

G. O. Mazepa, A. Saidov, T. Satorov, Y. A. Chikin, D. A. Shabanov, A. Crottini, L. J. Borkin, M. Stöck // Journal of Zoological Systematics & Evolutionary Research. - 2011. - Т. 49. - № 3. - С. 233–239.

6. Матушкина, К. А. Особенности роста и развития батурской жабы *Bufotes baturoae* (Stöck, Schmid, Steinlein and Grosse, 1999) на различных кормах [Текст] / К. А. Матушкина, А. О. Неверова, Р. А. Иволга // Естественные и технические науки. - 2020. - № 2 (140). - С. 82-86.

7. Дроздова, Л. С. Техническая окупаемость живых кормов и рост у молоди жабы Латаста, *Bufotes latastii* (Boulenger, 1882) в искусственных условиях [Текст] / Л. С. Дроздова, А. А. Кидов, К. А. Матушкина, П. И. Корниенков, Н. А. Кудрявцева, М. М. Пашина, К. А. Африн, С. А. Блинова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. - 2015. - № 3. - С. 25–32.

УДК 663.15

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВЫДЕЛЕНИЯ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В ПРАКТИКЕ ЖИВОТНОВОДСТВА

Мингазова Лейсан Азатовна, аспирант кафедры ПИМП ФГБОУ ВО КНИТУ, zleisan1@mail.ru

Крякунова Елена Вячеславовна, доцент кафедры ПИМП ФГБОУ ВО КНИТУ, oscillatoria@rambler.ru

Канарская Зоя Альбертовна, доцент кафедры ПищБТ ФГБОУ ВО КНИТУ, zosya_kanarskaya@mail.ru

Канарский Альберт Владимирович, профессор кафедры ПищБТ ФГБОУ ВО КНИТУ, alb46@mail.ru

***Аннотация:** Проведен сравнительный анализ научно-технической литературы в области технологий разделения и очистки молочной кислоты для возможности его применения в животноводстве.*

***Ключевые слова:** молочная кислота, способ выделения, культуральная жидкость, животноводство.*

Молочная кислота (МК) – это α -гидроксипропановая кислота, содержащая карбоксильную и гидроксильную функциональные группы, что открывает возможность ее использования в различных химических реакциях для получения спектра разнообразных продуктов. МК применяют для профилактики и лечения воспаления кишечника, гастритов с пониженной секреторной функцией, энтеритов, тимпании у жвачных животных, а также при метеоризме и при остром расширении желудка. В связи с этим молочная кислота должна иметь высокие показатели качества, соответствующие современным международным требованиям.

Производство молочной кислоты посредством ферментативного гидролиза углеводсодержащего сырья является экономически выгодным, т.к. в качестве субстрата может быть использовано недорогое возобновляемое сырье. Однако при получении чистой молочной кислоты методом ферментативного гидролиза важным этапом является

ее извлечение из культуральной жидкости и последующая очистка, что составляет до 50% затрат на производство молочной кислоты. Существующие в настоящее время методы очистки не гарантируют получение молочной кислоты высокой степени чистоты, что стимулирует поиск эффективных и недорогих способов выделения и очистки МК.

Первичная очистка молочной кислоты наиболее часто заключается в осаждении ее солей – лактатов, полученных при нейтрализации молочной кислоты избытком карбоната кальция или гидроксида кальция [1]. Затем суспензию, содержащую лактат кальция, обрабатывают серной кислотой, после чего производят извлечение МК посредством фильтрации. Фильтрат, содержащий молочную кислоту, упаривают для получения чистой МК.

Техническая МК (от 22% до 44%) получается путем осаждения. Для получения продукта высокой чистоты техническую МК этерифицируют метанолом или этанолом, после чего эфир отделяют перегонкой, растворяют в воде, выпаривают, а полученный спирт повторно используют. Чистую МК получают путем преобразования лактата кальция в лактат цинка с использованием сульфата или карбоната цинка, а лактат цинка, в свою очередь, растворяют в воде. Впоследствии цинк осаждают в виде сульфида цинка раствором сероводорода. Раствор, содержащий МК, осветляют углем, отфильтровывают и упаривают под вакуумом.

В работе [2] было описано влияние таких нейтрализующих агентов, как гидроксид кальция, гидроксид аммония и гидроксид натрия, на эффективность восстановления МК. Было установлено, что наиболее эффективным нейтрализующим агентом при микробиологическом синтезе молочной кислоты бактериями *Lactobacillus delbrueckii* на субстрате из дробленого риса был гидроксид кальция. Гидроксид кальция широко используется при производстве D-изомера молочной кислоты, поскольку он легко восстанавливается при осаждении и является более дешевым химическим соединением по сравнению с гидроксидом натрия и гидроксидом аммония.

