

УДК 635.63:631.531.027

UDC 635.63:631.531.027

**ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРО-
АКТИВИРОВАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

**THE PRACTICE OF USING ELECTRO-
ACTIVATED WATER SOLUTIONS IN
AGROINDUSTRIAL COMPLEX**

Плутахин Геннадий Андреевич
к.б.н., доцент, профессор
*Кубанский государственный аграрный университет,
Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13*
ScopusID: 55102866400

Plutakhin Gennady Andreevitch
Dr.Sci.Biol., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia
ScopusID: 55102866400

Кощаев Андрей Георгиевич
д.б.н., профессор
*Кубанский государственный аграрный университет,
Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13*

Koshchaev Andreyi Georgievitch
Dr.Sci.Biol., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Аидер Мохаммед
д.т.н., профессор
Лавальский университет, Квебек, Канада

Aider Mohammed
Dr.Sci.Tech., professor
Université Laval, Quebec, Canada

В настоящей работе приведен обзор результатов экспериментальных работ авторов по использованию электроактивированных водных растворов в агропромышленном комплексе

In the present article the authors provide an overview of the results of experimental works for the use of electro activated water solutions in agroindustrial complex

Ключевые слова: АНОЛИТ, КАТОЛИТ, ЭЛЕКТРОАКТИВАТОР, ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫЕ ВОДНЫЕ РАСТВОРЫ

Keywords: ANOLYTE, CATHOLYTE, ELECTRIC ACTIVATOR, ELECTRO ACTIVATED WATER SOLUTIONS

Введение

Вода является той средой, в которой происходят все биохимические и биофизические процессы в биологической клетке и ее окружении. Не смотря на простоту строения ее молекулы вода способна изменять свои свойства под рядом физических воздействий. Среди них особое место занимает электроактивация [12, 15, 17]. Последняя бывает двух типов - контактной и бесконтактной [1, 2].

В первом случае используют проточный электролитический модуль или непроточные камеры, разделенные полупроницаемой неселективной мембраной на два отсека, в каждом из которых находится электрод. При подключении к электродам источника постоянного тока на них происходят электрохимические реакции, в которых участвуют растворенные в воде электролиты. Так как вода сама является слабым электролитом, то наблюдается и ее электролиз - на аноде выделяется кислород, а на катоде водород.

Восстанавливаемые в анодном отсеке модуля катионы приводят к повышению концентрации ионов водорода, в результате чего вода окисляется. Растворившийся молекулярный кислород и иные окислители приводят к тому, что окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) анолита принимает высокое положительное значение. Для повышения электропроводности в воду добавляют хлорид натрия, что приводит при электролизе к появлению в ней активного хлора. Такую воду называют анолитом и используют как стерилизующий раствор. В катодной части раствор при этом защелачивается, ОВП становится отрицательным. Полученный католит обладает хорошими моющими свойствами.

При бесконтактной активации активируемый раствор отделяется от анолита или католита водонепроницаемой тонкой мембраной (стекло, тефлон, полиэтилен и др.). При этом активируемые водные растворы приобретают аномальные метастабильные свойства активированной жидкости без изменения их первоначального химического состава - у такого раствора изменяется только ОВП, он принимает отрицательные значения.

Все электрохимически активированные (ЭХА) водные растворы находят применение в медицине, пищевой промышленности, сельском хозяйстве. Данная работа обобщает результаты наших исследований по использованию ЭХА растворов в сельскохозяйственной практике. В задачу исследований входило получение ЭХА растворов с разными характеристиками и изучение возможности их использования в пищевой промышленности, при переработке сельхозсырья и в ветеринарной практике.

Методики исследований

В проведенных исследованиях электроактивацию водных растворов проводили тремя методами. В первом случае анолит и католит получали на стенде «Изумруд СИ» (мод. 03 и). Во втором методе бесконтактную активацию осуществляли на стенде «Изумруд СИ» (мод. 04 и) согласно прилагаемой изготовителем методике.

В третьем случае при электроактивации водных растворов для экстракции и коагуляции белков использовали установку, схема которой представлена на рисунке 1. Через проточный электрохимический модульный элемент ПЭМ-1 перистальтическим насосом прокачивали раствор хлористого натрия из емкостей 5 и 6, который после прохождения через анодную и катодную камеры электролизера возвращался в исходные емкости. Для предотвращения тепловой денатурации белков при экстракции скорость прокачивания раствора и величину постоянного электрического тока подбирали таким образом, чтобы температуры растворов в процессе электроактивации не превышала 40 °С. Время подбирали из условия достижения необходимого значения рН.

