

УДК 664.951

МИКРОСТРУКТУРА ГЕЛЕЙ ИЗ СУРИМИ КАРПА



Т. МАЕВСКАЯ, аспирант
А. ВИННОВ, канд. техн. наук

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Анотація. Представлені результати порівняльної оцінки за даними растрової електронної мікроскопії з урахуванням масової частки вологи, мікроструктури гелів з фаршів коропа звичайного (*Cyprinus carpio*), промитих електроактивованими водними системами і водою. Описано білкові матриці гелів суварі, одержаних при 35°C і модорі, — при 35°C з сурімі, промитих водою, анолітом і католітом. Показані результати аналізу зміни тривимірних сіток рибних гелів в результаті введення в системи хлориду натрію. Представлена порівняльна оцінка кількості полігональних структур на одиницю площі досліджуваних суварі і модорі. Підтверджені переваги використання ЕХА систем для корекції мікроструктурних властивостей рибних гелів.

Ключові слова: промитий фарш, аноліт, католіт, вода, суварі, модорі, мікроструктура, білкова сітка.

Microstructure gels carp surimi. TATYANA N. MAEVSKAYA, ALEKSEY S. VINNOV (National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev).

Abstract. The scanning electron microscopy microstructure results and moisture content of minced common carp (*Cyprinus carpio*), washed by electroactivated water systems and water gels comparative evaluation, are presented. The matrix of protein gels suwari, obtained at 35 °C and modori, — at 35 °C from surimi, washed with water, anolyte and catholyte are described. The results of analysis three-dimensional grids changes fish gels by introduction of sodium chloride. It is presented the comparative estimation of polygonal structures value per square unit for suwari and modori samples.

Confirmed the benefits of electroactivated water systems for fish gels microstructures properties correction.

Key words: surimi, anolyte, catholyte, water, suwari, modori, microstructure, protein network.



Введение.

Основным этапом технологии структурированных продуктов из промытых рыбных фаршей сурими, определяющим их качество, является процесс формирования структуры геля.

Особенности гелеобразования в пищевых системах на основе белков мышечной ткани, зависят от их состава, жирности, рН, ионной силы, температуры, давления, скорости нагревания и других факторов [10].

Структурные особенности образующейся матрицы геля и тип межмолекулярных взаимодействий, протекающих при различных условиях обработки, определяют функциональные свойства и структуру получаемых продуктов. Термотропное формирование белковых структурированных продуктов из промытых рыбных и мясных фаршей (сурими) [6,7,9], сопровождается получением гелей суварі и модорі, камабоко.

Характеристикой, наиболее полно описывающей изменения продукта на различных этапах формирования геля, является их микроструктура [5]. Ее изучение имеет теоретический смысл и практическую ценность, поскольку позволяет прогнозировать качество конечного продукта.

Результатами многочисленных исследований установлено, что микроструктура гелей из сурими карпа уступает по уровню организации гелям из традиционного рыбного сырья [6,8]. Однако эффективное использование ЭХА систем для промывки карпа [2,3] позволяет предположить более тщательное удаление саркоплазматических белков, и как следствие улучшение микроструктуры



Сувари	Модори
Из промытого водой фарша	
Из промытого католитом фарша	
Из промытого анолитом фарша	
Рис. 1. Микроструктура рыбных гелей (увеличение x200)	

рыбных гелей. Данное предположение носит теоретический характер и требует экспериментального подтверждения, которое может быть получено в результате сопоставления изображений структуры гелей, полученных с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) и содержания в них влаги.

Таким образом, **цель настоящей работы заключалась в сравнительной оценке микроструктуры гелей из фаршей карпа, промытых электроактивированными водными системами и водой.**

Материалы и методы исследования

В качестве основного сырья в исследованиях был принят массовый объект аквакультуры – карп обыкновенный (*Cyprinus carpio*) со средней массой экземпляра до 250 г. Рыбу разделяли на обесшкуренное филе с удалением костей и измельчали на волчке с диаметром отверстий зеерной решетки 3 мм. Полученный фарш направляли на промывку.

