



ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОБИОТИКА *BACILLUS SUBTILIS* 534 НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ СОЕВЫХ БОБОВ

МАЛЬЦЕВА Е. М., БОРИСОВА И. С.

Кемеровский государственный медицинский университет, г. Кемерово

Аннотация

В настоящем исследовании проведена ферментация соевых бобов (*Glycine Max L.*) с использованием пробиотика *Bacillus subtilis* 534 («Споробактерин»). Было обнаружено, что общее содержание фенольных соединений в исследуемых образцах увеличилось на 170,85±0,56 % после их ферментации в течение 48 часов, по сравнению с образцами, которые не подвергались ферментации. Установлена положительная корреляция между увеличением содержания фенольных соединений в процессе ферментации соевых бобов и ростом антиоксидантной активности.

Цели исследования

Изучение влияния ферментации с пробиотиком *Bacillus subtilis* 534 на содержание фенольных соединений и антиоксидантную активность соевых бобов.

Введение

Исследования, проводимые в последние десятилетия, показали, что растения семейства Бобовые (*Fabaceae*), используемые в пищу, способны оказывать благотворное влияние на здоровье человека.

Помимо ценных питательных веществ, соя содержит ряд БАС с антипитательными свойствами (ингибиторы трипсина, лектины, фитаты, рафиноза, стахиоза и др.), которые ограничивают её потребление и влияют на усвояемость и биодоступность питательных веществ. Уменьшение концентрации антипитательных веществ достигается вымачиванием и длительной термической обработкой, при которой теряется ряд ценных водорастворимых БАС, в том числе фенольной природы, обладающих комплексом важных свойств для организма человека. Существует и другой способ, позволяющий уменьшить содержание антипитательных веществ в соевых бобах – ферментация микроорганизмами и грибами.

Наиболее изученными ферментированными продуктами являются соевый соус, мисо, темпе и натто. Натто, традиционная японская еда, получаемая в процессе 24–48 часовой ферментации штаммом *Bacillus subtilis* natto при температуре не выше 50 °С. Натто обогащен биодоступными агликонами изофлавоноидов – генистеином и дайдзеином, аминокислотами, витамином К, ферментами супероксиддисмутазой и наттокиназой, полиглутаминовой кислотой и многими другими полезными для здоровья БАС. В этой связи поиск эффективных штаммов *B. subtilis*, позволяющих увеличить продукцию БАС является актуальной задачей современной биотехнологии.

Таблица 1. Концентрация мкг/мл полуэффективности ингибирования (IC_{50})ДФПГ образцов соевых бобов при ферментации *B. subtilis* 534

Образец	Уравнение парной линейной регрессии, $y = b + ax$	Коэффициент корреляции, r^*	IC_{50} , мкг/мл
Без ферментации	$y = 5,04417 + 0,55834x$	0,986**	80,52±1,24
Ферментация 24 часа	$y = 14,955 + 0,54366x$	0,999***	64,46±0,98
Ферментация 48 часов	$y = 17,83818 + 0,52501x$	0,997***	61,26±1,64
Ферментация 72 часа	$y = 21,77939 + 0,49808x$	0,996***	56,66±1,98

*Связь между исследуемыми признаками – прямая, теснота (сила) связи по шкале Чеддока – весьма высокая** или функциональная***; зависимость признаков статистически значима ($p < 0,05$).

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили образцы соевых бобов, приобретенные в торговой сети (ООО «Алтайкруп», серия 06052020). Пробиотик «Споробактерин жидкий», содержащий штамм *Bacillus subtilis* 534, производства ООО «Бакорен» (Россия, серия 550819), куплен в аптечной сети г. Кемерово.

Спектрофотометрическое определение суммы фенольных соединений проводили методом Фолина-Цокальтеу. Антиоксидантную активность определяли спектрофотометрическим методом основанным на взаимодействии фенольных соединений со стабильным хромоген-радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (ДФПГ).

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящем исследовании было показано, что при ферментации соевых бобов штаммом *B. subtilis* 534, который является основой пробиотика споробактерина, наблюдается повышение содержания фенольных соединений, взаимодействующих в реактивном Фолина-Цокальтеу в щелочной среде (рис. 1). Концентрация фенольных соединений в пересчете на пирогаллол в исследуемых образцах увеличилась на 170,85±0,56 % после их ферментации в течение 48 часов, по сравнению с образцами, которые не подвергались ферментации. При ферментации в течение 72 часов наблюдалось незначительное снижение концентрации общих фенолов.

Для каждого образца был построен график зависимости АОА от концентрации фенольных соединений (мкг/мл) и проведен корреляционный анализ (табл.1). Величиной АОА изучаемых образцов была выбрана эффективная концентрация фенольных соединений мкг/мл, приводящая к ингибированию 50% радикалов ДФПГ- IC50. Эти значения были получены путем интерполяции из линейного регрессионного анализа данных. IC50 у ферментированных образцов значительно снижается, что свидетельствует об увеличении АОА за счет повышения концентрации фенольных соединений.

Из представленных данных видно, что в образцах соевых бобов, после 72-часовой ферментации при снижении концентрации фенольных соединений, наблюдается повышение АОА. Можно предположить, что при биоконверсии соевых бобов споробактерином образуются соединения не фенольного характера, обладающие высокой АОА.

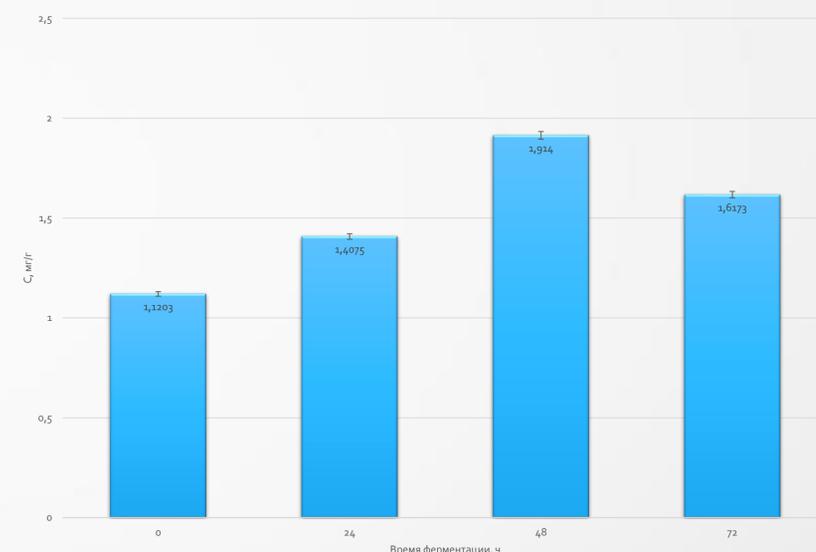


Рисунок 1 – Содержание фенольных соединений (мг/г) в зависимости от времени ферментации (часы) соевых бобов

Выводы:

Результаты, полученные в ходе настоящего исследования, показали, что ферментация *B. subtilis* 534, может повысить содержание общих фенолов и агликонов флавоноидов, а также антиоксидантную активность соевых бобов. Таким образом, ферментация с *B. subtilis* 534 может быть использована в качестве инструмента для получения из сои биологически активных добавок, обладающих многофункциональными свойствами, а том числе и антиоксидантной активностью.

Список литературы

- Messina MJ. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am J Clin Nutr*. 1999 Sep;70(3 Suppl):439S–450S. doi: 10.1093/ajcn/70.3.439s. PMID: 10479216.
- Rizzo G. The Antioxidant Role of Soy and Soy Foods in Human Health / *Antioxidants*, 2020, 9(7), 635; <https://doi.org/10.3390/antiox9070635>
- Габриэлян Н.И., Драбкина И. В., Крупенин Т. В., Демьянкова М.В., Маланичева И.А., Васильева Б. Ф и др. Антимикотическая активность штамма *Bacillus subtilis* 534 - основы лекарственного препарата пробиотика споробактерина // *Антибиотики и химиотерапия*. 2017. №11-12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antimikoticheskaya-aktivnost-shtamma-bacillus-subtilis-534-osnovy-lekarstvennogo-preparata-probiotika-sporobakterina> (дата обращения: 06.11.2020).
- Ming-Yen Juan, Cheng-Chun Chou, Enhancement of antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of black soybeans by solid state fermentation with *Bacillus subtilis* BCRC 14715, *Food Microbiology*, Vol. 27, I. 5, 2010, P. 586-591, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.11.002>

Контакты