

**УДК 637.12.04/.07**

## **ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ДЕТОКСИКАЦИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ**

Забодалова Л.А.

Санкт-Петербургский государственный университет  
низкотемпературных и пищевых технологий

Потороко И.Ю., [potoroko@susu.ac.ru](mailto:potoroko@susu.ac.ru)

Южно-Уральский государственный университет

*В целях обеспечения безопасности молочных продуктов, производимых в условиях экологически неблагоприятных территорий, используют различные методы и способы детоксикации, которые по-разному влияют на многокомпонентную систему молока.*

*Изучение влияния детоксикационных методов на молоко, дает возможность установить динамику изменения его технологических свойств, а также возможность обеспечения безопасности потребителя.*

Ключевые слова: детоксикация, технологические свойства молока, сорбенты, электрофизическое воздействие, безопасность.

## **IMPACT OF DETOXIFICATION METHODS ON TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CRUDE DAIRY MATERIAL**

L.Zabodalova,

Saint-Petersburg state university of refrigeration and food engineering

I.Potoroko, [potoroko@susu.ac.ru](mailto:potoroko@susu.ac.ru)

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

*In order to preserve safety of the dairy products processed in ecologically challenged areas, various detoxification methods are used. They have different effects on the multicomponent structure of milk.*

*Studying of the ways detoxification methods affect milk provides an opportunity to trace change dynamics of its technological properties, as well as ensure consumer safety.*

Keywords: detoxification technological properties of milk, sorbates, electrophysical influence, safety

Сырьевая база молочной отрасли большинства регионов России не может обеспечить собственные рынки продуктами переработки не только в их количестве, но и качестве реализуемой продукции. С одной стороны формирование ассортиментного многообразия в данной группе товаров, как самой необходимой в рационах населения, за счет молочной продукции разных производителей является правильным подходом к насыщению рынка, однако в таких условиях собственные производители сужают производственный ассортимент. Другой наиболее важной проблемой является повсеместное снижение качества получаемого молочного сырья по базисным показателям, что влечет за собой использование в производстве молочных и немолочных компонентов, а для регионов расположенных на экологически неблагоприятных территориях к вышеуказанной проблеме дополняется еще одна, связанная с вопросами безопасности получаемой продукции.

Мониторинг уровня содержания химических контаминантов в продовольственном сырье и пищевых продуктах показывает достаточно высокий удельный вес проб не соответствующих нормативам по Челябинской области. Молоко и молочная продукция, включая сметану и масло, забракованы по России в количестве 2,37 %, а по Уральскому округу удельный вес проб не соответствующих по химическим показателям нормативам составляет 4,58 %. В структуре забракованной продукции преобладают по количеству партий: мясо и мясопродукты – 21 %, хлебобулочные и кондитерские изделия – 17%, молочные продукты – 14%.

Вместе с тем качество молока, его технологические свойства определяются, прежде всего, его химическим составом. Для эндемических зон характерным является изменение состава, которое может быть следствием нарушения обменных процессов в организме животных, т.к. функция молокообразования связана с биосинтезом белков, витаминов, гормонов, ферментов, углеводным, жировым, минеральными обменами. Прямая зависимость состава молока и кормов, полученных в зоне экологического неблагополучия, была доказана K. Verma, A.M. Колодкиным и др., а содержание некоторых химических элементов в молоке коров из этих зон в десятки раз больше, чем в молоке коров других зон (8).

На фоне функциональных расстройств в организме животного происходит снижение бактериостатических свойств молока, а значит, наблюдается рост посторонней микрофлоры. Молоко, полученное от животных на территориях неблагополучных зон, имеет повышенную кислотность за счет образования кислого казеината, поэтому имеет пониженную устойчивость к нагреванию(4). В биогеохимических провинциях наряду с изменением нативного состава и свойств молока происходит накопление в нем избыточных количеств опасных микроэлементов (свинец, ртуть, мышьяк и др.). По отдельным зонам превышение содержания свинца достигает 167% ПДК, никеля в 6,0 раз и т.д. Ветеринарно-зоотехнические мероприятия по повышению продуктивности, а так же минимизация отклонений в содержании отдельных компонентов на территории эндемических зон должны быть построены таким образом, чтобы использовать биологическую взаимосвязь химических элементов в организме.