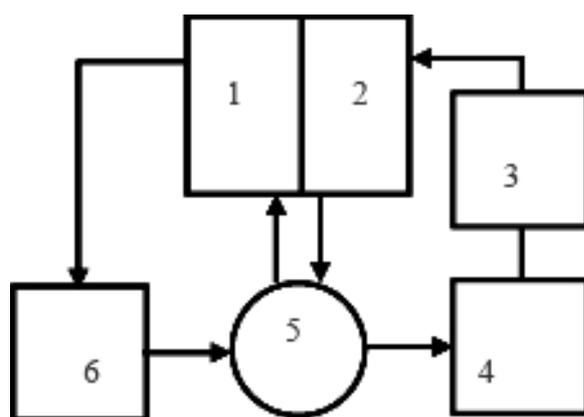


Рисунок 1 – Схема устройства для электроактивации воды в замкнутом режиме:

1, 2 – анодная и катодная камеры электролизера, 3 – емкость для экстрагируемого материала, 4, 6 – емкости для анолита и католита, 5 – перистальтический насос

При экстракции белка из подсолнечного шрота и гороховой муки ими заполняли пластмассовую колонку 3, анолит или католит подавался снизу. Для коагуляции емкость с полученным белковым экстрактом подсоединяли к катодной камере, электроактивацию проводили в течение времени, необходимого для достижения рН, соответствующего изоэлектрической точке белков. Белки затем отделяли центрифугированием. При получении белково-витаминного концентрата сок люцерны прокачивали через анодную камеру.

Определение скорости набухания семян проводили на сое сорта Ви-лана, семена заливали в чашках Петри исследуемыми растворами. Через определенные промежутки времени семена вынимали, обсушивали фильтровальной бумагой, взвешивали. Повторно заливали новым раствором.

Для определения интенсивности прорастания ячменя сорта Кондрат 10 г семян в пластиковых стаканах заливали 30 мл исследуемого раствора. Через 5 часов воду заменяли на водопроводную. В последующем смену электропроводной воды проводили каждые 12 часов. По истечении 72-х часов воду сливали, семена покрывали влажной тканью. Весь процесс прорастания происходил при температуре 20 °С. Анализ результатов проводили спустя семь суток путем подсчета числа проросших и непроросших семян.

Окислительно-восстановительные потенциалы измеряли платиновым электродом относительно хлорсеребряного, концентрацию растворенного молекулярного кислорода портативным оксиметром HI 9142. Определение содержания активного хлора проводили методом йодометрического титрования в соответствии с ГОСТ 11086-76 «Гипохлорит натрия. Технические условия».

Спектры поглощения красителя Романовского-Гимзе снимали на спектрофотометре UNICO 1201 (диапазон 320-800 нм, шаг 10 нм) в сантиметровых стеклянных кюветах. При получении обычного спектра поглощения в кювету сравнения заливали дистиллированную воду. При снятии дифференциального спектра измерительная кювета содержала нормальный раствор красителя, кювета сравнения – электроактивированный.

Результаты и обсуждение

Усредненные значения полученных нами с помощью стенов растворов представлены в таблице 1. От опыта к опыту они варьировали при контактной электроактивации, что связано со скоростью газообразования на электродах и нестабильностью величины тока, проходящего через электролизеры. Величину ОВП при бесконтактной электроактивации можно было надежно контролировать временем протекания процесса.

Более стабильными показателями были при электроактивации в замкнутом режиме, который проводили до момента достижения раствором заданного значения pH. Этот способ электроактивации оказался удобным для экстракции и коагуляции белков.

Электроактиватор в замкнутом режиме работы мы использовали для коагуляции казеина из обезжиренного молока. Для этого молоко прокачивали через анодную камеру до достижения рН 4,5, что соответствует изоэлектрической точке казеина. Через катодную камеру в это же время прокачивали водопроводную воду без добавок. После достижения в анодной камере необходимой кислотности казеин коагулировал и легко отделялся от молочной сыворотки.