Для этого использованы водопроводная вода и электрохимически активированные водные системы - анолит с pH 3,5 и католит с pH 12. Электроактивацию проводили электролизом водопроводной воды в мембранном электролизере с керамической мембраной. Величину водородного показателя промывных систем и другие параметры промывки фаршей принимали по ранее экспериментально установленным значениям [2,3]. Измельченное филе однократно с гидромодулем 6 промывали водой или полученными электроактивированными водными системами в следующих режимах:

- температура анолита 15°C, продолжительность промывки – 12 мин;
- температура католита и воды 5°C, продолжительность промывки – 2 мин.

Полученные в процессе промывки рыбные пульпы центрифугировали при 5000 об/мин в течение 15 мин для отделения жидкой фазы. Каждый образец промытого фарша разделяли на четыре равные части, к двум из которых добавляли 1,5 % кристаллического хлорида натрия. Все образцы сурими дополнительно измельчали на лабораторном куттере и направляли на формирование геля сувари при температуре 35°C. Половину образцов сувари разогревали до температуры 65 С для формирования геля «модори» в течение 15 минут.

Массовую долю влаги во всех полученных гелях определяли согласно ГОСТ 7636 [1].

Для подготовки образцов к электронной микроскопии образцы фарша помещали на предметные столики, замораживали в морозильной камере (-18°C) с последующим 12- часовым лиофильным высушиванием при температуре - 40°C и вакууме 0,13 Ра. С целью устранения накопления поверхностного заряда образцов при сканировании электронным пучком и получения контрастного изображения на образцы методом катодного напыления наносили тонкий слой золота. В исследованиях



использовали растровый электронный микроскоп JSM 35 С (JEOL, Токио, Япония) в режиме вторичных электронов при напряжении ускорения электронов 35 кВ.

Для определения количества полигональных структур на электронных микрофотографиях использовали широко распространенный для этих целей программный пакет ImageJ, разработанной Wayne Rasband, National Institutes of Health, Bethesda, MD, US [7,6].

Результаты исследований и их обсуждение

Изображения, полученные в растровом электронном микроскопе для различных гелей из карпа без использования хлорида натрия, представлены на рис.1. Их сравнительный анализ и сопоставление с содержанием влаги (рис.2) показывает, что микроструктура этих рыбных гелей в значительной мере зависит от вида используемой для промывки фарша жидкости.

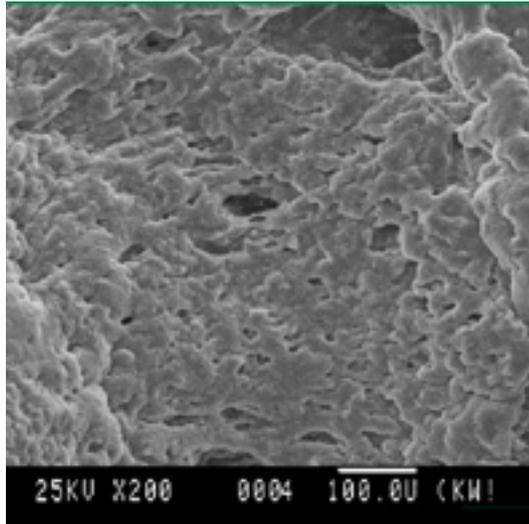
Так, сувари из сурими, промытых водопроводной водой и анолитом, имеют аналогичную плотно сшитую белковую матрицу. Совокупности сферических белковых агрегатов сконцентрированы в сетках геля сувари с использованием анолита более плотно. Такая структура геля лучше удерживает влагу, что приводит к повышению его влажности на 4 % и очевидно объясняет большую сочность продукта, полученного с помощью кислой ЭХА воды.

Сетка низкотемпературного геля из фарша, промытого католитом, имеет иной характер. Матрица хорошо структурирована по всему полю зрения, с плотной, гладкой поверхностью. Структура не имеет четких шаровидных элементов, кластеры объединены без определенной ориентации или интерглобулярных перекрестных связей. Это свидетельствует, что данный вид геля из рассматриваемых самый плотный и одновременно пластичный. Его влажность практически не отличается от величины этого показателя для геля промытого анолитом и превосходит влажность образцов, полученных в результате промывки водой.

