

УДК 579.676

DOI: 10.25206/2310-4597-2025-1-2-6

**Оценка динамики роста микроорганизмов консорциума комбучи
при добавлении кофе**

**Evaluation of microbial dynamics of kombucha consortia upon continuous
backslopping in coffee**

С. Ф. Абзалова

Омский государственный технический университет, Омск, Российская Федерация

S. F. Abzalova

Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

Аннотация. Разнообразие вкусов и составов комбучи делает её привлекательным объектом пищевой биотехнологии. Данное исследование посвящено оценке динамики микробиологических и органолептических изменений комбучи, ферментированной в кофейном настое методом многократного переноса культуры (backslopping, BS). Основное внимание уделено характеристикам кислотности, профилям органических кислот и сахаров, а также сенсорным изменениям напитка в ходе ферментации. Результаты показали, что кофейный настой является перспективной альтернативой традиционным субстратам для производства комбучи.

Ключевые слова: комбуча, ферментированные продукты, пищевая биотехнология, кофе

Abstract. The diversity of flavors and compositions makes kombucha an attractive subject in food biotechnology. This study focuses on evaluating the dynamics of microbiological and sensory changes in kombucha fermented in a coffee infusion using the method of repeated culture transfer (backslopping, BS). Particular attention was paid to acidity parameters, profiles of organic acids and sugars, as well as sensory changes occurring during fermentation. The results demonstrated that coffee infusion is a promising alternative to traditional substrates for kombucha production.

Keywords: SCOBY, fermented products, food biotechnology, kombucha, coffee

Введение

Комбуча представляет собой ферментированный напиток на основе чая, получаемый с использованием симбиотической культуры бактерий и дрожжей (SCOBY). Современные исследования показывают возможность успешной адаптации SCOBY к нетрадиционным субстратам, включая фруктовые соки и растительные экстракты. Одним из перспективных направлений является использование кофейного настоя, богатого биоактивными соединениями и природными антиоксидантами.

Метод переноса культуры (backslopping) заключается в последовательном введении ферментированного субстрата в свежую питательную среду с целью усиления микробной активности и ускорения ферментации.

Целью данного исследования является изучение химических и сенсорных изменений комбучи, полученной на основе кофейного настоя «Cold Brew», в течение пяти циклов переноса культуры.

Материалы и методы

Приготовление кофейного субстрата

Кофейный настой был приготовлен по технологии Cold Brew из молотых кофейных зерен (100% арабика), приобретённых в местной кофейне. Заваривание производилось в холодной кипячёной воде при температуре 2–5 °C в течение 15–18 часов. Концентрация кофе составляла 51 г/л, с добавлением 10% сахарозы. Перед ферментацией настой фильтровался и пастеризовался.

Ферментация

Для ферментации использовался консорциум SCOBY, предварительно активированный в смеси чая с сахарозой. Затем в культуру были внесены молочнокислые бактерии (*Levilactobacillus brevis*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Companilactobacillus paralimentarius*) в концентрации 1% (1×10^7 КОЕ/мл) каждого штамма. Ферментация проводилась при 30 °C, каждый цикл BS длился 4 дня. Всего проведено 5 циклов BS, образцы отбирались ежедневно рис. 1.