Таблица 1 – Средние характеристики получаемых ЭХА водных растворов

Вода	рН	ОВП, мВ	Минерализация, ppm	Cl ₂ , мг/л	O ₂ ,
Водопроводная	7,9	220	290	–	4,7
Бесконтактно активированная	8,0	-125	285	–	4,6
Католит	11	-767	2470	–	4,2
Анолит	3,15	950	2310	400	7,3

В кормопроизводстве важная роль отводится люцерне как источнику полноценных белков и витаминов. Для этого зеленую массу сушат и гранулируют. Процесс сушки достаточно энергозатратен, поэтому разрабатываются энергосберегающие технологии. Такой является обезвоживание люцерны прессованием и отжатием сока, вместе с которым теряются белки цитоплазмы и хлоропласты. Сок ферментируют в присутствии молочнокислых бактерий, закисляющих его и осаждающих белки и хлоропласты. Альтернативным может быть электроактивация сока в анодной камере, в которой сок закисляется [4, 5, 6]. Одновременно идет нагрев сока за счет выделяющегося джоулева тепла [13].

Электроактивация белковых растворов способствует не только их коагуляции без применения кислот и щелочей. При определенных рН раствора белки способны экстрагироваться [7, 8, 9]. В качестве одного из источников белка при приготовлении комбикормов используют подсолнечный шрот. Несмотря на его неполную сбалансированность по незаменимым аминокислотам шрот содержит согласно ГОСТ 11246-96 в пересчете на абсолютно сухое вещество протеина 40-42% и 18-20% клетчатки. Боль-

шое содержание клетчатки не позволяет вводить его в корма в достаточных количествах. Отделить белок от клетчатки можно экстракцией его из шрота в кислой среде, осадив затем щелочью. Ними закисление суспензии шрота проводилось анолитом в замкнутом режиме путем покачивания перистальтическим насосом [14]. Необходимость замкнутого режима циркуляции объясняется тем, что шрот значительно защелачивает анолит, полученный однократным прохождением через камеру.

Шрот находился в емкости 4, отделялся снизу и сверху капроновыми фильтрами, процесс проводили до pH 10. Полученный белковый экстракт отфильтровывали и также в замкнутом режиме пропускали через анодную камеру. При достижении pH 5,0 белок коагулировал, после чего его отделяли осаждением. В исходном шроте доля белковых веществ в сухой массе составила 26,0%. При химической и электрохимической экстракциях мы отделяли 10,2% и 8,9% белка, соответственно. Эти результаты показали достаточно высокую эффективность экстракции подсолнечных белков путем активации экстрагирующего раствора в анодной камере электроактиватора и последующим осаждением белка в катодной.

Значительный интерес для практики кормопроизводства представляет инактивация ингибиторов протеаз сои, составляющих 5-10% от общего количества белка. Это можно сделать путем термообработки сои или ее проращиванием. В последнем случае предпочтительно использование вместо водопроводной воды технологических растворов, ускоряющих данный процесс. Нами изучена возможность увеличения скорости гидратации семян проращиванием их в электроактивированной воде, полученной в проточном электроактиваторе из раствора поваренной соли [10]. Данные представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка, использование как анолита, так и католита обеспечивало большую степень гидратации в сравнении с водопроводной водой. При этом следует отметить, что наилучшие результаты показал ано-

лит, который увеличил степени гидратации в сравнении с контролем (водопроводная вода) на 10–18%. Несколько хуже показал католит, показав увеличение степени гидратации лишь на 5–9% в сравнении с контролем.

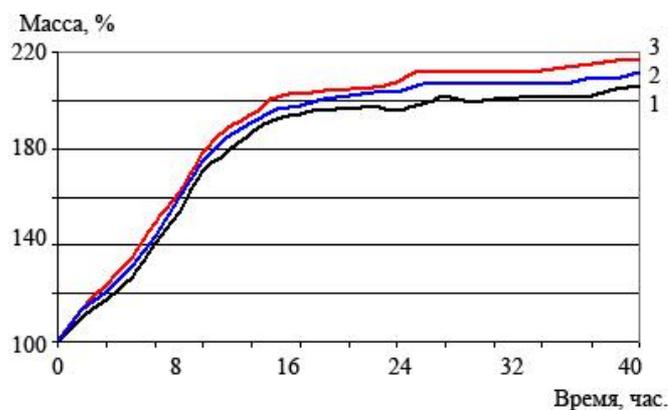


Рисунок 2 - Зависимость массы семян сои сорта Вилена от времени их замачивания в воде (1), католите (2) и анолите (3)

Повышенная активность анолита при замачивании семян может быть объяснена тем, что в процессе электролиза воды он обогащается растворенным молекулярным кислородом. Барботирование воды воздухом при замачивании семян ускоряет их прорастание и усиливает рост проростков. В нашем эксперименте содержание кислорода в анолите было на 54% выше, чем в обычной водопроводной воде. В католите же оно уменьшалось на 12% (таблица 1).

