УДК 637.053

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КРИОСКОПИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ВОДЫ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

ФАТЬЯНОВ Евгений Викторович, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

АЛЕЙНИКОВ Александр Константинович, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

Рассмотрены вопросы определения активности воды в пищевых продуктах криоскопическим методом. Представлены результаты определения активности воды и криоскопическойв температуры различных пищевых продуктах. Выполнен сравнительный анализ технических характеристик анализаторов активности воды, основанных на разных принципах измерения. Приведены результаты экспериментальных исследований определения активности воды криоскопическим методом с использованием двух- и трехкаскадных термоэлектрических холодильников. Выявлено, что предварительное охлаждение холодильного блока способствует сокращению продолжительности определения активности воды в 1,5–2 раза. Даны рекомендации по сокращению продолжительности определения активности воды в пищевых продуктах криоскопическим методом.

Показатель «активность воды» a_w играет существенную роль в обеспечении безопасности и качества пищевых продуктов [3]. Это касается не только продуктов, не подвергающихся термической пастеризации (сушеных и ферментированных) [10], но и пастеризованных продуктов [8], подвергнутых упаковке (как в условиях вакуума, так и в газовых средах). В США Департаментом сельского хозяйства разработаны рекомендации по определению условий хранения пищевых продуктов в зависимости от уровня a_w и pH, отраженные в так называемом «Кодексе пищи» (Food Codex) [11]. При этом следует отметить, что такая классификация вобрала опыт многолетних исследований, прежде всего специалистов Федерального центра исследования мяса (в настоящее время Институт Макса Рубнера (MRI), Кульмбах, ФРГ) [12].

Значения активности воды в пищевых продуктах в значительной степени зависят от массовой доли влаги и количества, а также качества водорастворимых в составе продукта веществ (табл. 1).

С 1950-х гг., когда был введен в обращение этот показатель, ведется поиск рациональных методов определения a_w в пищевых продуктах. При этом на первом этапе преимущественно рассматривали известные на то время методы определения относительной влажности парогазовых сред – гигро-, гравиметрические и «точки росы». На втором этапе были разработаны специальные методы, к которым можно отнести индикаторный, манометрический и криоскопический [7]. На рис. 1 приведена классификация методов определения a_w в пищевых продуктах.

В соответствии с Международным стандартом ISO 21807-2012 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Определение активности воды», введенным в действие в России с 1 июля 2013 г., предполагается применение 8 прямых и косвенных методов определения a_w. Из этих методов в настоящее время практически используются только четыре: «точки росы», гигрометрические электролитический и электросорбционный, а также криоскопический метод, основанный на измерении температуры замерзания продукта [1].

В табл. 2 приведены пороговые технические характеристики приборов, основанных на разных принципах измерения. Обзор технических характеристик анализаторов a_w в пищевых продуктах с анализом их особенностей приведен нами в [9].

Применение криоскопического метода определения a_w в пищевых продуктах позволяет исключить влияние внешних факторов: колебания температуры окружающей среды и загрязнения первичных преобразователей, так как выходной характеристикой служит температура, измерения которой осуществляется прецизионными первичными преобразователями – платиновыми или пьезокварцевыми. При этом такие первичные преобразователи имеют высокую стабильность во времени и не требуют, в отличие от первичных преобразователей гигрометрических типов, частой калибровки [6].

Сотрудниками Саратовского ГАУ в рамках работы малого инновационного предприятия ООО «Активность воды» разработана серия анализаторов активности воды «АВК», использующих криоскопический метод определения, основанных на базе технических решений, оформленных в виде патентов на полезные модели [2, 4, 5]. При этом охлаждение образцов осуществляется, в отличие от аналогов, двух- или трехкаскадными термоэлектрическими