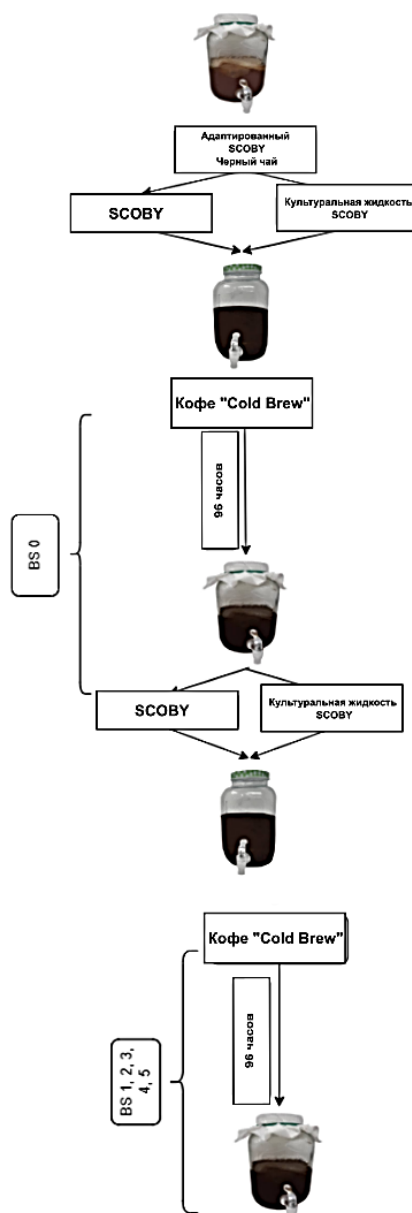


Рис. 1. Схема рабочего процесса переноса культуры (BS)

Определение pH и титруемой кислотности

Измерения pH и титруемой кислотности (ТК) проводились с использованием анализатора пищевых продуктов. Кислотность выражалась в мл 0,1 N NaOH на 1 мл напитка. Анализ органических кислот и сахаров осуществлялся методом ВЭЖХ. Органолептический анализ проводился дегустационной комиссией из 5 человек, с фиксацией профилей по 5-балльной шкале.

На протяжении пяти циклов ферментации наблюдалось постепенное снижение pH и рост титруемой кислотности, что свидетельствует об интенсификации кислотного метаболизма микроорганизмов SCOBY в кофейной среде рис. 2.

Постепенное снижение значений pH с 4.5–5.0 до 3.0–3.2 в течение 5 циклов BS указывает на умеренную активность уксуснокислых бактерий. Стабильные показатели титруемой кислотности (6.0–6.5 мл 0.1 N NaOH) подтверждают хорошие буферные свойства кофейного субстрата. Оптимальная продолжительность ферментации составляет 3–4 цикла BS (8–12 дней). Результаты графического анализа подтверждают возможность успешного использования кофе в качестве альтернативной среды для ферментации комбучи, обеспечивающей более контролируемый процесс и лучшие органолептические характеристики конечного продукта.

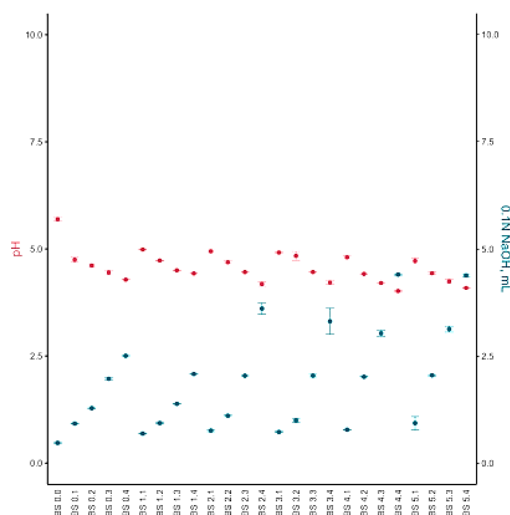


Рис. 2. Значения pH (красные точки) и титруемой кислотности (синие точки) комбучи на основе кофе во время циклов переноса культуры. Единицы титруемой кислотности – мл 0,1 N NaOH. Аббревиатура BS обозначает процесс переноса культуры. Первая цифра обозначает цикл, а вторая – день цикла

Профили органических кислот и сахаров

Основными кислотами, идентифицированными в напитке, были уксусная, лимонная и яблочная. Уксусная кислота показала наибольший прирост, достигая концентрации свыше 3 г/л к пятому циклу рис. 3.