В работе [3] было изучено влияние метанола на образование лактата и последующий выход молочной кислоты. В качестве нейтрализующего агента использовался гидроксид аммония, который при добавлении серной кислоты давал сульфат аммония и молочную кислоту. Добавление метанола снижало растворимость сульфата аммония, что облегчало его отделение фильтрацией и способствовало этерификации МК метанолом с образованием метиллактата, который, в свою очередь, легко перегоняется для получения МК. Выход молочной кислоты в этом случае был более 80 % при комнатной температуре.

Известен способ извлечения молочной кислоты из культуральной жидкости с использованием карбоната натрия в качестве нейтрализующего агента и третичного амина для экстракции. Образовавшийся при добавлении карбоната натрия лактат натрия экстрагировали смесью растворителей на основе третичного амина с насыщением реакционной смеси CO_2 . Затем из экстракта осаждали бикарбонат натрия и амины МК. Амины МК обратно экстрагировали горячей водой с температурой 140 °С при давлении 0,7 МПа с получением раствора МК и регенерированной смеси аминных растворителей. МК подвергали дальнейшей очистке и использовали для изготовления полимеров.

Другой способ извлечения молочной кислоты включает нейтрализацию культуральной жидкости карбонатом кальция с получением лактата, которую обрабатывали азотной кислотой с получением МК и нитрата кальция. МК удаляли

из реакционной среды, а нитрат кальция вступал в реакцию с карбонатом аммония с образованием нитрата аммония и карбоната кальция. Нитрат аммония в дальнейшем использовался в качестве удобрения.

При отделении МК осаждением помимовысокой стоимости реагентов образуется большое количество сточных вод. Использование для синтеза молочной кислоты кислотоустойчивых микроорганизмов, способных расти при низких рН среды, позволит избежать применения нейтрализующих агентов. Например, в работе [4] описаны рекомбинантные штаммы *Aspergillus*, способные продуцировать 32,2 г/л МК. Рекомбинантный штамм был получен путем вставки гена *ldhA* из *R. oryzae* в штамм *A. brasiliensis* дикого типа.

Другим способом не допускать прекращения роста культуры микроорганизма при низкой рН является удаление МК с использованием обычного электролиза, экстракции растворителем, адсорбции и мембранных биореакторов [5].

Альтернативой классическому процессу осаждения МК является экстракция растворителем – процесс, в котором одно или несколько растворенных веществ удаляются из жидкой смеси путем переноса растворенного вещества в другую несмешивающуюся жидкую фазу, образованную при введении растворителя. Следовательно, разделение основано на разнице растворимости растворенного вещества в двух жидких фазах.

Выделяют 3 класса экстрагентов для использования в качестве растворителей:

1. Обычные кислородсодержащие углеводороды, такие как октанол и метилизобутилкетон.
2. Кислородсодержащие растворители, имеющие в своем составе атомы фосфора, такие как трибутилфосфат.
3. Высокмолекулярные алифатические амины, такие как додециламин.

МК затем отделяют от растворителя и очищают экстракцией с помощью растворителем или дистилляцией.

Экстракция МК может осуществляться с помощью следующих растворителей: диэтиловый эфир, этилацетат, гексанол, изоамиловый спирт и фурфурол. Отобранные растворители имели высокое сродство к МК и низкое сродство к воде. Хотя наибольшей селективностью обладал диэтиловый эфир, его применение ограничено из-за его токсичности. Таким образом, этилацетат, немного уступивший диэтиловому эфиру в селективности, показал наибольший потенциал для применения в промышленности.

В работе [6] рассматривались новые экстрагенты для выделения МК, обладающие более высоким сродством к карбоновым кислотам, чем триоктиламин. Например, некоторые соединения кремния содержали несколько функциональных групп на основе азота, и, по меньшей мере, одну двойную связь между азотом и углеродом, которая проявляла более высокое сродство к МК, чем функциональная группа третичного амина, присутствующая в триоктиламине.

Для эффективного разделения веществ экстракцией с помощью растворителя требуются большие площади для успешного проведения реакций, что приводит к высоким затратам на оборудование и извлечение растворителя на стадиях отпарки. Кроме того, высокая токсичность экстрагентов для микроорганизмов также ограничивает широкое применение этого метода.

Процессы мембранного разделения основаны на переносе растворенных веществ через полупроницаемую мембрану, которая разделяет две фазы, ограничивая перенос компонентов из одной фазы в другую. Многие отрасли химической промышленности используют технологию мембранного разделения, например биотехнология, водоподготовка, пищевая и фармацевтическая промышленность и т.д. Преимущество данного метода заключается в высокой специфичности мембран и низком энергопотреблении.

Достижения в области разделения и очистки с использованием мембран, в частности технологии микрофильтрации, ультрафильтрации и электродиализа, позволили создать новые процессы получения МК, не производящие осадки солей.

Электродиализ – это метод разделения, основанных на использовании селективно проницаемых катионных и анионообменных мембран, попеременно расположенных между катодом и анодом. Электродиализ применяется для удаления солей из растворов или для концентрирования ионных веществ. Для электродиализа применяются полимерные непористые мембраны толщиной от 10 до 500 мкм.

