


## Активность воды как фактор стабильности комплексных пищевых добавок

Ольга А. Гмырак<sup>1</sup> [pola1222@rambler.ru](mailto:pola1222@rambler.ru)  0009-0001-4194-3609

<sup>1</sup> Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы, пр. Победителей, 7, 220004, Минск, Беларусь

**Аннотация.** Активность воды ( $a_w$ ) является важнейшим параметром, влияющим как на качество, так и на безопасность продукции. По мере развития научных знаний становится понятным, что  $a_w$  влияет не только на безопасность пищевой продукции в контексте микробиологических рисков и предотвращение развития микроорганизмов, но и влияет на общую стабильность продукции будь то химическая или физическая деградация, помогает предсказать миграцию влаги, определяет срок годности продукции, влияет на биохимическую активность. Для любого продукта, который должен оставаться стабильным на протяжении всего жизненного цикла, становится актуальным знание его  $a_w$ .  $A_w$  может использоваться для оценки стабильности комплексных пищевых добавок (КПД), используемых при производстве мясных и колбасных изделий. В данной работе проводилось исследование КПД с целью расширения информационных сведений об их свойствах, а также прогнозирования стабильности функционально-технологического характера в процессе хранения в режиме реального времени. Определение  $a_w$  проводилось методом «точки росы» с использованием прибора «Roremeter RM-10» (NAGY Messsystem GmbH, Германия). Определение влажности проводили на анализаторе влажности RADWAG (RADWAG WAGI ELEKTRONICZNE Witold Lewandowski, Польша). Установлено, что изменение  $a_w$  на 0,1 единицу влияет на физическую и химическую стабильность КПД. В ходе исследования было выявлено изменение цвета, структуры и консистенции некоторых образцов. Автором обоснована несостоятельность заявления производителей КПД о сохранении качества продукта при изменении его органолептических свойств. Массовая доля влаги (МДВ) не является индикатором стабильности КПД, и не может гарантировать выпуск качественной и безопасной продукции. Знание показателя  $a_w$  поможет выпускать гарантированно стабильный продукт, который не повлечет за собой изменение показателей качества и безопасности готовых мясных и колбасных изделий.

**Ключевые слова:** стабильность, комплексные пищевые добавки, активность воды, массовая доля влаги.

## Water activity as a factor in the stability of complex food additives

Olga A. Gmyrak<sup>1</sup> [pola1222@rambler.ru](mailto:pola1222@rambler.ru)  0009-0001-4194-3609

<sup>1</sup> Belarusian Institute of System Analysis and Information Support for Scientific and Technical Sphere, Pobediteley Ave., 7, Minsk 220004, Republic of Belarus

**Abstract.** Water activity ( $a_w$ ) is a critical parameter for food quality and safety. Advances in scientific research demonstrate that  $a_w$  affects not only microbiological safety and the inhibition of microbial growth but also overall product stability, including chemical and physical degradation. It serves as a predictor for moisture migration, determines shelf life, and influences biochemical activity. For any product requiring stability throughout its lifecycle, determining its  $a_w$  is necessary. This study utilizes  $a_w$  to assess the stability of complex food additives (CFA) used in meat and sausage production. The research aimed to expand the data on complex food additives properties and predict their functional and technological stability during real-time storage. The  $a_w$  was measured using the chilled mirror dew point method with a Roremeter RM-10 (NAGY Messsystem GmbH, Germany), while moisture content was determined using a RADWAG moisture analyzer (Poland). It was found that a change in  $a_w$  by 0.1 units influences the physical and chemical stability of complex food additives. Changes in color, structure, and consistency were observed in several samples during the study. The author substantiates the inconsistency of manufacturers' claims that a change in organoleptic properties doesn't compromise the overall quality of the food additives. Moisture content is not a reliable indicator of complex food additives stability and cannot guarantee the production of high-quality and safe additives. Understanding  $a_w$  is critical for ensuring a consistently stable product that maintains the quality and safety standards of the final meat and sausage products.

**Keywords:** stability, complex food additives, water activity, moisture content.

### Введение

В современной индустрии, будь то пищевая, фармацевтическая, косметическая или химическая промышленность, большое распространение получили компоненты с низким содержанием влаги. Это связано с простотой и эффективностью использования, высокой концентрацией

вкуса, длительными сроками хранения, повышенной производительностью, простотой хранения. К таким компонентам относятся сухое молоко, мука, концентрированные соки, овощные пюре, сахар, крахмалы и специи, пищевые микроингредиенты. К ним применим термин «порошки» или «смеси» [1–2].

Для цитирования

Гмырак О.А. Активность воды как фактор стабильности комплексных пищевых добавок // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 2. С. 164–171. doi:10.20914/2310-1202-2026-2-164-171

For citation

Gmyrak O.A. Water activity as a factor in the stability of complex food additives. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 2. pp. 164–171. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-2-164-171

В данной работе рассматриваются такие смеси как комплексные пищевые добавки (КПД), используемые при производстве мясных и колбасных изделий.

Проблема таких смесей – огромное разнообразие составляющих их компонентов. Эти компоненты отличаются по химическим и физическим свойствам, размеру частиц, молекулярной структуре, способу производства, степени очистки, массовым долям их компонентов (ингредиентов), которые устанавливают требуемые значения функционально-технологических свойств.

Содержание влаги в таких компонентах, как правило, не превышает 15–20%.

Содержание влаги (МДВ) является важным качественным показателем пищевой продукции [3–5]. Однако данный показатель не дает нам полноты картины для понимания того, что происходит в данный момент с продукцией, например на этапе хранения или на стадии производства. То есть содержание влаги не является фактором, определяющим процесс.

Для понимания хода процесса, происходящего с продукцией (или внутри нее) необходим такой показатель, как активность воды ( $a_w$ ).

Целью исследования было расширение знаний о свойствах КПД, об изменении их стабильности при хранении, а также о влиянии на стабильность таких факторов, как  $a_w$  и МДВ.

$A_w$  является важнейшим параметром, влияющим как на качество, так и на безопасность продукции. По мере развития научных знаний становится понятным, что  $a_w$  влияет не только на безопасность пищевой продукции в контексте микробиологических рисков и предотвращение развития микроорганизмов [6–8], но и влияет на общую стабильность продукции — её химическую и физическую устойчивость к деградации, помогает предсказать миграцию влаги, определяет срок годности продукции, влияет на биохимическую активность [10, 11].

$A_w$  – это термодинамический показатель, который показывает энергетическое состояние воды в системе и основывается на фундаментальных законах термодинамики через уравнение свободной энергии Гиббса. Активность воды отражает относительный химический потенциал энергии воды в системе [12].

Вода в системе взаимодействует с другими компонентами продукта с разной интенсивностью. Вода может выступать в качестве растворителя, реагента и даже буфера при протекании химических реакций.

Содержание воды в продукте варьируется от продукта к продукту и от рецептуры к рецептуре. Один безопасный и стабильный продукт может содержать 15% МДВ, в то время как другой, содержащий всего 8% МДВ, может быть подвержен микробиологическому росту или изменению стабильности системы. Хотя продукт с большим МДВ содержит пропорционально больше воды, она химически связана с другими компонентами, что делает её недоступной для микроорганизмов или протекания химических реакций. Используя только показатели содержания влаги, невозможно определить, насколько «доступна» вода в продукте для поддержания роста микроорганизмов, потери физической или химической стабильности, или влияния на органолептические показатели качества [9, 11].

$A_w$  – это важный фактор, влияющий на стабильность КПД в процессе производства и хранения. Контроль  $a_w$  в порошкообразном продукте обеспечивает поддержание надлежащей структуры, текстуры, стабильности (физической и химической), плотности [12,13]. Знание  $a_w$  в КПД в зависимости от содержания влаги и температуры имеет важное значение на этапах обработки, транспортировки, упаковки и хранения для предотвращения таких явлений, как комкование, разрушение и слипание.

При рассмотрении стабильности порошков, таких как КПД, необходимо знать и контролировать показатель  $a_w$ .

Показатели  $a_w$  и МДВ в КПД не регламентируются действующим законодательством. Изредка показатель влажности можно найти в спецификациях на КПД.

Существует ошибочное мнение, что определение  $a_w$  в порошках не является необходимым из-за низкого содержания в них влаги. Однако все известные виды повреждений порошков связаны с этим показателем и могут контролироваться  $a_w$ . Определение и поддержание оптимального диапазона  $a_w$  для стабильности КПД является самым простым способом увеличить их стабильность, эффективность и срок годности.

В 1970-х годах Теодор Лабуза с коллегами разработал и предложил карту стабильности, которая отражает стабильность с точки зрения пределов микробиологического роста и скорости разрушающих реакций в зависимости от  $a_w$ . Измеряя и контролируя  $a_w$ , можно:

- прогнозировать рост микроорганизмов;
- поддерживать химическую и физическую стабильность продуктов;

- продлевать активность ферментов и витаминов;
- минимизировать неферментативные реакции потемнения (реакции Майяра, карамелизация) и спонтанные автокаталитические реакции окисления липидов;
- оптимизировать физические свойства продуктов с точки зрения миграции влаги, текстуры и срока годности.