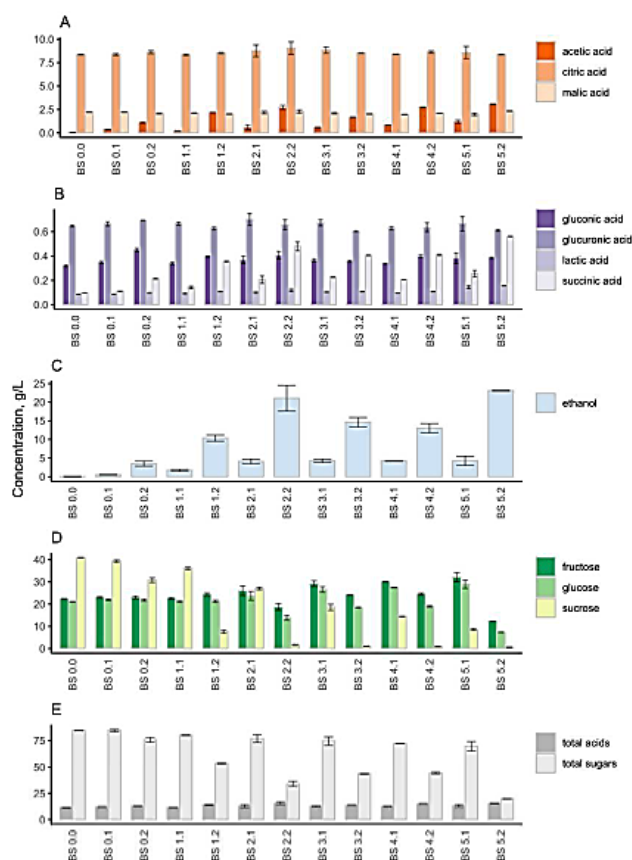


Рис. 3. Концентрации органических кислот, сахаров и этанола (г/л) в кофейной комбуче во время переноса культуры. Указаны концентрации уксусной, лимонной и яблочной кислот (А); муравьиной, глюконовой и янтарной кислот (В); этанола (С); фруктозы, глюкозы и сахарозы (D) и общие кислоты и сахара (Е)

В начале ферментации доминировала сахароза, но по мере активации ферментации её уровень снижался, уступая место глюкозе и фруктозе. Последние, в свою очередь, также уменьшались ближе к завершению каждого цикла, что свидетельствует о полном потреблении углеводов в процессе ферментации.

Этанол

Концентрация этанола увеличивалась с каждым циклом, достигая максимума в конце пятого цикла (более 20 г/л), что типично для интенсивной дрожжевой ферментации в богатой углеводами среде рис. 4.

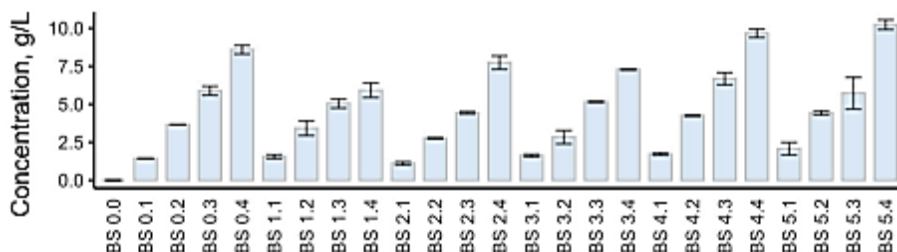


Рис. 4. Концентрация этанола по циклам

Сенсорные характеристики

Органолептический анализ показал эволюцию вкуса напитка от сбалансированного сладко-кислого к ярко выраженному кислому, горькому и газированному. Уже с третьего цикла отмечалась сильная горечь, характерная для экстрагированных кофейных соединений, дополненная кислыми и уксусными нотами табл. 1.

Таблица 1

Описания сенсорных характеристик по циклам

BS 0.1 Характерный вкус и запах кофе	BS 0.2 Преобладающий вкус сладкого кофе, сбалансированный сладкий и кислый вкус
BS 0.3 Преобладающий вкус сладкого кофе, сбалансированный сладкий и кислый вкус	BS 0.4 Сбалансированный сладкий и кислый вкус, горечь кофе была сильнее, чем на день раньше
BS 1.1 Характерный вкус и запах кофе	BS 1.2 Преобладающий вкус сладкого кофе, сбалансированный сладкий и кислый вкус
BS 1.3 Сбалансированный сладкий и кислый вкус, некоторые нотки уксусной кислоты	BS 1.4 Преобладающий кислый и горький вкус
BS 2.1 Характерный вкус и запах кофе	BS 2.2 Преобладающий вкус сладкого кофе, сбалансированный сладкий и кислый вкус, слегка газированный
BS 2.3 Преобладающий кислый и горький вкус	BS 2.4 Преобладающий кислый и уксусный вкус
BS 3.1 Характерный вкус и запах кофе	BS 3.2 Преобладающий вкус сладкого кофе, сбалансированный сладкий и кислый вкус, слегка газированный
BS 3.3 Преобладающий вкус сладкого кофе, сбалансированный сладкий и кислый вкус, слегка газированный	BS 3.4 Преобладающий кислый и очень горький вкус, газированный
BS 4.1 Характерный вкус и запах кофе	BS 4.2 Преобладающий вкус сладкого кофе, сбалансированный сладкий и кислый вкус, слегка газированный
BS 4.3 Преобладающий кислый вкус, газированный	BS 4.4 Интенсивно кислый и горький вкус, газированный
BS 5.1 Характерный вкус и запах кофе	BS 5.2 Преобладающий вкус сладкого кофе, сбалансированный сладкий и кислый вкус, слегка газированный
BS 5.3 Преобладающий кислый и горький вкус, газированный	BS 5.4 Интенсивно кислый и горький вкус, газированный

Обсуждение

Результаты исследования продемонстрировали, что кофейный Cold Brew является подходящей средой для ферментации комбучи. Нарастание кислотности и снижение сахаров указывает на успешную адаптацию микробиоты к кофейному субстрату. Повышение концентраций уксусной кислоты и этанола свидетельствует об устойчивой активности ацетобактерий и дрожжей на протяжении всех пяти циклов.

Органолептические изменения отражают эволюцию метаболитов: от приятного сладко-кислого вкуса – к ярко выраженной кислинке и горечи. Это открывает перспективы для использования кофейной комбучи в качестве функционального напитка с уникальным вкусом, особенно при контролируемой продолжительности ферментации (до 2–3 циклов).

Выводы и заключения

На основании проведённого исследования можно заключить, что ферментация кофейного Cold Brew с использованием культуры комбучи обеспечивает стабильную динамику биохимических изменений, характеризующуюся постепенным снижением pH, контролируемым ростом кислотности и образованием органических кислот. Полученные данные свидетельствуют, что комбуча в кофейной среде сохраняет удовлетворительные органолептические свойства в течение трёх циклов переноса культуры, что существенно превышает аналогичный показатель для апельсинового сока.

Особый интерес представляет способность кофейного субстрата поддерживать сбалансированный биохимический профиль ферментации, что в сочетании с уникальным составом исходного сырья открывает перспективы для создания новых видов функциональных напитков. Умеренная скорость накопления уксусной кислоты и стабильные показатели титруемой кислотности позволяют рассматривать кофе как перспективную альтернативу традиционным субстратам для производства комбучи. Полученные результаты создают научную основу для дальнейшей оптимизации технологических параметров ферментации с целью разработки продуктов с заданными функционально-технологическими и сенсорными характеристиками.

Список источников

1. Metabolic engineering of the mixed-acid fermentation pathway of *Escherichia coli* for anaerobic production of glutamate and itaconate / K. S. Vuoristo, A. E. Mars, J. V. Sangra [et al.]. DOI 10.1186/s13568-015-0147-y // *AMB Express*. 2015. Vol. 5, no. 1. P. 1–11. EDN UZDELS.
2. Characterisation of chemical, microbial and sensory profiles of commercial kombuchas / M. Andreson, J. Kazantseva, R. Kuldjärv [et. al.]. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109715 // *International journal of food microbiology*. 2022. Vol. 373. P. 109715.
3. Understanding kombucha tea fermentation: a review / S. A. Villarreal-Soto, S. Beaufort, J. Bouajila [et al.]. DOI: 10.1111/1750-3841.14068 // *Journal of food science*. 2018. Vol. 83, no. 3. P. 580–588.
4. Unraveling microbial ecology of industrial-scale Kombucha fermentations by metabarcoding and culture-based methods / M. Coton, A. Pawtowski, B. Taminiau [et al.]. DOI: 10.1093/femsec/fix048 // *FEMS microbiology ecology*. 2017. Vol. 93, no. 5. P. fix048.
5. Kombucha: A New Model System for Cooperation and Conflict in a Complex Multispecies Microbial Ecosystem / A. May, S. Narayanan, J. Alcock [et al.]. DOI: 10.7717/peerj.7565 // *PeerJ Publishing*. 2019. Vol. 7. P. e7565.
6. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus / R. Jayabalan, R. V. Malbaša, E. S. Lončar [et al.] // *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2014. Vol. 13, no. 4. P. 538–550.
7. Nionelli L., Rizzello C. G. Sourdough-based biotechnologies for the production of gluten-free foods. DOI: 10.3390/foods5030065 // *Foods*. 2016. Vol. 5, no. 3. P. 65.