Институт биотехнологии Мичигана (МБИ) и Аргоннская национальная лаборатория (ANL) разработали процесс электродиализного обессоливания для удаления поливалентных катионов и концентрирования лактатной соли. Установка электродиализа с биполярными мембранами используется для отделения воды, получения концентрированной МК, а аммиак используется повторно.

Удаление солей электродиализом обеспечивает эффективность и экономичность процесса получения МК. На этом этапе массовая концентрация лактатной соли увеличивается от 8-10% в культуральной жидкости до 20%. Продукт очищается, а двухвалентные ионы удаляются с эффективностью 98-99%.

Благодаря высокой селективности мембраны могут обеспечить высокий уровень очистки и разделения. Более того, мембраны можно совместить с обычными биореакторами, что сделает возможным одновременно производить МК и очищать ее, устранив необходимость в дополнительном оборудовании для разделения и снизив производственные затраты. Однако, высокая стоимость мембран, проблемы поляризации и загрязнения ограничивают использование процессов электродиализа в промышленных масштабах.

Таким образом, в настоящее время существует большое количество различных технологий разделения и очистки молочной кислоты, но присущие им недостатки ограничивают применение большинства из этих технологий в промышленном масштабе.

Библиографический список

1. Komesu A. Lactic acid purification by reactive distillation system using design of experiments / A. Komesu, P. F. M. Martinez, B. H. Lunelli, R. M. Filho, M. R.W. Maciel // Chem. Eng. Process Intensif. 2015. - V. 95. - P. 26-30.
2. Nakano S. Efficient production of D(-)-lactic acid from broken rice by *Lactobacillus delbrueckii* using $\text{Ca}(\text{OH})_2$ as a neutralizing agent / S. Nakano, C. U. Ugwu, Y. Tokiwa // Bioresour Technol. 2012. - V. 104. - P. 791-794.
3. Kwak H. Recovery of alkyl lactate from ammonium lactate by an advanced precipitation process / H. Kwak, D. W. Hwang, Y. K. Hwang, J. Chang // Sep Purif Technol. - 2012. - V. 93. - Pp. 25-32.
4. Lianfu Z. Optimization and comparison of ultrasound/microwave assisted extraction

(UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomatoes / Z. Lianfu, L. Zelong // Ultrason Sonochem. - 2008. - V. 15. - P. 731-737

5. Abdel-Rahman M. A. Opportunities to overcome the current limitations and challenges for efficient microbial production of optically pure lactic acid / M. A. Abdel-Rahman, K. Sonomoto // J Biotechnol. - 2016. - V. 236. - P. 176-192.

6. Krzyzaniak A. Novel extractants for the recovery of fermentation derived lactic acid / A. Krzyzaniak, M. Leeman, F. Vosseveld, T. J. Visser, B. Schuur, A. B. // HaanSep Purif Technol. - 2013. - V. 111. - Pp. 82-89.

УДК 544.02;633.311-315

ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ

Муссие Соломон Андемихазль, аспирант кафедры кормления животных ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, mussie1979@gmail.com

Косолапова Валентина Геннадьевна, д.с.-х.н., профессор кафедры кормления животных ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, valentinakosolapova@yandex.ru

Аннотация: В статье представлены кратко обсуждается важность люцерны и значимость оценки химического состава различных сортов люцерны, изученных в разные годы.

Ключевые слова: люцерна, сорт, протеины, нейтрального детергент клетчатка, кислотного детергент клетчатка.

Люцерна (лат. Medicago) является одним из основных кормов для жвачных животных из-за её высокого содержания белка. Её положение в животноводстве становится все более заметным, и он привлекает широкое внимание и посадки. Корма играют большую роль в питании животных. Они обеспечивают клетчатку, минералы, белок и энергию. Люцерна, которая имеет высокое содержание белка, также является очень богатым источником питательных веществ с точки зрения минеральных веществ и многих витаминов. Сено люцерны имеет значительно более высокие коэффициенты переваримости сырой клетчатки, органического вещества, сырого белка и жира по сравнению с травами. Люцерна-самая широко культивируемая кормовая культура в мире. По-прежнему существует необходимость в увеличении посевных площадей люцерны, чтобы сделать животноводство более продуктивным и прибыльным. Использование высокоурожайных и качественных сортов люцерны с высокой адаптационной способностью к региональным условиям является достаточно значимой проблемой. Поэтому необходимо проводить научные исследования для выявления таких высокоурожайных и качественных генотипов с высокими адаптационными способностями, а результаты исследований должны быть внедрены на практике. При выборе правильных генотипов фермеры и производители будут иметь высококачественную продукцию [2].

Выбор различных сортов будет иметь важное значение для производства люцерны в будущем. Характеристики, используемые для отбора люцерны, включали