На рисунке 1 представлен один из вариантов воспроизведения карты стабильности Т. Лабузы [14].

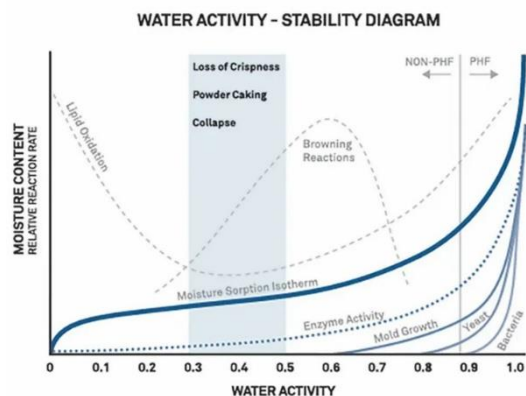


Рисунок 1. Адаптированная карта стабильности Теодора Лабузы  
Figure 1. Adapted from Theodore Labusa's stability map

Из карты стабильности видно, что чем больше воды в системе, тем больше процессов и структурных изменений может происходить в ней. Так, в диапазоне значений  $a_w$  0,3–0,5 происходит инициация реакции потемнения и физико-химическая деградация (комкование, разрушение, слипание).

**Материалы и методы**

В данной работе исследованы 15 образцов КПД. Для исследования были отобраны образцы массой по 50 г каждый. Образцы хранились герметично упакованные в прозрачные пластиковые пакеты в защищенном от света месте. Условия хранения: 8 месяцев при температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 75% (что соответствует требованиям спецификации на продукцию). Все исследуемые образцы были в пределах установленных сроков годности.

На момент закладки образцов на хранение технические характеристики соответствовали описанию, приведенному в спецификациях на продукцию: КПД представляют собой порошкообразную сыпучую смесь, допускаются комки, рассыпающиеся при легком нажатии. Вкус и запах – характерные для приправ, входящих в состав, без посторонних привкусов и запахов. Допускается расхождение в цвете между различными партиями и изменение цвета в процессе хранения. Изменение цвета не ведет к изменению органолептических характеристик конечного продукта.

Исходная информация об объектах исследования приведена в таблице 1.

Для оценки качественных характеристик в ходе исследования были изучены органолептические показатели (внешний вид, цвет, консистенция) и показатели  $a_w$ , МДВ.

В результате хранения у шести образцов изменились качественные характеристики, у девяти образцов качественные характеристики соответствовали заявленным в спецификациях. В данной работе будут рассматриваться образцы, у которых в процессе хранения произошло изменение их свойств.

Таблица 1.

Исходная информация об объектах исследования

Table 1.

Information about the research objects

ID	Наименование образца и его состав   Name of the object and its composition	$a_w$	МДВ, % Moisture content, %
1	2	3	4
1	КПД «Мега блиц» Стабилизатор E450iii, регулятор кислотности E451i, регулятор кислотности E575, антиокислитель E330, усилитель вкуса и аромата E621, антиокислители E300, E301 CFA "Mega blite" E450iii, E451i, E575, E330, E621, E300, E301	0,267	4,24
2	КПД «Прималъ хауссалиами» Регулятор кислотности E 575, специи (перец черный, тмин), антиокислитель E301, усилитель вкуса и аромата E621, антиокислитель E300 CFA "Primal' haussaliami" E575, spices (black pepper, cumin), E301, E621, E300	0,249	5,06
3	КПД «Моравская колбаса для гриля» Стабилизатор E450i, регулятор кислотности E451i, экстракты специй (перец черный, тмин, кориандр, имбирь), сахаристые вещества, лук жареный сушеный, усилитель вкуса и аромата E621, антиокислитель E 301 CFA "Moravskaia kolbasa dla grilia" E450i, E451i, spice extracts (black pepper, cumin, coriander, ginger), sugary substances, fried dried onion, E621, E301	0,264	5,55