Процессы перераспределения тяжелых металлов при технологической переработке молочного сырья, как показывают данные проведенных исследований, не позволяют в большинстве случаев обеспечить получение продуктов с безопасным уровнем содержания токсикантов. Исходное молоко может иметь различное содержание токсичных элементов, но при этом сохраняется тенденция постепенного снижения их концентрации из зоны с повышенной техногенной нагрузкой в зону относительного благополучия. Учитывая различное сродство токсичных элементов с составными частями молока, можно сказать, что степень их перехода в продукты переработки коррелирует с количеством сухих веществ молока и концентрацией отдельных составных частей и прежде всего с белковой фракцией (5, 3).

Известно, что молекулярными мишенями, то есть объектами атаки ионов тяжелых металлов, служат:

- ✓ гемсодержащие белки и ферменты;
- ✓ системы перекисного и свободнорадикального окисления липидов и белков, а также системы антиоксидантной и антипероксидной защиты;
- ✓ ферменты транспорта электронов и синтеза АТФ;
- ✓ белки клеточных мембран и ионные каналы мембран.

Ионы Pb, Hg, Co, Cd образуют прочные комплексы с аминокислотами и другими биомолекулами, содержащими тио  $-(HS-)$  или алкилтиогруппировки  $-(RS-)$ . Многие комплексы металлов с органическими лигандами близки по параметрам (размеру, распределению зарядов) к обычным субстратам (аминокислотам, гормонам, нейромедиаторам) и поэтому могут связываться с соответствующими рецепторами (эффект мимикрии). Например, комплекс, образуемый ртутью и аминокислотой цистеином, имитирует аминокислоту метионин, необходимую для биосинтеза адреналина и холина (6, 8).

Металлы известны своими каталитическими свойствами, однако некоторые металлы, особенно это касается группы тяжелых металлов (ТМ) оказывают противоположное – ингибирующее действие. Так, в результате замены иона Zn на Hg или Pb происходит дезактивация участвующих в синтезе гема ферментов карбоангидразы и аминолевулинадегидратазы. Кроме того, ионы свинца, кобальта и кадмия активируют фермент гемокиназу, разлагающий гем.

Ингибирование процесса брожения может происходить путем связывания ионов ТМ с ферментами, выделяемыми клеткой, либо путем связывания ТМ со структурами мембраны клетки и нарушением тем самым ее транспортных функций. В средах с высокой комплексообразующей способностью (с высоким содержанием белков) способность клетки к аккумуляции ионов металлов проявляется слабо. Однако в процессе молочнокислого брожения оказывается воздействие на белки молока – в ходе повышения кислотности до изоэлектрической постоянной происходит насыщение карбоксильных, фосфатных групп ионами водорода, заряд на поверхности казеиновых частиц меняется, что и ведет к образованию сгустка. Таким образом, ионы ТМ, адсорбированные на поверхности казеиновых мицелл или связанные с карбоксильными, фосфатными радикальными группами казеина, остаются в свободном ионном состоянии,

способном к образованию соединений с ферментами молочнокислого брожения и снижению их активности (1, 4).

Проблема удаления тяжелых металлов существует во многих отраслях промышленности. Следует заметить, что для осуществления инактивации загрязнителей необходимо использовать совокупность мер и приемов, методов, направленных на создание условий для ослабления, либо полного освобождения от токсичного действия. Современные методы удаления тяжелых металлов из молока основаны на ионообменных и электродиализных процессах. В числе эффективных средств защиты от загрязнения ксенобиотиками как самих сельскохозяйственных животных, так и получаемой от них продукции, – применение синтетических и природных сорбентов.

Исследования по использованию сорбентов для целей детоксикации молочного сырья, проведенные Забегаловой Г.Н., Морозовой В.В. и др. в основном были направлены на установление их сорбционной емкости и лишь незначительно затрагивали вопросы влияния сорбента на основные показатели качества молока и химический состав молока, а также теорию данного взаимодействия. Некоторыми авторами сорбенты были использованы для усиления потребительских свойств уже готовых продуктов (например, исследования МГУПБ по влиянию сорбента на структурно-механические свойства кисломолочных продуктов). На наш взгляд, оценка только сорбции контаминантов является в данных условиях не совсем объективной, т.к. возможна потеря некоторого количества химических веществ (прежде всего белков и жира) аккумулирующих ТМ (4,7).

Поскольку технологические свойства молока являются важной частью оценки пригодности его к переработке в молочные продукты и в дальнейшем определяют качество готовых изделий, изучение факторов, их определяющих, составляет определенный интерес. Получение большинства молочных продуктов построено на процессах ферментации. Известно, что активность заквасочной микрофлоры определяется комплексом факторов роста, среди которых не только наличие питательных компонентов, но и их доступность. По некоторым свойствам молока, не прибегая к выработке самой продукции, можно судить о его пригодности к переработке. В молоке, подвергнутом детоксикационным методам воздействия, определялись характеристики сформировавшегося после сквашивания стутка по следующей номенклатуре показателей: кислотность, динамическая вязкость, качественный и количественный состав микрофлоры.

В качестве сорбирующего вещества был определен Полифепан АО «Сайнтек» – природный полимер растительного происхождения, состоящий в основном из лигнина (около 80%), структурными элементами которого являются производные фенилпропана. Адсорбционные свойства полифепана обусловлены наличием развитой пористой структуры, причем на величины параметров пористой структуры оказывают влияние как состав адсорбента, так и процессы его обработки. Объем микропор полифепана такой же, как и у гидролизного лигнина. Наличие двух мезопористых структур предполагает возможную адсорбцию крупных олиго- и полимерных молекул (глобул) физиологически активных веществ, наличие в составе полифепана как полярных, так и неполярных функциональных групп может объяснить сродство адсорбента как к гидрофильным

адсорбтивам, например, к белкам, так и гидрофобным. Не исключена возможность хемосорбции на полифепане из-за присутствия большого количества активных центров на поверхности адсорбента (Н.А.Беляков, С.В.Королькова, (1, 8).

Данные ртутной порометрии свидетельствуют о наличии у гидролизного лигнина мезопор, максимальный объем которых соответствует радиусам пор 3-10 нм и 100-150 нм, и макропор с радиусами 500-5000 нм. После щелочной обработки гидролизного лигнина происходит резкое – в 4 раза – возрастание объема мезопор с радиусом 3-10 нм, объем мезопор с радиусом 100-150 нм увеличивается в 1,5 раза. В целом результаты химического анализа позволяют утверждать, что наблюдаются различия в количественных характеристиках показателей качества сырого молока после обработки сорбентом (рис. 1 и 2).

Согласно данным рисунков, видно, что массовая доля жира и белка в образцах обработанного молока изменяется, причем внесение сорбента в меньшей концентрации ( $5 \text{ г/дм}^3$ ) дает при малой экспозиции (выдержка не более 3 мин) некоторое увеличение массовой доли жира, а затем по мере увеличения длительности экспозиции отмечается снижение массовой доли жира.