Для подтверждения этого предположения также изучали влияние электроактивированных водных растворов на интенсивность проращивания фуражного ячменя низкой всхожести. Полученные результаты показали следующее (таблица 2). В водопроводной воде доля проросших семян составила 43,8%, в анолите 84,4%, в католите 55,0%.

Таблица 2 – Результаты проращивания ячменя сорта Кондрат

Параметр	Контроль	Анолит	Католит
pH	8,22	3,8	10,24
ОВП	222	960	475
O ₂	4,76	7,33	4,2
Минерализация, ppm	290	2470	2310
Проросло, %	43,8	84,4	55,0
Плесень	+	–	++

Наиболее интенсивно семена поражались плесенью при их проращивании в католите, при этом появился сильный гнилостный запах. Семена, замоченные анолитом, были абсолютно чистыми, при этом обладали приятным огуречным ароматом.

Внешний вид семисуточных проростков ячменя представлен на рисунке 3. По видимому, при замачивании в анолите семена стерилизовались, а высокое содержание молекулярного кислорода способствовало их более интенсивному прорастанию. Отрицательный же ОВП католита стимулировал не только прорастание семян, но и развитие плесени.



Рисунок 3 – Семидневные проростки ячменя: 1 - контроль, 2 - анолит

Роль кислорода и ОВП в стимуляции интенсивности биологических процессов также подтверждалась в эксперименте по активации сухих пекарских дрожжей. В опыте были использованы анолит, католит и бесконтактно активированная вода. Об относительно уровне активации судили по скорости подъема дрожжевой суспензии (рисунок 4).

Как следует из рисунка, наиболее активно дрожжи подымались в бесконтактно активированной воде. Католит, имея отрицательный ОВП и высокое рН, был менее активным по сравнению с бесконтактно активированной водой. Наименьшая активация дрожжей наблюдалась в анолите. Последний имел высокое положительное значение ОВП +950 мВ, низкий рН 3,15, повышенную, как и католит, в отличие от остальных растворов, минерализацию.

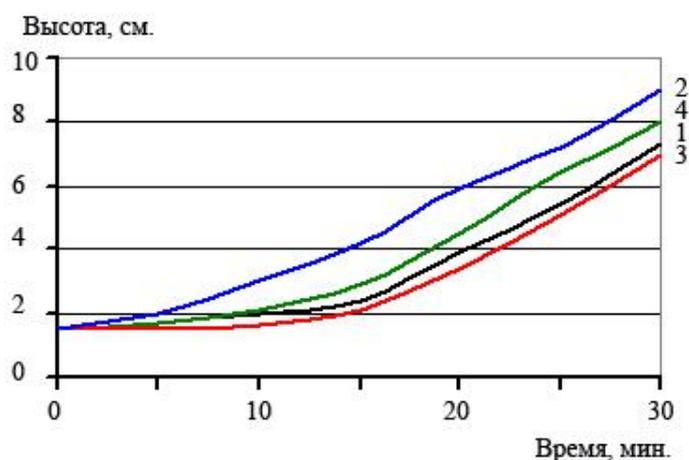


Рисунок 4 – Зависимость уровня суспензии дрожжей от времени их активации в различных водных средах: 1 – контроль, 2 – католит, 3 – анолит, 4 – бесконтактно активированная вода

Результат выпечки, как формового хлеба, так и подового, показал следующее (таблица 3). Хлеб, выпеченный с использованием бесконтактно активированной воды, имел наибольший объем. Вторым был образец, замешанный на анолите. Хлеб, выпеченный с применением при активации дрожжей и замесе теста католита, показал самые низкие результаты [3].