Таблица 1

Диапазоны активности воды и криоскопической температуры пищевых продуктов

Продукт	a_w	t_k, –°C
Сливки	0,982–0,988	1,88–1,26
Ряженка жирностью 3,2 %	0,987–0,989	1,37–1,16
Сметана жирностью 25 %	0,960–0,970	4,19–3,13
Сыры твердые и полутвердые	0,913–0,942	9,33–6,12
Сгущенное молоко с сахаром	0,821–0,846	20,26–17,18
Вареные колбасные изделия	0,960–0,970	4,19–3,13
Полукопченые колбасы	0,940–0,960	6,34–4,19
Варено-копченые колбасы	0,905–0,935	10,23–6,88
Сырокопченые колбасы полусухие	0,890–0,910	11,95–9,57
Сырокопченые колбасы сухие	0,800–0,865	22,92–14,89
Сельдь специального посола	0,905–0,915	10,23–9,10
Хлеб пшеничный	0,890–0,940	11,95–6,34
Кетчуп	0,955–0,963	4,72–3,87
Майонез	0,955–0,975	4,72–2,61
Мед	0,560–0,650	57,53–43–64
Ягоды, протертые с сахаром	0,910–0,916	9,67–8,99

Таблица 2

Технические характеристики приборов для измерения активности воды

Характеристики	Метод измерения		
	гигрометрический	«точки росы»	криоскопический
Диапазон измерения	0,00...1,00	0,03...1,00	0,80...1,00
Точность	±(0,02...0,003)	±0,003	±0,001
Воспроизводимость	±(0,002...0,005)	Нет данных	±0,0003
Разрешение	0,01...0,001	0,001...0,0001	0,0001
Продолжительность измерения, мин	5*...120	Около 5	5...20

* При использовании программы экстраполяции.

модулями (ТЭМ), позволяющими понижать за относительно небольшой период времени температуру образца до –40...42 °С, что обеспечивает фиксацию криоскопической температуры на уровне –34...35 °С, соответствующей активности воды не выше 0,75. На рис. 2 представлена принципиальная схема используемого экспериментального стенда.

Согласно вышеизложенному, при определении активности воды остается актуальной

Рис. 1. Классификация методов измерения активности воды

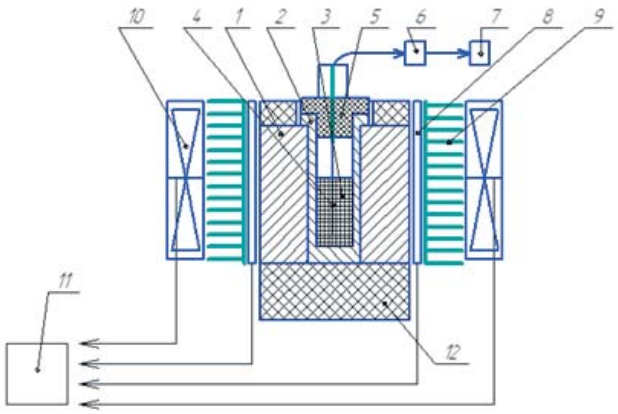


Рис. 2. Принципиальная схема стенда для определения показателя активности воды криоскопическим методом: 1 – корпус холодильника; 2 – кювета; 3 – образец; 4 – первичный преобразователь температуры; 5 – пробка; 6 - измеритель температуры; 7 – персональный компьютер; 8 – термоэлектрический модуль; 9 – радиатор; 10 – вентилятор; 11 – источник питания; 12 – термоизоляция

проблема экспрессности (быстродействия). В гигрометрических методах разными производителями для решения этой проблемы разработаны специальные компьютерные программы экстраполяции начала наступления гигротермического равновесия (см. табл. 1), позволяющие сократить продолжительность определения активности воды до 5 мин, но при потере точности измерения.

Целью наших исследований являлось установление возможности сокращения продолжительности определения активности воды в пищевых продуктах при использовании криоскопического метода.

