

ПАВЛЮЧЕНКО А.О.

студент

2 курс магистратуры, Технологический институт

Кафедра технологии хранения и переработки продуктов животноводства

РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева

Россия, Москва

УСТИНОВА Ю.В.

к.т.н., доцент

Кафедра технологии хранения и переработки продуктов животноводства

РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева

Россия, Москва

ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОДНО-ЖИРОВОЙ ЭМУЛЬСИИ НА КАЧЕСТВО РЫБНОЙ ПАСТЫ

Аннотация. В статье приведены результаты сравнительной оценки контрольного и опытного образцов рыбной пасты, изготовленных по единой рецептуре. Отличительным технологическим фактором являлась кавитационная обработка водно-жировой эмульсии перед внесением ее в рыбную массу. Исследованы физико-химические показатели, массовая доля соли, pH, энергетическая ценность, окислительная стабильность, упругая деформация и намазываемость образцов. Установлено, что опытный образец характеризовался более высоким содержанием жира, меньшей влажностью, повышенным индукционным периодом окисления, большей упругой составляющей деформации и лучшей намазываемостью. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии выбранного режима кавитационной обработки на качество пастообразной рыбной системы.

Ключевые слова: рыбная паста; кавитация; водно-жировая эмульсия; омега-3; окислительная стабильность; намазываемость; качество продукта

Abstract. The article presents a comparative quality assessment of control and experimental fish paste samples produced using the same formulation. The main technological factor was cavitation treatment of the water-fat emulsion before its

incorporation into the fish matrix. Physicochemical parameters, salt content, pH, energy value, oxidative stability, elastic deformation and spreadability were studied. The experimental sample showed higher fat content, lower moisture, a longer oxidation induction period, a higher elastic deformation component and improved spreadability. The results indicate a positive effect of the selected cavitation mode on the quality of a paste-like fish system.

Keywords: fish paste; cavitation; water-fat emulsion; omega-3; oxidative stability; spreadability; product quality

Введение

Пастообразные рыбные продукты являются сложными многокомпонентными системами, в которых качество определяется не только составом сырья, но и способом распределения водной и жировой фаз. При введении рыбьего жира в рецептуру возникает технологическая задача: липидная фаза должна быть равномерно распределена в белковой матрице, иначе возможно отделение жира, неоднородность вкуса и снижение стабильности продукта при хранении.

Одним из способов повышения дисперсности водно-жировой фракции является кавитационная обработка. Ультразвуковое воздействие сопровождается образованием и схлопыванием кавитационных пузырьков, что усиливает локальное перемешивание, способствует измельчению жировых капель и может повышать устойчивость эмульсионных систем. Однако для продуктов, содержащих полиненасыщенные жирные кислоты, важно контролировать режим обработки, поскольку чрезмерное воздействие может ускорять окисление липидов.

Целью работы являлась оценка влияния кавитационной обработки водно-жировой эмульсии на качество обогащенной омега-3 рыбной пасты по совокупности физико-химических, органолептических, реологических и окислительных показателей.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись два образца рыбной пасты, приготовленные по одинаковой рецептуре на основе филе минтая, трески и скумбрии с добавлением воды, рыбьего жира, картофельного крахмала, поваренной соли, лимонной кислоты и пряностей. Контрольный образец изготавливали без кавитационной обработки: вода и рыбий жир вносились в рыбную массу при механическом перемешивании. В опытном образце предварительно получали водно-жировую эмульсию, содержащую около 70 % воды и 30 % рыбьего жира, после чего эмульсию подвергали кавитационной обработке.

Кавитационную обработку проводили с использованием лабораторного ультразвукового модуля ЛУК-0,15/60-О. Продолжительность воздействия составляла 60 с, уровень ультразвуковой мощности — 80 %, что соответствовало 120 Вт. После обработки эмульсию вносили непосредственно в рыбную массу, затем добавляли крахмал, лимонную кислоту и пряности; поваренную соль вносили на заключительной стадии смешивания.