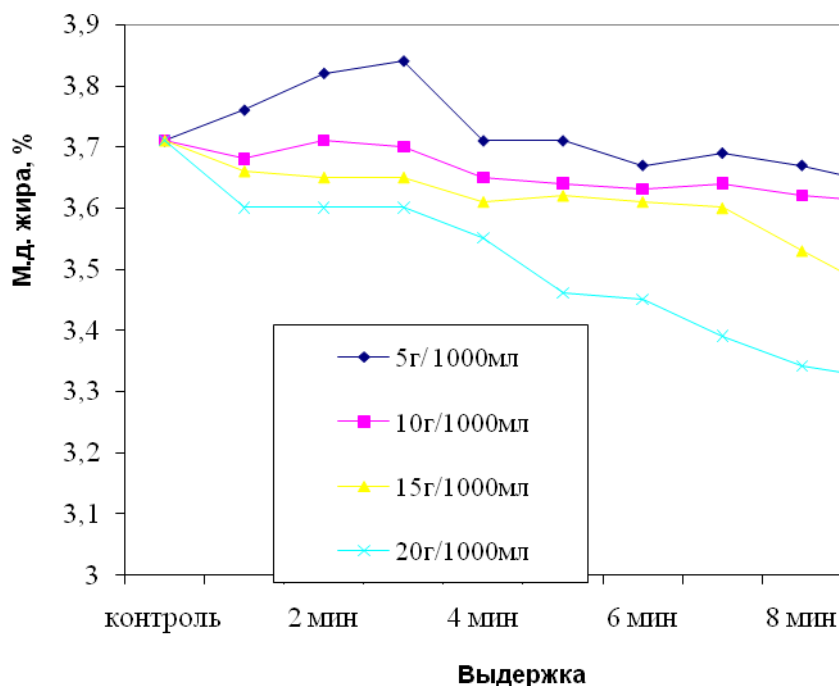


Рис. 1. Динамика изменения массовой доли жира, %

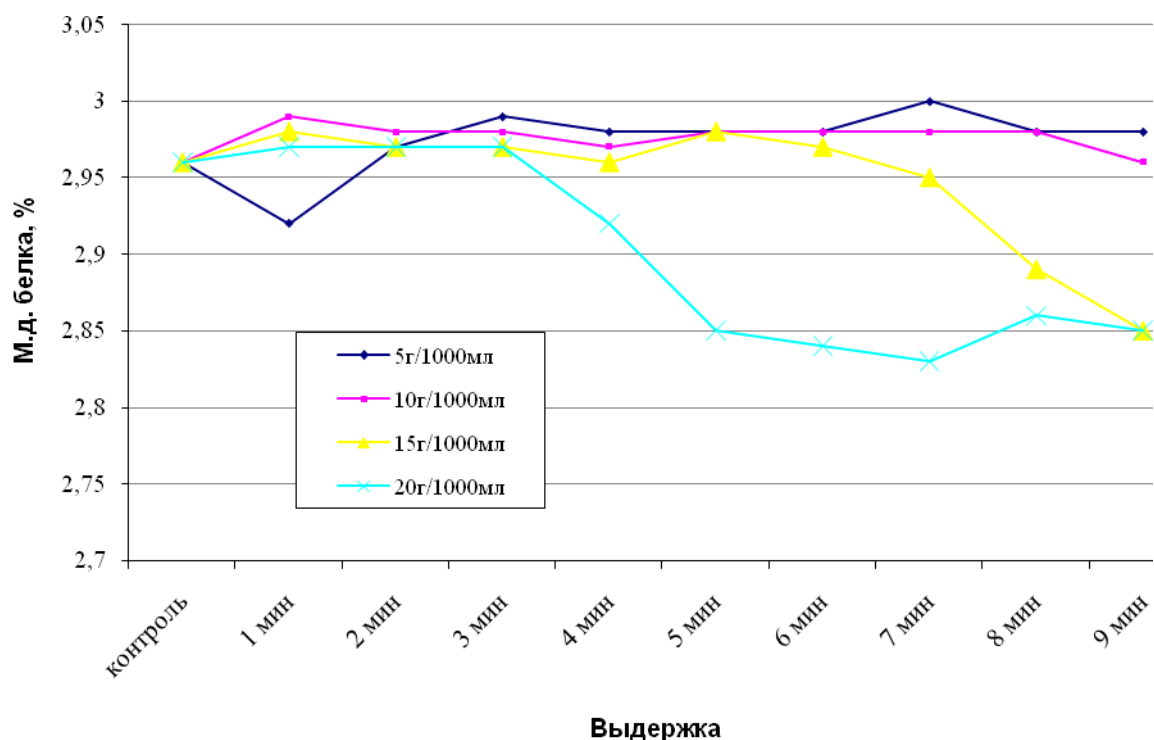


Рис. 2. Динамика изменения массовой доли белка, %

С увеличением дозы сорбента до 15-20 г/дм<sup>3</sup> наблюдается значительное снижение массовой доли жира уже с первых минут воздействия сорбента и нарастает по времени. Это может быть обусловлено не только развитой пористой структурой сорбента, но и возможностью хемосорбции на полифепане из-за присутствия большого количества активных центров на поверхности адсорбента. Оценка бродильной пробы указывает на то, что есть существенная разница между количеством и качеством состава микрофлоры сгустков, полученных на основе молока обработанного сорбентом (рис. 3).

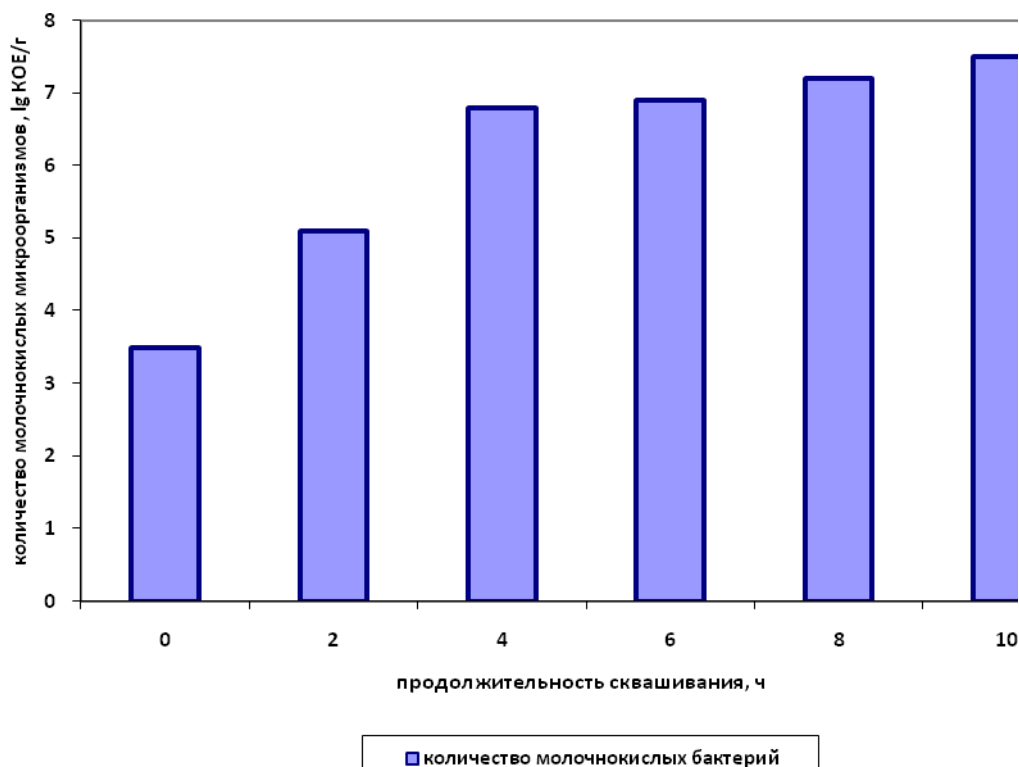


Рис. 3. Изменение количества микроорганизмов в процессе сквашивания молока, обработанного сорбентом

Однако анализ технологических характеристик молочного сырья и на их основе определение его пригодности для переработки, не может в полной мере обеспечить необходимый уровень качества полученных изделий, если показатели безопасности имеют отклонение от предельно допустимых значений.

Поэтому следующий этап работы направлен на исследование влияние детоксикационных методов воздействия на безопасность молочного сырья. Исследование проводилось на усредненных пробах молока-сырья из хозяйств, расположенных в разных по техногенной нагрузке зонах. Для выявления основных тенденций влияния фактора были определены две зоны – кризисной и относительно удовлетворительной экологической ситуации. Для оценки кумулятивных свойств белково-жировой и водно-белковой фракций молока усредненные опытные пробы подвергались деструкции, выделяли две фракции коагулят и сыворотка.

При анализе каждого металла в отдельности и сопоставлении их содержания в коагуляте и сыворотке, были определены следующие соотношения:

Металл	Соотношение сыворотка : коагулят
Кадмий	1:1,2
Мышьяк	1:1,8
Ртуть	1:21,3

Из данных следует, что белково-жировая (БЖ) фракция обладает более высокой кумулятивной способностью, чем водно-белковая (ВБ). Прежде всего это обусловлено различием в содержании протеинов, а также их влагоудерживающей способности, что, на наш взгляд, определяет силу удержания водорастворимых контаминантов в среде. Зная фракционную нагрузку можно прогнозировать не только производство наименее опасных молочных продуктов, но и выстраивать процесс обеззараживания с учетом химических свойств компонентов каждой из фракций и их взаимодействия с контаминантами. Свинец, кадмий, мышьяк и ртуть распределяются по фракциям молока неоднородно, что можно связать с их кумулятивной способностью.

Для повышения сорбции тяжелых металлов существует реальная возможность использования не только мер детоксикации и их возможного сочетания. Большой интерес представляют нетрадиционные методы обработки, к ним относятся электрофизические и электротехнические методы обработки молока и молочных продуктов: сверхвысокочастотная энергия в непрерывном и импульсном режимах, инфракрасное излучение, электроактивация, акустические колебания, ультрафиолетовое излучение. Таким образом, можно сказать, что разработка методов детоксикации ТМ, ориентированных на комбинированное использование сорбентов и электрофизических методов воздействия, поиск оптимальных условий сочетания воздействующих факторов, позволит повысить безопасность не только продовольственных ресурсов, но и собственно продуктов питания.

#### Список литературы:

1. Беляков, Н.А. Влияние энтерального адсорбента полифепана на систему гомеостаза при длительном применении / Н.А. Беляков, В.П. Леванова, Л.Ф. Шабанова // Физиол. журн. – 1988 – Т. 24, № 3. – С. 83 – 88.
2. Веротченко, М.А. Получение экологически чистых молочных продуктов / М.А. Веротченко, А.П. Терещенко // Миграция тяжелых металлов и радионуклидов в звене: почва – растение (корм, рацион) – животное – продукт животноводства – человек: матер. Третьей науч. конф./ НовГУ им Ярослава Мудрого. – Великий Новгород. – 2001. – С. 155 – 159.
3. Головков, В.П. Экологические аспекты переработки молока / В.П. Головков // Молочная промышленность. – 1994. – № 1. – С. 6 – 7.
4. Забегалова, Г.Н. Экологические аспекты переработки молочного сырья Вологодской области / Г.Н. Забегалова, О.В. Охрименко // Окружающая природная среда и экологическое образование и воспитание: сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза. – 2004. – С. 80–82.
5. Карташов, С.В. Содержание тяжелых металлов в молоке и молочной продукции разных районов Новгородской области / С.В. Карташов, Н.К. Семенов, Г.В. Твердохлеб // Миграция тяжелых металлов и радионуклидов в звене: почва – растение (корм, рацион) – животное – продукт животноводства – человек: матер. междунар. конф. НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Новгород, 1998. – С. 57 – 60.
6. Когановский, А.М. Адсорбция растворенных веществ / А.М. Когановский, Т.М. Левченко. – Киев: Наукова думка, 1977. – 205 с.



7. Охрименко, О.В. Содержание тяжелых металлов в молочном сырье Вологодской области / О.В. Охрименко, Г.Н. Забегалова // Научное издание «Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова». –2004. – № 8. – С. 138 – 139.

8. Сельскохозяйственная экология [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов по агрономическим и зооветеринарным спец. / ред. Н. А. Уразаев. - 2-е изд. перераб. и доп. - М. : Колос, 2000. - 304 с.