Продолжение таблицы 1 | Continuation of table 1

1	2	3	4
4	КПД «Прималъ белые грибы» Регулятор кислотности E575, ароматизатор грибы, пряности, антиокислитель E301, усилитель вкуса и аромата E621 CFA "Primal' belye griby" E575, mushroom flavoring, spice, E301, E621	0,307	4,06
5	КПД «Италия экспорт» Специи (перец черный, чеснок, горчица, мускат, мацис), регулятор кислотности E 575, декстроза, ароматизатор "мускат", пищевая соль, сахароза, усилитель вкуса и аромата E621, антиокислитель E301, Ароматизатор "Сыр", стабилизаторы E450iii / E450v CFA "Italiya eksport" Spices (black pepper, garlic, mustard, nutmeg, mace), E575, dextrose, nutmeg flavoring, salt, sucrose, E621, E301, chees flavoring, E450iii / E450v	0,278	7,24
6	КПД «Грильфикс 20 "Мясо-гриль"» Пищевая соль, специи (чеснок, кориандр, тмин, майоран, мускатный орех, паприка, перец черный, лук), экстракт специй (паприка, розмарин) (носитель – декстроза), регулятор кислотности ацетат натрия E262, стабилизаторы: цитрат натрия E331, пирофосфаты E450, регулятор кислотности трифосфат E451 (содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 3%), усилитель вкуса и аромата глутамат натрия 1-замещенный E621 (6%), антиокислитель аскорбиновая кислота E300, аскорбат натрия E301 CFA "Gril'fiks 20 "Myaso-gril" Salt, spices (garlic, coriander, cumin, marjoram, nutmeg, paprika, black pepper, onion), spice extract (paprika, rosemary) (carrier – dextrose), E262, E331, E450, E451 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 3%), E621 (6%), E300, E301.	0,316	5,76

Определение активности воды проводилось методом «точки росы» с использованием прибора «Rorometer RM-10» (NAGY Messsystem GmbH, Германия) [15]. Определение влажности проводили на анализаторе влажности RADWAG

(RADWAG WAGI ELEKTRONICZNE Witold Lewandowski, Польша).

#### Результаты

Полученные результаты отражены в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2.

Качественные характеристики образцов полученные в результате хранения

Table 2.

Quality profile of the samples following the storage period

ID	a <sub>w</sub>	МДВ, %   Moisture content, %	Органолептические показатели	Organoleptic characteristics
1	0,306	7,24	Образовались плотные комки, плохо рассыпающиеся при нажатии. Цвет добавки не изменился	Dense lumps formed that did not dissolve easily when pressed. The additive's color did not change.
2	0,299	6,54	Образовались комки, хорошо рассыпающиеся при нажатии. Изменился цвет добавки	Lumps formed that dissolve easily when pressed. The additive's color changed.
3	0,318	6,42	Образовались плотные комки, плохо рассыпающиеся при нажатии. Цвет добавки не изменился	Dense lumps formed that did not dissolve easily when pressed. The additive's color did not change.
4	0,385	6,89	Изменилась структура и консистенция образца (полная потеря текучести). Образец стал липким, карамелеобразным. Изменился цвет добавки	The sample's structure and consistency changed (complete loss of flowability). The sample became sticky and caramel-like. The additive's color changed.
5	0,291	8,65	Изменился цвет добавки. Образовались комки, хорошо рассыпающиеся при нажатии	The additive's color changed. Lumps formed that dissolve easily when pressed.
6	0,450	9,65	Изменилась структура, цвет и консистенция образца (полная потеря текучести). Образовалась влажная масса, плохо рассыпающаяся при нажатии	The sample's structure, color, and consistency changed (complete loss of flowability). A wet mass formed that did not dissolve easily when pressed.