Массовую долю белка, жира и влаги определяли методом ближней инфракрасной спектроскопии в соответствии с ГОСТ 31795-2012 с использованием анализатора SpectraStar 2600XT-R (Unity Scientific, США). Массовую долю соли определяли кондуктометрическим методом с применением солемера PAL-SaltProbe, активную кислотность — потенциометрическим методом при температуре продукта 20–21 °С. Окислительную стабильность оценивали на приборе Oxitest («VELP Scientifica S.R.L.», Италия) методом LSM. Структурно-механические свойства характеризовали по данным испытаний на структурометре СТ-2, а намазываемость оценивали органолептически по пятибалльной шкале.

Результаты и обсуждение

Сравнительные физико-химические показатели образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Физико-химические показатели контрольного и опытного образцов

Образец	Жир, %	Белок, %	Влага, %
Контрольный образец	$11,92 \pm 0,36$	$16,58 \pm 0,83$	$67,95 \pm 1,70$
Опытный образец	$14,57 \pm 0,44$	$15,75 \pm 0,79$	$64,13 \pm 1,60$
Разница, опыт – контроль	+2,65	–0,83	–3,82
Относительное изменение, %	+22,23	–5,01	–5,62

Опытный образец имел более высокую массовую долю жира: 14,57 % против 11,92 % у контрольного образца. Относительное увеличение составило 22,23 %. Такой результат можно объяснить лучшим распределением и удержанием липидной фазы после кавитационной обработки. В контрольном образце жировая фаза распределялась преимущественно за счет механического перемешивания, что не всегда достаточно для равномерного связывания рыбьего жира белково-крахмальной системой.

Содержание влаги в опытном образце было ниже на 3,82 процентных пункта. Это может указывать на формирование более плотной дисперсной структуры, в которой часть водной фазы связана с белками и крахмалом, а жировая фракция распределена более равномерно. Снижение белка на 0,83 процентных пункта носило менее выраженный характер и связано не с потерей белковой фазы, а с изменением относительного соотношения компонентов в более насыщенной липидной системе.

Таблица 2 — Интегральные показатели качества образцов

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец
Массовая доля соли, %	$1,80 \pm 0,09$	$1,86 \pm 0,07$
pH при 20–21 °C	$5,67 \pm 0,01$	$5,80 \pm 0,01$
Энергетическая ценность, ккал/100 г	$188,88 \pm 4,64$	$209,41 \pm 5,07$
Энергетическая ценность, кДж/100 г	$807,63 \pm 19,97$	$896,17 \pm 21,82$
Средняя органолептическая оценка, балл	3,80	4,72
Обобщенная органолептическая оценка, балл	3,73	4,69

Показания солемера для обоих образцов были выше расчетной доли внесенной поваренной соли. Это связано с тем, что кондуктометрический метод отражает суммарную электропроводность водной фазы в пересчете на NaCl. Вклад в показания прибора вносят не только ионы натрия и хлора из поваренной соли, но и естественные минеральные вещества рыбного сырья. Различие между образцами по соли было небольшим и находилось в пределах погрешности.

Значение pH опытного образца составило $5,80 \pm 0,01$, контрольного — $5,67 \pm 0,01$. Оба продукта относятся к слабокислым пастообразным системам. Незначительное повышение pH в опытном образце может быть связано с более равномерным распределением водной фазы, белковых соединений и минеральных компонентов, обладающих буферными свойствами. При этом показатель pH сам по себе не обеспечивает микробиологическую устойчивость продукта, поэтому для пастообразных рыбных систем необходим строгий контроль охлаждения и хранения.

Энергетическая ценность опытного образца была выше вследствие увеличения фактической доли жира. Это важно для функционального позиционирования продукта, поскольку липидная фракция является источником омега-3 полиненасыщенных жирных кислот. Вместе с тем увеличение жировой фазы требует оценки окислительной стабильности, так как полиненасыщенные жирные кислоты чувствительны к окислению.

Таблица 3 — Результаты оценки окислительной стабильности

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец
Температура испытания, °C	90	90
Давление кислорода, бар	6	6
Масса образца, г	31,05	30,93
Метод расчета	LSM	LSM
Индукционный период, ч:мин	2:01 ± 0:12	2:25 ± 0:15
Индукционный период, мин	121 ± 12	145 ± 15
Прирост относительно контроля, %	—	19,8

Индукционный период опытного образца составил 145 мин, что на 24 мин больше значения контрольного образца. Относительное увеличение составило

19,8 %. Следовательно, выбранный режим кавитационной обработки не ухудшил устойчивость липидной фракции к окислению. Напротив, наблюдалось смещение начала интенсивного расходования кислорода на более позднее время.