Таблица 3 – Физико-химические характеристики хлеба, выпеченного с использованием в тестозамешивании различных видах электроактивированной воды

Вода	Объем хлеба, см ³	Удельный объем м ³ /г	Влажность, %	Кислотность, град
Водопроводная (контроль)	340	2,47	41,0	1,2
Бесконтактно активированная	460	3,01	42,0	1,5
Анолит	410	2,69	41,5	1,4
Католит	300	2,18	39,5	1,5

Результаты выпечки отличались от результатов по активации дрожжей тем, что несмотря на наиболее интенсивную активацию дрожжей католитом, хлеб с применением этого раствора был самым низкокачественным. Причин этому может быть несколько. Высокая активность дрожжей в процессе активации привела к потере ими подъемной силы. Второй причиной может быть пониженная концентрация кислорода в католите и высокое значение рН раствора, что привело к ингибированию газообразования при расстойке теста. Выпеченный хлеб был наилучшим при использовании в замешивании теста бесконтактно активированного водного раствора. По-видимому, главную роль при этом сыграл низкий отрицательный ОВП.

Хлеб, выпеченный с использованием в тестозамешивании католита, не смотря на его отрицательные физико-химические свойства, дал высококачественный хлеб, который мало уступал выпеченному с бесконтактно активированным раствором. Основным стимулирующим компонентом развития дрожжей в тесте может быть растворившийся в ней при электролизе молекулярный кислород. Так, содержание кислорода в анолите было на 55% выше, а в католите на 11% ниже, чем в контроле.

Как было показано, отрицательный ОВП (минус 500 ÷ 700) мВ водных растворов достигается бесконтактной электроактивацией или насыщением воды водородом [11]. Условия получения при этом аналогичных характеристик водных растворов значительно отличаются. Бесконтактная электроактивация не требует газообразного водорода, время процесса составляет около полтора часов вместо необходимых двадцати четырех при растворении в воде водорода.

Особенности физико-химических характеристик водного раствора, получаемого методом бесконтактной электроактивации – неизменность начального химического состава и достижение высокого отрицательного ОВП. Это позволяют использовать его для поддержания биологических клеток в хорошем физиологическом состоянии. При искусственном осеменении сельскохозяйственных животных используют замороженную сперму, которую после размораживания разбавляют до рекомендуемой концентрации спермиев физраствором. В таких условиях спермии скоро гибнут. Нами было изучено влияние бесконтактной электроактивации физраствора на жизнеспособность сперматозоидов быка. При активации аптечного стерильного физраствора значение ОВП составило –125 мВ.

Сперму быка-производителя, полученную из Госплемобъединения (г. Краснодар), разбавляли согласно инструкции обычным или электроактивированным физраствором. Определяли три типа клеток по их подвижности: движущиеся прямолинейно, колеблющиеся и неподвижные. Пере-

счет клеток проводили каждые 10 мин на новой капле спермы. Данные по количеству спермиев оставшихся подвижными через 40 мин от начала эксперимента, представлены на рисунке 5. Как видно из рисунка, спермии были более жизнеустойчивы при суспендировании в электроактивированном растворе. Через сорок минут в обычном растворе все клетки стали неподвижными, в то время как в электроактивированном 25% оставались активными.

От величины ОВП зависит также цвет пигментов, способных участвовать в окислительно-восстановительных реакциях. Такими являются розовый кислый эозин и синий щелочной азур. Эти пигменты составляют основу красителя Романовского-Гимзе, применяемого для окраски объектов при микроскопических исследованиях биологических материалов.

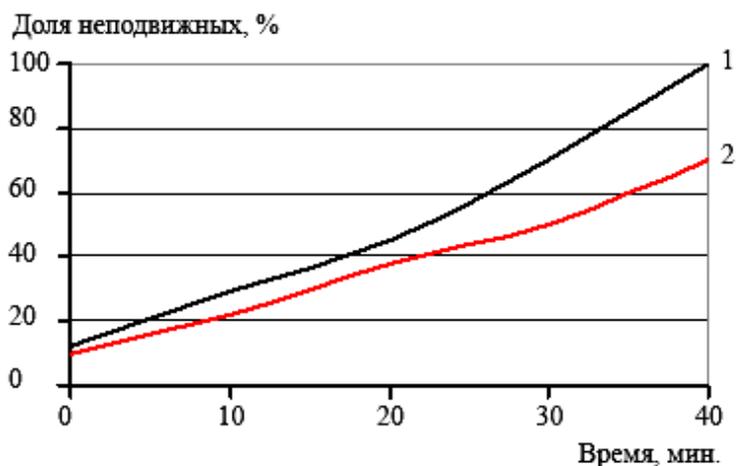


Рисунок 5 — Зависимость доли неподвижных клеток спермиев быка от времени их инкубации в обычном (1) и бесконтактно активированном (2) физрастворах

Он окрашивает ацидофильные образования в различные оттенки красного цвета, базофильные — в цвета от пурпурного до синего. Нами было исследовано влияние бесконтактной электроактивации на свойства красителя. После 60-ти минутной активации подготовленный к окраске краситель заметно изменял окраску на ярко синюю. Поэтому нами были сняты спектры поглощения неактивированного красителя и дифференциальный спектр поглощения «неактивированный раствор минус активированный».