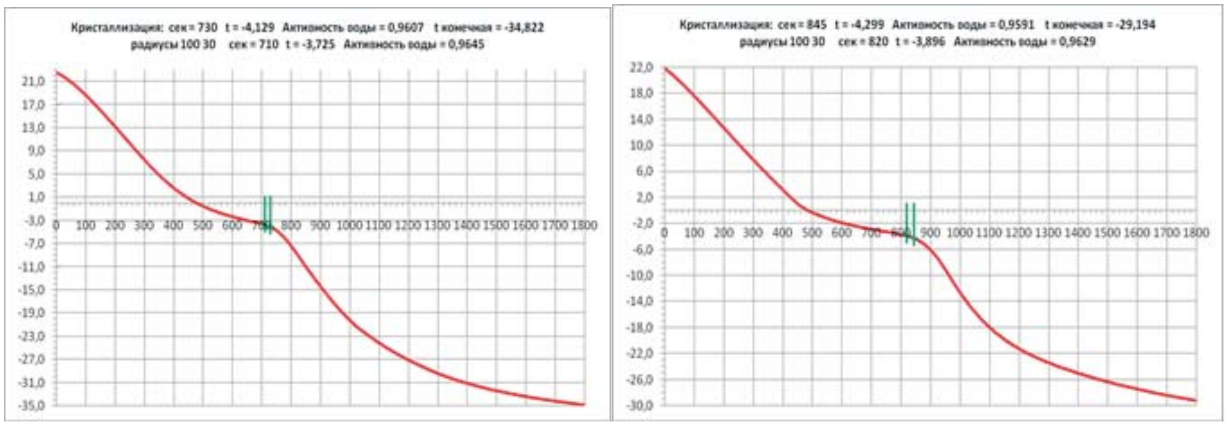
Для достижения поставленной цели получены и проанализированы термограммы замораживания различных образцов полукопченых колбас с активностью воды 0,958. При этом исследования проводили по двум принципиальным схемам: без предварительного охлаждения и с предварительным охлаждением холодильного блока. В первом случае питание ТЭМ включалось сразу после помещения кюветы с образцом в холодильный блок. Во втором случае холодильный блок предварительно охлаждался в течение 20–25 мин до температуры –30...35 °С, а уже потом в него помещали кювету с исследуемым продуктом. В промежутках между опытами, когда кювету извлекали из холодильного блока, с целью исключения обледенения внутренней поверхности отверстия в холодильном блоке, вместо кюветы в него помещали пробку из теплоизоляционного материала, имеющую аналогичные с кюветой размеры. При последующих измерениях питание ТЭМ не выключалось, и холодильный блок становился своеобразным аккумулятором холода.

На рис. 3, а представлена термограмма замораживания полукопченой колбасы без предварительного охлаждения холодильного блока посредством трехкаскадных ТЭМ, на рис. 3, б – посредством двухкаскадных ТЭМ. Аналогично на рис. 4, а, б представлены термограммы с предварительным охлаждением холодильного блока.

Анализируя термограммы замораживания образцов полукопченой колбасы, следует отметить, что имеет место сокращение времени достижения криоскопической температуры при использовании трехкаскадных ТЭМ, а при предварительном охлаждении холодильного блока этот эффект существенно повышается.

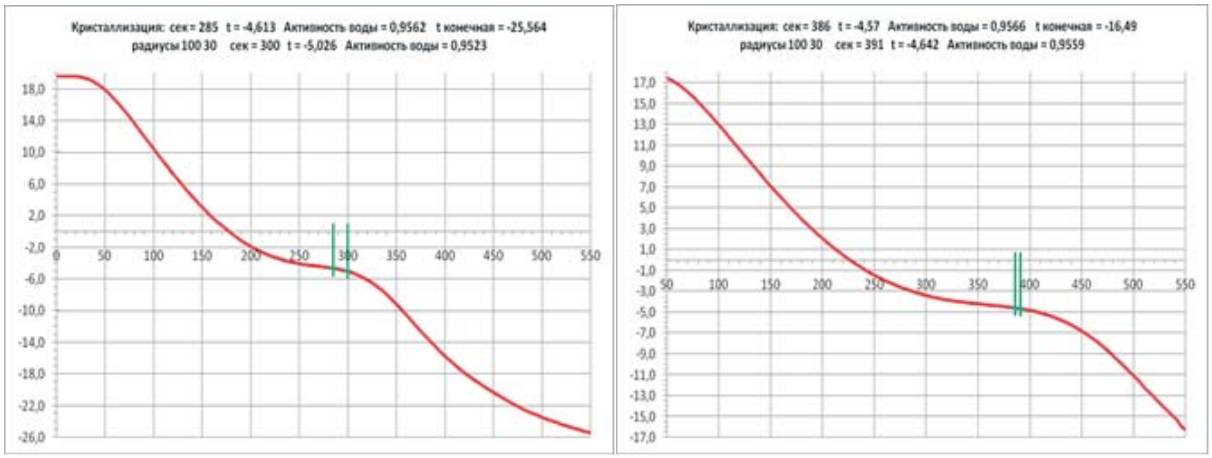
Таким образом, использование трехкаскадных термоэлектрических модулей в холодильном блоке анализатора активности воды в пищевых продуктах позволяет интенсифицировать процесс замораживания исследуемых образцов и сократить продолжительность определения криоскопической температуры, а следовательно, показателя активности воды. Предварительное охлаждение холодильного блока, позволяет еще в большей мере повысить экспрессность определения криоскопической температуры, сократив полное время определения до 6 мин при исследовании образцов полукопченой колбасы и до 3–4 мин при исследовании образцов вареной колбасы и разбавленных растворов пищевых солей. В то же время следует отметить, что стоимость трехкаскадных ТЭМ в 2–3 раза выше, чем двухкаскадных, а коэффициент полезного действия их на 15–20 % ниже, что следует учитывать при комплектации приборов для измерения активности воды для конкретных условий и объектов контроля.

В заключение следует отметить, что криоскопический метод определения активности воды в пищевых продуктах имеет определенные преимущества по сравнению с другими методами, особенно в зоне высоких значений показателя активности воды и может быть использован для



а *б*

Рис. 3. Термограммы замораживания полукопченой колбасы без предварительного охлаждения: а – с трехкаскадным ТЭМ; б – с двухкаскадным ТЭМ



а *б*

Рис. 4. Термограммы замораживания полукопченой колбасы с предварительным охлаждением: а – с трехкаскадным ТЭМ; б – с двухкаскадным ТЭМ

исследования различных видов пищевых продуктов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм инновационных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алейников А.К., Фатьянов Е.В., Евтеев А.В.* Разработка прибора для определения активности воды в пищевых продуктах криоскопическим методом // Аграрный научный журнал. – 2013. – № 8. – С. 38–41.

2. А.с. 1464069 СССР. Устройство для определения активности воды в пищевых продуктах / Рогов И.А. и [др.]. – заявл. 29.12.86 ; опубл. 07.03.1989.

3. *Ляйстнер Л., Гоулд Г.* Барьерные технологии: комбинированные методы обработки, обеспечивающие стабильность, безопасность и качество продуктов питания. – М.: ВНИИМП, 2006. – 236 с.

4. Патент на полезную модель 75049 РФ. Устройство для измерения активности воды в пищевых продуктах / Фатьянов Е.В., Алейников А.К. – заявл. 26.02.2008 ; опубл. 20.07.2008.

5. Патент на полезную модель 98246 РФ. Устройство для измерения активности воды в пищевых продуктах / Фатьянов Е.В., Алейников А.К., Мокрецов И.В. – заявл. 28.10.2010 ; опубл. 10.10.2010.

6. Разработка макетного образца прибора для измерения активности воды / Фатьянов Е.В., Алейников А.К., Евтеев А.В. // Отчет о НИР № 10751р/19751 от 13.08.2012. – Саратов, 2013. – 80 с.

7. *Фатьянов Е.В.* Разработка методов измерения активности воды в мясопродуктах на основе исследования тепломассообменных процессов: автореф. дис. ... канд. наук. – М., 1989. – 17 с.

8. *Фатьянов Е.В., Алейников А.К., Трофимов М.С.* Роль показателя активности воды в технологии термообработанных колбас // Аграрный научный журнал. – 2004. – № 1. – С. 22–23.

9. *Фатьянов Е.В., Алейников А.К.* Анализ современного состояния средств определения показателя активности воды в пищевых продуктах // Вавиловские чтения–2005. – Саратов, 2005. – С. 177–180.

10. *Фатьянов Е.В.* Значение показателя «активность воды» при хранении пищевых продуктов // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – М., 2015. – С. 212–224.

11. Food Code // U.S. Public Health Service: FDA, 2013. – Режим доступа: www.fda.gov.

12. *Labots H.* a_w-Wert und pH-Wert-Konzept fur Eileitung von Fleisch-erzeugnissen in verderbliche und lagerfuhige Produkte // Fleischwirtschaft. – 1981. – № 10. – S. 1510–1517.

Фатьянов Евгений Викторович, *канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.*

Алейников Александр Константинович, *канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.*

410005, г. Саратов, ул. Б. Садовая, 220а, 5.
Тел. (8452) 59-73-32.

Ключевые слова: *пищевые продукты; активность воды; термограммы замораживания; криоскопический метод.*

IMPROVING THE CRYOSCOPIC METHOD DETERMINATION OF WATER ACTIVITY IN FOOD PRODUCTS

Fatyanov Evgeny Viktorovich, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Technology of Production and Processing of Livestock Products", Saratov Agrarian University named after NI Vavilov, Russia.*

Aleynikov Aleksandr Konstantinovich, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Technology of Production and Processing of Livestock Products", Saratov Agrarian University named after NI Vavilov, Russia.*

Keywords: *foods; water activity; the thermograms of the freeze; cryoscopic measurement method.*

The problems of determination of water activity in food products using the cryoscopic method were considered. The results of determination of water activity and cryoscopic temperature of various food products are presented. A comparative analysis of the technical characteristics of water activity analysis based on the different measurement principles was performed. The results of experimental studies on the determination of water activity using a cryoscopic method as well as the two- and three-stage thermoelectric coolers are presented. It was revealed that the preliminary cooling of the unit helps to reduce the duration of water activity determination in 1.5-2 times. Recommendations are given for the reduction of duration of water activity determination in food products using the cryoscopic method.

УДК 638.382

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В СТРУКТУРАХ АПК ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

ШКРАБАК Роман Владимирович, *Санкт-Петербургский государственный аграрный университет*
ТАТАЛЁВ Павел Николаевич, *Санкт-Петербургский государственный аграрный университет*
ПАВЛОВ Борис Викторович, *Санкт-Петербургский государственный аграрный университет*
ШКРАБАК Арина Васильевна, *ГУП «ТЭК», Санкт-Петербург*
АРТЕМЬЕВА Яна Мейнхардовна, *Санкт-Петербургский государственный аграрный университет*
ХУДЯЕВ Олег Владимирович, *Санкт-Петербургский государственный аграрный университет*

Дана характеристика производственного травматизма в структурах агропромышленного комплекса и видах экономической деятельности. Отмечено, что производственные успехи области омрачаются производственным травматизмом с различными исходами. Приведены примеры причин и обстоятельств травмирования и их последствий. Представлены направления эффективной профилактической работы по проблеме.

Агропромышленный комплекс (АПК) Ленинградской области является флагманом в указанном направлении среди субъектов Северо-западного федерального округа. В области в значительной части восстановлен производственный потенциал доперестроечного периода: формируются направление и новые структуры по традиционным видам культур и животных, характерных для зоны с учетом климатических и агробиологических условий и плодородия почвы. Ленинградская область является одним из немногих регионов, где в годы реформ практически на 77 % был сохранен крупнотоварный сектор производства [1], что обеспечило области передовые позиции в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции.

Производственные успехи области омрачаются производственным травматизмом, имевшим место в 2015 г., а также в прошлые годы. Не явился исключением и 2016 г. Однако обобщающие результаты по нему будут не раньше второго квартала 2017 г., поэтому в работе основное внимание будет уделено трудоохранным проблемам в АПК области в 2015 г., поскольку в связи с практической стабильностью технологий в АПК и методов и средств их реализации радикальные изменения вряд ли возможны (по количеству несчастных случаев, их причинам, обстоятельствам, источникам и другим факторам).

По данным Главного управления Ленинградского регионального отделения Фонда социального страхования РФ (ГУ ЛРОФСС) и отдела охраны труда и социального партнерства комитета по труду и занятости населения Ленинградской области, в 2015 г. приводились данные о 104 работниках, травмированных на производстве. В