Вероятным объяснением является более равномерное распределение рыбьего жира в белковой матрице продукта. При меньшем размере жировых включений и их более равномерной дисперсии снижается вероятность образования локальных зон с высокой концентрацией липидов, что может повышать устойчивость рецептурной системы. При этом результат следует рассматривать применительно к заданному режиму: повышение мощности или времени обработки может иметь иной эффект.

Таблица 4 — Структурно-механические показатели и намазываемость образцов

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец
Упругая деформация, мм	$0,56 \pm 0,01$	$0,65 \pm 0,01$
Относительная упругая деформация, %	$8,86 \pm 0,12$	$10,42 \pm 0,16$
Условная жесткость, г/мм	7,09	7,26
Оценка намазываемости, балл	3,80	4,70

По данным структурно-механической оценки опытный образец характеризовался большей упругой составляющей деформации: $0,65 \pm 0,01$ мм против $0,56 \pm 0,01$ мм у контроля. Это означает, что после снятия нагрузки структура опытной пасты восстанавливалась лучше. Одновременно отмечалось улучшение намазываемости: по пятибалльной органолептической шкале опытный образец получил 4,70 балла, тогда как контрольный образец — 3,80 балла.

Улучшение намазываемости опытного образца можно связать с более равномерным распределением водно-жировой эмульсии в белковой матрице продукта. Кавитационная обработка способствует диспергированию жировой фазы и формированию более однородной пастообразной структуры. В результате продукт легче распределяется по поверхности, не образует

выраженных комков и воспринимается как более пластичный и удобный для употребления.

Комплекс полученных данных согласуется с результатами органолептической оценки. Опытный образец получил более высокую среднюю оценку, особенно по консистенции, однородности и намазываемости. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена составил 0,90, что подтверждает высокую согласованность мнений дегустаторов. Следовательно, изменения в физико-химических и структурно-механических показателях имеют практическое значение для потребительского восприятия продукта.

Заключение

Сравнительная оценка контрольного и опытного образцов показала, что кавитационная обработка водно-жировой эмульсии влияет на качество рыбной пасты. Опытный образец отличался более высоким содержанием жира, меньшей влажностью, повышенной энергетической ценностью и большей структурной устойчивостью. Значения pH и массовой доли соли оставались в технологически приемлемом диапазоне для слабокислого пастообразного рыбного продукта.

Индукционный период окисления опытного образца увеличился с 121 до 145 мин, то есть на 19,8 %. Упругая деформация возросла с $0,56 \pm 0,01$ до $0,65 \pm 0,01$ мм. Кроме того, опытный образец отличался лучшей намазываемостью: его оценка составила 4,70 балла против 3,80 балла у контрольного образца. Органолептическая оценка также показала преимущество опытного образца. Полученные результаты позволяют считать кавитационную обработку водно-жировой эмульсии перспективным приемом при производстве рыбных паст, обогащенных омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами.

Библиографический список

1. Chemat F., Zill-e-Huma, Khan M.K. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction // Ultrasonics Sonochemistry. 2011. Vol. 18, № 4. P. 813–835. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2010.11.023.

2. Bhargava N., Mor R.S., Kumar K., Sharanagat V.S. Advances in application of ultrasound in food processing: A review // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021. Vol. 70. Article 105293. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105293.
3. Majid I., Nayik G.A., Nanda V. Ultrasonication and food technology: A review // *Cogent Food & Agriculture*. 2015. Vol. 1. Article 1071022. DOI: 10.1080/23311932.2015.1071022.
4. ГОСТ 31795-2012. Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы спектроскопией в ближней инфракрасной области. М.: Стандартинформ, 2013.
5. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М.: Издательство стандартов, 1985.
6. ГОСТ 28972-91. Консервы и продукты из рыбы и нерыбных объектов промысла. Метод определения активной кислотности (pH). М.: Издательство стандартов, 1991.
7. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid and docosapentaenoic acid // *EFSA Journal*. 2012. Vol. 10, № 7. Article 2815.
8. ТР ЕАЭС 040/2016. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции».