegedüsová A.*, *Bohn T.* // Front Nutr. 2023. V. 10. 1083253. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1083253
13. *Mannoubi IEl.* // J. Umm Al-Qura Univ. Appll. Sci. 2023. V. 9. P 176–184. https://doi.org/10.1007/s43994-023-00031-y
14. *García Arteaga V.*, *Demand V.*, *Kern K.*, *Strube A.*, *Szardenings M.*, *Muranyi I. et al.* // Foods. 2022. V. 11. № 1. P. 118. https://doi.org/10.3390/foods11010118
15. *Onyeoziri I.O.*, *Kinnear M.*, *de Kock H.L.* // J. Sci. Food Agric. 2018. V. 98. № 6. P. 2231–2242. https://doi.org/10.1002/jsfa.8710
16. *Rubio L.A.*, *Pérez A.*, *Ruiz R.*, *Guzmán M.Á.*, *Aranda-Olmedo I.* // J. Sci. Food Agric. 2014. V. 94. № 2. P. 280–287. https://doi.org/10.1002/jsfa.6250
17. *Murat C.*, *Bard M.-H.*, *Dhalleine C.*, *Cayot N.* // Food Res. Int. 2013. V. 53. P. 31–41. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.03.049
18. *Castro-Alba V.*, *Lazarte C.E.*, *Perez-Rea D.*, *Sandberg A.S.*, *Carlsson N.G.*, *Almgren A. et al.* // Food Sci. Nutr. 2019. V. 7. № 12. P. 3902–3911. https://doi.org/10.1002/fsn3.1247
19. *Cosson A.*, *Meudec E.*, *Ginies C.*, *Danel A.*, *Lieben P.*, *Descamps N. et al.* // Food Chem. 2022. V. 385. P. 132615. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132615

20. *Roland W.S.U.*, *Pouvreau L.*, *Curran J.*, *van de Velde F.*, *de Kok P.M.T.* // Cereal Chem. 2017. V. 94. № 1. P. 58–65. https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-16-0161-FI

21. *Emkani M.*, *Gourrat K.*, *Oliete B.*, *Saurel R.* // J. Food Sci. 2024. V. 89. № 7. P. 4229–4249. https://doi.org/10.1111/1750-3841.17145

22. *Kravchenko I.V.*, *Furalyov V.A.*, *Pshennikova E.S.*, *Fedorov A.N.*, *Popov V.O.* // Appl. Biochem. Microbiol. 2024. V. 60. № 6. in press. https://doi.org/10.1134/S0003683824605493

23. *Kravchenko I.V.*, *Furalyov V.A.*, *Pshennikova E.S.*, *Kostyleva E.V.*, *Sereda A.S.*, *Kurbatova E.I. et al.* // Appl. Biochem Microbiol. 2024. V. 60. № 4. P. 656–662. https://doi.org/10.1134/S0003683824604335

Effect of Fermentation by *Lactobacilli* on the Organoleptic Properties of Pea Protein Isolate

I. V. Kravchenko[a], *, V. A. Furalyov[a], E. S. Pshennikova[a], A. N. Fedorov[a], and V. O. Popov[a]

[a] *Bach Institute of Biochemistry, Federal Research Centre "Fundamentals of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071 Russia*

**e-mail: ink71@yandex.ru*

The work investigated the effect of fermentation with three bacterial preparations (BK-Uglich-K, BK-Uglich-AV and BK-Uglich-P) on the smell and taste of pea protein isolate, as well as on the content of 1-hexanal, phytates and phenolic compounds in the isolate. It was shown that fermentation improves the odor characteristics of the isolate. It was possible to significantly reduce the severity of the bean smell and grassy smell, as well as reduce the content of 1-hexanal. At the same time, fermentation also improved the taste of the isolate: it was possible to significantly reduce the severity of such interfering flavors as bean, tart, bitter and grassy; at the same time, the content of phytates and phenolic compounds in the isolate decreased. The obtained results made it possible to select a bacterial preparation (BK-Uglich-AV) to improve the organoleptic parameters of pea protein isolates intended for the production of analogues of meat and dairy products.

Keywords: pea protein isolate, lactobacilli, organoleptic properties