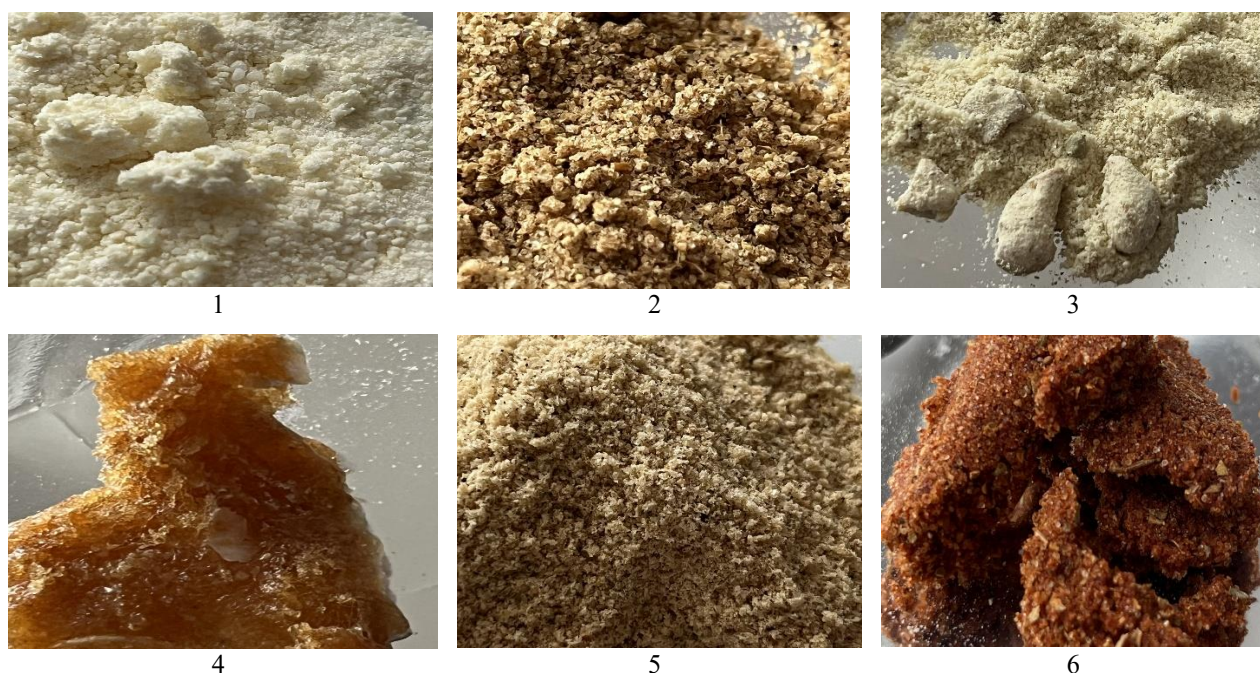


Рисунок 2. Структурные изменения внешнего вида КПД в процессе хранения  
Figure 2. Structural transformation of complex food additives (CFA) during storage

### Обсуждение

Из полученных данных видно, что в процессе хранения образцы активно поглощали влагу из окружающей среды, о чем свидетельствует увеличение показателей  $a_w$  и МДВ, что повлекло за собой изменение стабильности КПД.

Четыре образца в процессе хранения изменили свой первоначальный цвет. Несмотря на то, что производители заявляют, что изменение цвета не влияет на органолептические свойства, мы видим, что данное изменение может быть следствием неферментативных реакций потемнения (реакции Майяра, карамелизация), что является химической деградацией и это может повлечь за собой изменение функционально-технологических свойств КПД. Поэтому изменение цвета в процессе хранения может выступать своеобразным индикатором глубокой деструкции пищевых добавок.

Анализ состава КПД позволяет предположить, что сорбция влаги зависит от компонентов системы и свойств отдельных ингредиентов. Так, в состав образца ID 3 входит «лук жареный сушеный», который в процессе хранения образовал вокруг себя плотные агломераты из частиц смеси, что повлекло за собой потерю текучести добавки. Вероятной причиной является недостаточная степень удаления влаги на стадии производства указанного компонента. В результате в процессе хранения «лук жареный сушеный» мог выступать донором влаги для других ингредиентов системы, способствуя их увлажнению, агломерации и изменению свойств смеси.

Образец ID 4 потерял свои первоначальные свойства в ходе химической и физической деградации. Инициатором процесса стала сорбция влаги, увеличение показателя  $a_w$ , который повлек за собой запуск химических реакций в смеси КПД (наиболее вероятные из них – гидролиз глюконо-дельта-лактона, реакция Майяра, реакция окисления компонентов смеси). Увеличение показателя  $a_w$  могло произойти по ряду причин: первая – это сорбция воды из окружающей среды в процессе хранения, вторая возможная причина – данная вода уже присутствовала на стадии смешивания исходных компонентов. И третья причина – донорами воды могли выступить специи, которые являются компонентами смеси. Совокупность этих факторов обусловила изменение цвета, потерю текучести и изменение структуры образца.

Образец ID 6 – сложная порошкообразная смесь гигроскопичных веществ. В данном случае потеря текучести обусловлена физической деградацией. Инициатором процесса также стало увеличение показателя  $a_w$ , что вызвало агломерацию частиц смеси.

В образцах ID 1, ID 2, ID 5 за время хранения произошла физико-химическая деградация, которая повлекла за собой изменение цвета и образование небольших агломератов. Однако, по сравнению с этими образцами, образец ID 4 (который имеет в своем составе идентичные компоненты – E575, специи, пряности, E621, E301) больше всего имеет прирост показателя  $a_w$  за весь срок хранения, и демонстрирует принципиально иной характер деградации.

### Заключение

Длительное хранение КПД в условиях повышенной влажности приводит к активному поглощению влаги (о чем свидетельствует рост показателей МДВ и  $a_w$ ), потере текучести и комкованию. Характер и степень стабильности КПД зависят от их компонентного состава и в частности химических веществ, входящих в состав добавки.

Длительное хранение существенно влияет на изменение качественных характеристик КПД, а протекающие химические реакции могут в свою очередь существенно повлиять на изменение функционально-технологических показателей добавок, снижая их эффективность при использовании в производстве мясных продуктов.

Полная или частичная потеря стабильности КПД может негативно отразиться на качестве и безопасности конечного продукта. Это может привести к таким рискам как снижение влагосвязывающей способности фаршевых систем, возникновение бульонно-жировых отеков, изменение pH готовых колбасных изделий, снижение выхода готовой продукции.

КПД должны быть сыпучими, однородными порошками. Такие изменения, как изменение цвета и появление комков, говорят о начальном этапе деградации и потере стабильности.

При хранении КПД в условиях производства целесообразно осуществлять контроль показателя  $a_w$  для сохранения функционально-технологических свойств. Мониторинг изменений  $a_w$  – это прямой способ контролировать изменение стабильности КПД.

Необходимо дальнейшее изучение КПД с целью разработки научно обоснованных регламентов хранения и критериев оценки их качества. Необходим тщательный анализ рецептурного состава КПД для минимизации гигроскопичности, что позволит повысить устойчивость добавок к фазовым переходам в процессе хранения.

Целесообразно разрабатывать и создавать цифровые базы данных КПД, в которых будет отражаться вся исходная информация о добавках. На основании этой информации можно будет минимизировать риск возникновения технологического брака, оперативно использовать в производстве КПД с остаточным сроком годности (если показатель  $a_w$  близок к критическому из базы данных, то партия направляется в промышленную переработку в первую очередь.

Создание таких цифровых баз данных особенно актуально в рамках реализации концепции «Индустрия 4.0» на пищевых производствах.

### Литература

- Jiang H., Zhang N., Xie L., Li G. et al. A comprehensive review of the rehydration of instant powders: mechanisms, influencing factors, and improvement strategies // *Foods*. 2025. Vol. 14. No. 16. Article 2883. doi: 10.3390/foods14162883
- Мамыраев М.Н. и др. Роль размера частиц в улучшении качества порошков пшеницы, тыквы, дыни и моркови // *Механика және технологиялар*. 2024. № 3 (85). С. 101–114. doi: 10.55956/TDCB4863
- Кондратьев Н.Б. и др. Использование загустителей для уменьшения скорости миграции влаги при хранении конфет со сбивными корпусами // *Аграрная наука*. 2025. № 9. С. 158–164.
- Кондратьев Н.Б. Оценка скорости процессов влагопереноса в мучных кондитерских изделиях с промежуточной влажностью для управления их сохранностью // *Пищевые здоровьесберегающие технологии: сборник тезисов II Международного симпозиума*. Кемерово, 2023. С. 238–242.
- Золотокопова С.В., Корома И. Исследование влияния растительных добавок на изменение массовой доли влаги в рыбном фарше при сушке // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. 2022. № 4. С. 143–148. doi: 10.24143/2073-5529-2022-4-143-148
- Tapia M.S., Alzamora S.M., Chirife J. Effects of water activity ( $a_w$ ) on microbial stability as a hurdle in food preservation // *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*. 2020. P. 323–355. doi: 10.1002/9781118765982.ch14
- Peleg M. A new look at models of the combined effect of temperature, pH, water activity, or other factors on microbial growth rate // *Food Engineering Reviews*. 2022. Vol. 14. P. 31–44. doi: 10.1007/s12393-021-09292-x
- Ермолаев В.А. Активность воды как показатель качества пищевых продуктов // *Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности: сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции*. 2020. С. 145–147.
- Prada-Ramírez H.A., Montes-Tamara J.P., Rico-Jiménez E.A., Fonseca J.C. Stability study through water activity measurements for dispensed powdered raw materials // *Journal of AOAC International*. 2024. Vol. 107. No. 3. P. 487–492. doi: 10.1093/jaoacint/qsae005
- Казанцев Е.В. Исследование показателей влагопереноса для повышения хранимоспособности желеино-мармелада // *Пища. Экология. Качество: труды XVII Международной научно-практической конференции*. 2020. С. 271–274.
- Lau S.K., Subbiah J. HumidOSH: a self-contained environmental chamber with controls for relative humidity and fan speed // *HardwareX*. 2020. Vol. 8. Article e00141. doi: 10.1016/j.ohx.2020.e00141
- Ameje L., de Brouwer S., Gilliland D.L., Heckmann J. et al. Stability of nutrients in complex liquid and powder food matrices: learnings from shelf-life studies in foods for special medical purposes // *Current Research in Food Science*. 2025. Vol. 10. Article 101055. doi: 10.1016/j.crf.2025.101055
- Hay F.R., Rezaei S., Buitink J. Seed moisture isotherms, sorption models, and longevity // *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Article 891913. doi: 10.3389/fpls.2022.891913

- 14 Kawai K., Tachibe S. Effects of water activity and temperature on the caking properties of amorphous carbohydrate powders // *Journal of Applied Glycoscience*. 2025. Vol. 72. No. 1. Article 7201103. doi: 10.5458/jag.7201103
- 15 Yan H., Chen Y., Liu Z., Han B. et al. Lactose crystallization and Maillard reaction in simulated milk powder based on the change in water activity // *Journal of Food Science*. 2022. Vol. 87. No. 11. P. 4956–4966. doi: 10.1111/1750-3841.16335
- 16 Allan M.C., Mauer L.J. Moisture sorption behaviors, water activity-temperature relationships, and physical stability traits of spices, herbs, and seasoning blends containing crystalline and amorphous ingredients // *Journal of Food Science*. 2020. Vol. 85. No. 9. P. 2764–2781. doi: 10.1111/1750-3841.15395
- 17 Hosseinijad A., Perez-Piroto S., Szerman N. et al. Water activity and glass transition effect on the physical properties and bioactive compounds of persimmon peel powder // *International Journal of Food Science & Technology*. 2024. Vol. 59. No. 5. P. 3297–3309. doi: 10.1111/ijfs.16982
- 18 Nortuy N., Suthapakti K., Utama-ang N. Storage stability and anti-caking agents in spray-dried fruit powders: a review // *Journal of Food and Raw Materials*. 2024. Vol. 12. No. 2. doi: 10.21603/2308-4057-2024-2-622
- 19 Thangavelu K.P., Kerry J.P., Tiwari B.K., McDonnell C.K. Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat // *Trends in Food Science & Technology*. 2019. Vol. 94. P. 43–53. doi: 10.1016/j.tifs.2019.08.009
- 20 Grau T., Hammerschmidt N., Clauss-Lenzian E., Oelkers A. et al. Phosphate elimination in emulsified meat products: impact of protein-based ingredients on quality characteristics // *Foods*. 2021. Vol. 10. No. 4. Article 882. doi: 10.3390/foods10040882
- 21 Cruz-Tirado J.P., Martins T.A., Olmos M.F., Condotta R. et al. Impact of glass transition on chemical properties, caking and flowability of soymilk powder during storage // *Powder Technology*. 2021. Vol. 390. P. 427–435. doi: 10.1016/j.powtec.2021.05.082

## References

- 1 Jiang H., Zhang N., Xie L., Li G. et al. A comprehensive review of the rehydration of instant powders: mechanisms, influencing factors, and improvement strategies. *Foods*. 2025. vol. 14. no. 16. article 2883. doi: 10.3390/foods14162883.
- 2 Mamyraev M.N. et al. The role of particle size in improving the quality of wheat, pumpkin, melon and carrot powders. *Mechanics and Technology*. 2024. no. 3 (85). pp. 101–114. doi: 10.55956/TDCB4863 (in Russian).
- 3 Kondratyev N.B. et al. The use of thickeners to reduce the rate of moisture migration during storage of candies with whipped bodies. *Agrarian Science*. 2025. no. 9. pp. 158–164. (in Russian).
- 4 Kondratyev N.B. Assessment of the rate of moisture transfer processes in intermediate moisture flour confectionery products to control their preservation. In: *Food Health-Saving Technologies: Collection of abstracts of the II International Symposium*. Kemerovo, 2023. pp. 238–242. (in Russian).
- 5 Zolotokopova S.V., Koroma I. Study of the influence of plant additives on the change in the mass fraction of moisture in fish mince during drying. *Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries*. 2022. no. 4. pp. 143–148. doi: 10.24143/2073-5529-2022-4-143-148 (in Russian).
- 6 Tapia M.S., Alzamora S.M., Chirife J. Effects of water activity (aw) on microbial stability as a hurdle in food preservation. In: *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*. 2020. pp. 323–355. doi: 10.1002/9781118765982.ch14.
- 7 Peleg M. A new look at models of the combined effect of temperature, pH, water activity, or other factors on microbial growth rate. *Food Engineering Reviews*. 2022. vol. 14. pp. 31–44. doi: 10.1007/s12393-021-09292-x.
- 8 Ermolaev V.A. Water activity as an indicator of food quality. In: *New Conceptual Approaches to Solving the Global Problem of Ensuring Food Security: Collection of scientific articles of the VII International Scientific and Practical Conference*. 2020. pp. 145–147. (in Russian).
- 9 Prada-Ramírez H.A., Montes-Tamara J.P., Rico-Jiménez E.A., Fonseca J.C. Stability study through water activity measurements for dispensed powdered raw materials. *Journal of AOAC International*. 2024. vol. 107. no. 3. pp. 487–492. doi: 10.1093/jaoacint/qsae005.
- 10 Kazantsev E.V. Study of moisture transfer indicators to improve the storage capacity of jelly marmalade. In: *Food Ecology. Quality: Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference*. 2020. pp. 271–274. (in Russian).
- 11 Lau S.K., Subbiah J. HumidOSH: a self-contained environmental chamber with controls for relative humidity and fan speed. *HardwareX*. 2020. vol. 8. article e00141. doi: 10.1016/j.ohx.2020.e00141.
- 12 Ameye L., de Brouwer S., Gilliland D.L., Heckmann J. et al. Stability of nutrients in complex liquid and powder food matrices: learnings from shelf-life studies in foods for special medical purposes. *Current Research in Food Science*. 2025. vol. 10. article 101055. doi: 10.1016/j.crfs.2025.101055.
- 13 Hay F.R., Rezaei S., Buitink J. Seed moisture isotherms, sorption models, and longevity. *Frontiers in Plant Science*. 2022. vol. 13. article 891913. doi: 10.3389/fpls.2022.891913.
- 14 Kawai K., Tachibe S. Effects of water activity and temperature on the caking properties of amorphous carbohydrate powders. *Journal of Applied Glycoscience*. 2025. vol. 72. no. 1. article 7201103. doi: 10.5458/jag.7201103.
- 15 Yan H., Chen Y., Liu Z., Han B. et al. Lactose crystallization and Maillard reaction in simulated milk powder based on the change in water activity. *Journal of Food Science*. 2022. vol. 87. no. 11. pp. 4956–4966. doi: 10.1111/1750-3841.16335.
- 16 Allan M.C., Mauer L.J. Moisture sorption behaviors, water activity-temperature relationships, and physical stability traits of spices, herbs, and seasoning blends containing crystalline and amorphous ingredients. *Journal of Food Science*. 2020. vol. 85. no. 9. pp. 2764–2781. doi: 10.1111/1750-3841.15395.
- 17 Hosseinijad A., Perez-Piroto S., Szerman N. et al. Water activity and glass transition effect on the physical properties and bioactive compounds of persimmon peel powder. *International Journal of Food Science & Technology*. 2024. vol. 59. no. 5. pp. 3297–3309. doi: 10.1111/ijfs.16982.
- 18 Nortuy N., Suthapakti K., Utama-ang N. Storage stability and anti-caking agents in spray-dried fruit powders: a review. *Journal of Food and Raw Materials*. 2024. vol. 12. no. 2. [Online first]. doi: 10.21603/2308-4057-2024-2-622.


19 Thangavelu K.P., Kerry J.P., Tiwari B.K., McDonnell C.K. Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat. Trends in Food Science & Technology. 2019. vol. 94. pp. 43–53. doi: 10.1016/j.tifs.2019.08.009.

20 Grau T., Hammerschmidt N., Clauss-Lenzian E., Oelkers A. et al. Phosphate elimination in emulsified meat products: impact of protein-based ingredients on quality characteristics. Foods. 2021. vol. 10. no. 4. article 882. doi: 10.3390/foods10040882.

21 Cruz-Tirado J.P., Martins T.A., Olmos M.F., Condotta R. et al. Impact of glass transition on chemical properties, caking and flowability of soymilk powder during storage. Powder Technology. 2021. vol. 390. pp. 427–435. doi: 10.1016/j.powtec.2021.05.082.

#### Сведения об авторах

**Ольга А. Гмырак** старший научный сотрудник, Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы, пр. Победителей, 7, 220004, Минск, Беларусь, pola11222@rambler.ru

 <https://orcid.org/0009-0001-4194-3609>

#### Вклад авторов


**Ольга А. Гмырак** написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### Information about authors

**Olga A. Gmyrak** senior researcher, Belarusian Institute of System Analysis and Information Support for Scientific and Technical Sphere, Pobediteley Ave., 7, Minsk 220004, Republic of Belarus, pola11222@rambler.ru

 <https://orcid.org/0009-0001-4194-3609>

#### Contribution

**Olga A. Gmyrak** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

#### Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

<b>Поступила</b> 11/03/2026	<b>После редакции</b> 06/04/2026	<b>Принята в печать</b> 20/04/2026
<b>Received</b> 11/03/2026	<b>Accepted in revised</b> 06/04/2026	<b>Accepted</b> 20/04/2026