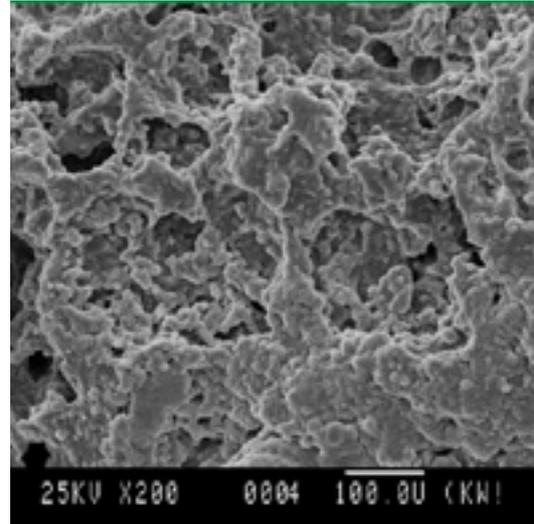
Общеизвестно, что степень и скорость увеличения эластичности при гелеобразовании сурими максимальны в нейтральной среде, а в кислой и щелочной средах уменьшаются. Однако при использовании ЭХА из представленных эксперимен-



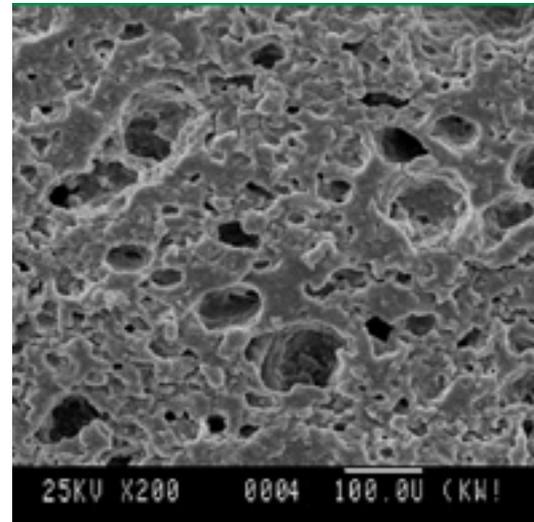
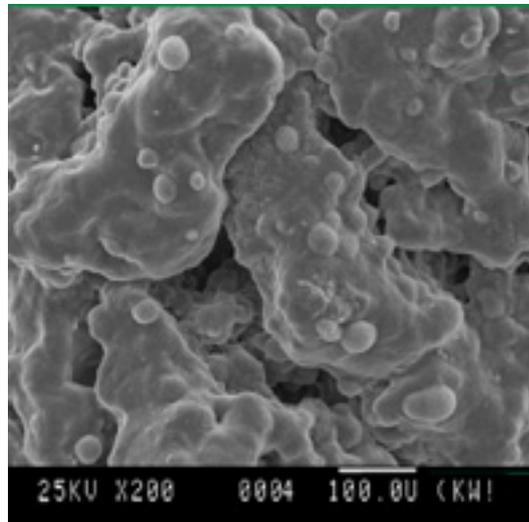
Сувари



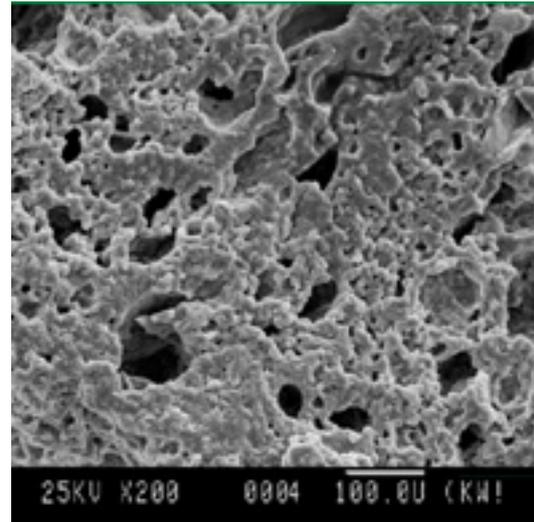
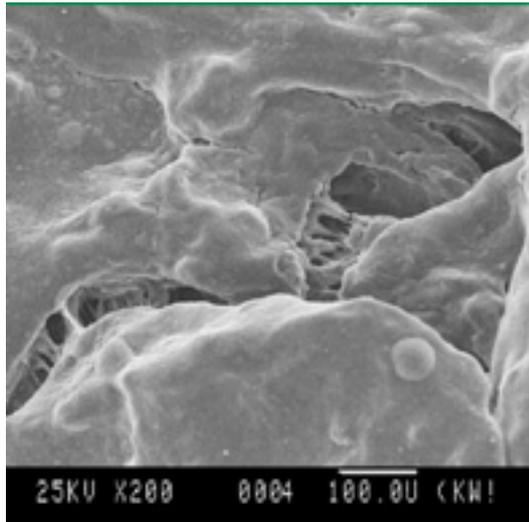
Модори



Из промытого водой фарша



Из промытого католитом фарша



Из промытого анолитом фарша

Рис.2. Микроструктура рыбных гелей с 1,5% NaCl (увеличение x200)

тальных результатов следует противоположный эффект.

В результате термодинамического перехода при формировании модори структура всех исследу-

емых образцов становится более тонкосетчатой, наблюдается утончение белковых цепей. Из анализа микрофотографий модори следует, что промывка измельченного фарша водой, способствует



получению геля грубой неравномерной структуры. Это говорит о более глубоких денатурационных изменениях белка, по сравнению с гелями из фарша, промытого ЭХА системами. В результате такой продукт имеет наименьшее содержание влаги и, как следствие, наименьшую эластичность и высокую хрупкость.

Использование католита позволяет получить гель модори с четко структурированной компактной сетью и одновременно большим количеством пор. Их наличие может объясняться более высоким содержанием воды в исходном сурими и, следовательно, более сильным влагоотделением при термической обработке. В то же время рассматриваемый гель обладает достаточной пластичностью и прочностью.

Гель модори, полученный с помощью анолита, в отличие от католита, характеризуется меньшей прочностью и упорядоченностью структуры. Белковая сеть не имеет отдельных конгломератов, что объясняет его эластичность.

Сравнение влажности образцов модори из фаршей, промытых водой и ЭХА системами, показывает, что этот показатель практически не меняется при использовании для промывки водопроводной воды. В случае применения католита и анолита влажность модори снижается, но превосходит по величине значения для традиционного способа промывки, что предопределяет более высокие сенсорные характеристики получаемого камабоко.

Анализ экспериментальных данных микроструктуры рыбных гелей сувари и модори с хлоридом натрия (рис.2) указывает на зависимость между характером гелеобразования в системах, наличием сильного электролита и видом промывной жидкости. Добавление соли уменьшает стойкость рыбных белков по отношению к нагреванию, но способствует гелеобразованию при низких температурах.

Результаты исследования гелей с внесением 1,5 % хлорида натрия подтверждают, что их белковые сетки при использовании ЭХА систем более

организованы как для сувари, так и для модори. Структура гелей становится однороднее, белковая матрица сплоченнее, количество пустот уменьшается. Многочисленные поры, наблюдаемые для геля из промытого водой фарша, указывают на его самую низкую прочность и пластичность. Миофибриллярные белки сувари, полученного с применением католита, наиболее полно подверглись скоплению и набуханию, что говорит о высокой эластичности данного геля, который имеет самую большую массовую долю влаги по сравнению с водой и анолитом. Необходимо отметить, что введение в этот вариант сувари поваренной соли, практически, не влияет на его влажность, несмотря на очевидное различие их микроструктур.

Использование анолита также имеет положительный эффект, подтверждаемый формированием однородной микроструктуры сувари. Выявленное снижение содержания влаги (около 1%), при использовании анолита и внесении хлорида натрия можно объяснить синергирующим действием Cl^- и комплексом ионизированных частиц кислой ЭХА системы.

Отличие микроструктур гелей, полученных в результате промывки измельченных мышечных тканей карпа водой и водными ЭХА системами, ярко выражено для гелей модори. Так, при использовании водопроводной воды сетка геля прерывистая с большими пустотами и размерами пор. Структура неоднородная, наблюдается скопканность. Скопления белков единичны, отсутствует компактность. Такая нерегулярная структура является показателем недостаточного качества исходного сурими и его низкой потенциальной влагоудерживающей способности. Выявленные изменения структуры данного вида модори объясняются частичным необратимым снижением растворимости белков исходного фарша при его промывке водой. Это в свою очередь приводит к их неспособности формировать непрерывную сетку геля при образовании модори в присутствии хлористого натрия.

Для рыбных гелей модори, образованных после

промывки фарша анолитом и католитом, характерно наличие пор и более мелкой белковой сетки. Крупные пустоты практически отсутствуют, что свидетельствует об эффективности применения ЭХА водных систем для продукта с высокими гелеобразующими свойствами.

По характеру микроструктур трех исследуемых образцов модори, массовой доли влаги, было установлено, что этот вид геля за счет применения католита, имеет самую высокоорганизованную сетку при максимальном влагосодержании.

На основе оценки количества полигональных структур установлена очевидная функциональная зависимость между этим показателем и массовой долей влаги в сувари. Для геля модори подобная зависимость отсутствует, что характерно для традиционных видов рыбного сырья, используемого в производстве классического сурими [11].

Из сравнительного анализа экспериментальных результатов следует, что при наличии большего количества полигональных структур на единицу площади геля сувари, продукт имеет более высокую влагоудерживающую способность и соответственно более высокое содержание влаги.

Выводы

1. Белковые матрицы гелей сувари из фаршей, промытых анолитом и католитом превосходят по организованности, промытые водой.

2. Предварительное внесение хлористого натрия в сурими улучшает гелеобразование сувари при низких температурах, но усиливает явление модоризации, сопровождающееся высоким отделением влаги. Однородность трехмерных сеток рыбных гелей зависит от вида промывной жидкости, и значительно выше для гелей, полученных с помощью ЭХА систем.

3. Выявлено функциональную зависимость между количеством полигональных структур и массовой долей влаги в сувари, и отсутствие данной зависимости для геля модори.

4. Экспериментально подтверждено, что использование ЭХА систем для промывки измельченного рыбного сырья позволяет эффективно корректировать микроструктурные свойства получаемых на его основе рыбных гелей.

ЛИТЕРАТУРА

1. **ГОСТ 7636 -85** Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – С. 17.
2. **Маевская Т., Виннов А., Слободяник А.** Повышение эффективности промывки рыбных фаршей // *Продовольча індустрія АПК.* – 2012. – № 5. – С. 23-26.
3. **Маевская Т.Н., Виннов А.С.** Обоснование режимов промывки рыбных белковых масс электроактивированными растворами // *Наукові праці ОНАХТ.* – 2012. – № 42, том 2. – С. 106-109.
4. **Cristina Alvarez, Isabel Couso, Margarita Tejada** Microstructure of suwari and kamaboko sardine // *Journal of the Science of Food and Agriculture.* – 1999. – Vol.79. – P. 839-844.
5. **Fazaeli M., Tahmasebi M., Emam Djomeh Z.** Characterization of food texture: application of Microscopic technology // *Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology.* —Formatex Research Center, 2012. — P. 855-871.
6. **Jafarpour Ali, Elisabeth M. Gorczyca** Rheological Characteristics and Microstructure of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Surimi and Kamaboko Gel // *Food Biophysics.* – 2009. – Vol. 4, Is.3. – P.172-179.
7. **Jafarpour Khozaghi S.** Quality characteristics of common carp (*Cyprinus carpio*) surimi and kamaboko and the role of sarcaoplasmic proteins // *RMIT University School of Applied Sciences,* 2008. — p.216.
8. **Jirawat Yongsawatdigul, Saowanee Pivisan, Wasana Wongngam, Soottawat Benjakul** Gelation Characteristics of Mince and Washed Mince From Small-Scale Mud Carp and Common Carp // *Journal of Aquatic Food Product Technology.* – 2013. – №22. – P.460-473/
9. **Lee Sung Ki, Min Byung Jin** Effect of setting temperatures and time on the gelation properties (suwari and modori phenomena) of surimi from mechanically deboned chicken meat // *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* — 2004. — № 17. - P. 1758-1763.
10. **Xiang Dong Sun, Richard A. Holley** Factors Influencing Gel Formation by Myofibrillar Proteins in Muscle Foods // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* – 2011. – Vol. 10, Is.1. – P. 33-51.
11. **Yasir Ali Arfat, Soottawat Benjakul** Gelling characteristics of surimi from yellow stripe trevally (*Selaroides leptolepis*) // *International Aquatic Research.* – 2012. – № 4:5. – P.1-13 URL: <http://www.intaquares.com/content/4/1/5> (дата обращения: 24.10.2013).