Спектры приведены на рисунке 6. Спектр поглощения исходного красителя имеет два максимума при 490 и 620 нм. Первый максимум принадлежит эозину, второй – азуру.

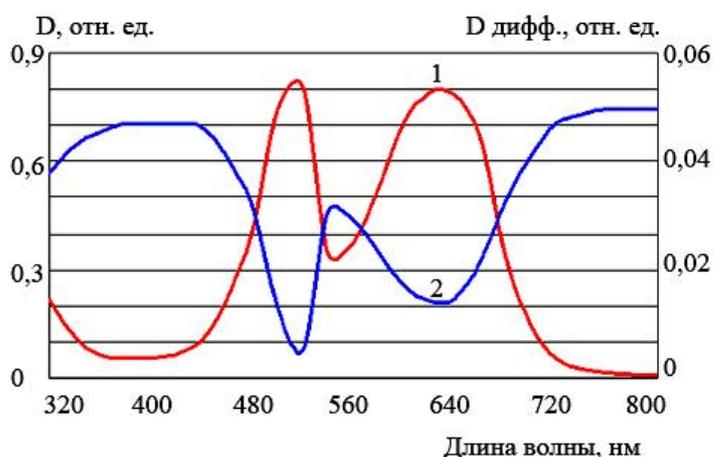
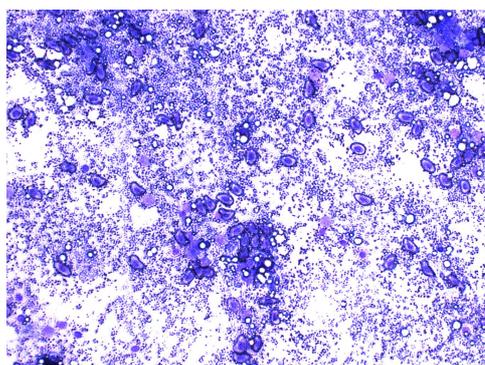


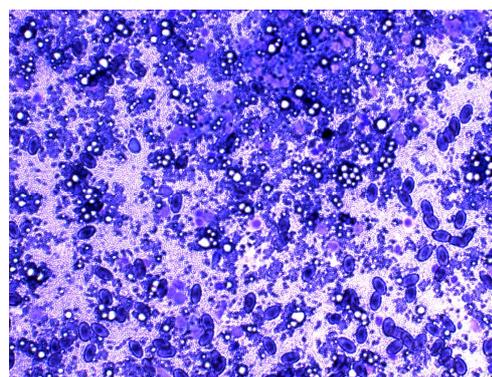
Рисунок 6 – Спектр поглощения (1) и дифференциальный спектр поглощения «неактивированный минус активированный» (2) красителя Романовского-Гимзе (значения оптической плотности по левой и правой осям, соответственно)

Смещение ОВП в отрицательную сторону изменило оптическую плотность во всем диапазоне поглощения красителя. Так для первой полосы поглощения она уменьшилась на 33%, для второй – на 25%.

Результатом неэквивалентного изменения в спектрах эозина и азура стало изменение цвета красителя в целом (рисунок 7).



А



Б

Рисунок 7 – Гистологические срезы куриной печени, окрашенные неактивированным (А) и бесконтактно электроактивированным красителем Романовского-Гимзе (Б)

Это привели к заметному улучшению качества окрашенных гистологических срезов куриной печени – усилилось насыщение тканей цветом как в синей, так и в красной области спектров.

Заключение

Полученные нами результаты по использованию разных типов электроактивации водных растворов позволяют сделать следующее заключение. Контактная электроактивация позволяет проводить экстракцию и коагуляцию белков путем изменения рН растворов и экстрактов до необходимых для этого значений. Анолит, не смотря на свои отрицательные физикохимические характеристики для биологических систем, может стимулировать жизненные процессы в клетках и тканях. Во всех случаях стимулирует эти процессы бесконтактно-активированная водная среда за счет отрицательного значения ОВП. При бесконтактной активации меняется цвет окрашенных растворов, что меняет их окрашивающие свойства. Применение электроактивации в производстве продуктов питания и кормов, в биотехнологии и в сельском хозяйстве позволяет уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Использованная литература

1. Бахир В. М. Медико-технические системы и технологии для синтеза электрохимически активированных растворов / В. М. Бахир. – М.: ВНИИИМТ, 1998. – 66 с.
2. Набок М. Выпечка пшеничного хлеба с использованием в тестозамешивании электроактивированных водных растворов / М. Набок, Г. Плутахин //Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2009. – С. 30–32.
3. Пат. 2171035, Российская Федерация, МПК7 А 23 К 1/14. Способ получения кормовой добавки из сока растений / А. Г. Коцаев, А. И. Петенко, Г. А. Плутахин. Оpubл. 20.02.01.
4. Пат. 2195836, Российская Федерация, МПК7 А 23 К 1/00, 1/12, А 23 J 1/14. Способ получения белкового концентрата / А. И. Петенко, О. П. Татарчук, А. Г. Коцаев. Оpubл. 10.01.03.
5. Пат. 2233597, Российская Федерация, МПК7 А 23 К 1/14. Способ получения кормовой добавки из сока растений / А. Г. Коцаев, А. И. Петенко, Г. А. Плутахин. Оpubл. 10.08.04.
6. Пат. 2266680, Российская Федерация, МПК7 А 23 К 1/14, С 07 К 1/30. Способ получения белковой кормовой добавки из растительного сырья и устройство для его осуществления / А. Г. Коцаев, Г. А. Плутахин, А. И. Петенко. Оpubл. 27.12.05.
7. Пат. 2268612, Российская Федерация, МПК А 23 К 1/14. Способ получения белковой добавки из гороха / А. Г. Коцаев, Г. А. Плутахин, А. И. Петенко, О. В. Коцаева, В. В. Ткачев. Оpubл. 27.01.06.
8. Пат. 2268613, Российская Федерация, МПК А 23 К 1/14. Способ получения белковой добавки из шрота / А. Г. Коцаев, Г. А. Плутахин, А. И. Петенко, О. В. Коцаева, В. В. Ткачев. Оpubл. 27.01.06.

9. Пат. 2276941, Российская Федерация, МПК А 23 L 1/20. Способ обработки семян сои / А. Г. Кощаев. Оpubл. 27.05.06.
10. Плутахин Г. А. Биофизика, 2-е изд., перераб. и доп.: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев. – СПб: Издательство «Лань», 2012. – 240 с.
11. Плутахин Г. А. Получение белкового изолята из подсолнечного шрота с помощью электроагитатора / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев, А. И. Петенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 6. – С. 38-39.
12. Плутахин Г. А. Электротермическое осаждение белков растительного сока / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев, А. И. Петенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 8. – С. 20-22.
13. Практическое применение электрохимически активированных водных растворов / Г. А. Плутахин, М. Аидер, А. Г. Кощаев, Е. Н. Гнатко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08(092). С. 911–941.
14. Теоретические основы электрохимической обработки водных растворов / Г.А. Плутахин, М. Аидер, А. Г. Кощаев, Е. Н. Гнатко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08(092). С. 516–540.
15. Установление окислительно-восстановительного потенциала воды, насыщенной водородом / И. М. Пискарев, В. А. Ушканов, Н. А. Аристова, П. П. Лихачев, Т. С. Мысливец // Биофизика. – 2010. – Т. 55. – № 1. – С. 19–24.
16. Электрохимическая активация: очистка воды и получение полезных растворов / В. М. Бахир, Ю. Г. Задорожний, Б. И. Леонов, С. А. Паничева, В. И. Прилуцкий. – М.: ВНИИИМТ, 2001. – 176 с.
17. Electro-activated aqueous solutions: theory and application in the food industry and biotechnology / M. Aider, A. Kastyuchik, E. Gnatko, M. Benali, G. Plutakhin // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2012. – V. 15. – P. 38–49.

References

1. Bakhir V. M. Mediko-tehnicheskie sistemy i tehnologii dlja sinteza jelektrohimičeski aktivirovannyh rastvorov / V. M. Bakhir. – М.: ВНИИИМТ, 1998. – 66 с.
2. Nabok M. Vypechka pshenichnogo hleba s ispolzovaniem v testozameshivanii jelektroaktivirovannyh vodnyh rastvorov / M. Nabok, G. Plutakhin // Hlibopekarska i konditerska promislovis Ukraïni. – 2009. – №9. – P. 38–41/
3. Patent 2171035, Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 A 23 K 1/14. Sposob poluchenija kormovoj dobavki iz soka rastenij / A. G. Koshchaev, A. I. Petenko, G. A. Plutakhin. Opubl. 20.02.01/
4. Pat. 2195836, Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 A 23 K 1/00, 1/12, A 23 J 1/14. Sposob poluchenija belkovogo koncentrata / A. I. Petenko, O. P. Tatarchuk, A. G. Koshchaev. Opubl. 10.01.03.
5. Pat. 2233597, Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 A 23 K 1/14. Sposob poluchenija kormovoj dobavki iz soka rastenij / A. G. Koshchaev, A. I. Petenko, G. A. Plutakhin. Opubl. 10.08.04.
6. Pat. 2266680, Rossijskaja Federacija, MPK7 A 23 K 1/14, S 07 K 1/30. Sposob poluchenija belkovoj kormovoj dobavki iz rastitelnogo syrja i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija / A. G. Koshchaev, G. A. Plutakhin, A. I. Petenko. Opubl. 27.12.05.

7. Pat. 2268612, Rossiyskaya Federatsiya, MPK A 23 K 1/14. Sposob poluchenija belkovej dobavki iz goroha / A. G. Koshchaev, G. A. Plutakhin, A. I. Petenko, O. V. Koshchaeva, V. V. Tkachev. Opubl. 27.01.06.
8. Pat. 2268613, Rossiyskaya Federatsiya, MPK A 23 K 1/14. Sposob poluchenija belkovej dobavki iz shrota / A. G. Koshchaev, G. A. Plutakhin, A. I. Petenko, O. V. Koshchaeva, V. V. Tkachev. Opubl. 27.01.06.
9. Pat. 2276941, Rossiyskaya Federatsiya, MPK A 23 L 1/20. Sposob obrabotki semjan soi / A. G. Koshchaev. Opubl. 27.05.06.
10. Plutakhin G. A. Biofizika, 2-e izd., pererab. i dop.: uchebnoe posobie dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij / G. A. Plutakhin, A. G. Koshchaev. – SPb: Izdatelstvo «Lan», 2012. – 240 p.
11. Plutakhin G. A. Poluchenie belkovogo izoljata iz podsolnechnogo shrota s pomoshhju jelektroaktivatora / G. A. Plutakhin, A. G. Koshchaev, A. I. Petenko// Hranenie i pererabotka selhozsyrja. – 2005. – № 6. – P. 38–39.
12. Plutakhin G. A. Jelektrotermicheskoe osazhdenie belkov rastitelnogo soka/ G. A. Plutakhin, A. G. Koshchaev, A. I. Petenko// Hranenie i pererabotka selhozsyrja. – 2004. – № 8. – P. 20.
13. Prakticheskoe primenenie jelektrohimicheski aktivirovannyh vodnyh rastvorov / G. A. Plutakhin, M. Aider, A. G. Koshchaev, E. N. Gnatko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 08(092). – P. 911–.
14. Teoreticheskie osnovy jelektrohimicheskoj obrabotki vodnyh rastvorov / G. A. Plutakhin, M. Aider, A. G. Koshchaev, E. N. Gnatko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №08(092). P. 516–540.
15. Ustanovlenie okiclitelno-vocetanovitel'nogo potenciala vody, nasyshhennoj vodorodom / I. M. Pickapev, V. A. Ushkanov, N. A. Apictova, P. P. Lixachev, T. C. Myclivec // Biofizika. – 2010. – T. 55. – № 1. – P. 19–24.
16. Jelektrohimicheskaja aktivacija: ochildka vody i poluchenie poleznyh rastvorov / V. M. Bahir, Ju. G. Zadorozhnij, B. I. Leonov, S. A. Panicheva, V. I. Priluckij. – M.: VNIIMT, 2001. – 176 p.
17. Electro-activated aqueous solutions: theory and application in the food industry and biotechnology / M. Aider, A. Kastyuchik, E. Gnatko, M. Benali, G. Plutakhin // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2012. – V. 15. – P. 38–49.