

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2020-1-138-144

УДК 531.8: 664

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМЕСИТЕЛЕЙ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЫБНЫХ КУЛИНАРНЫХ ФАРШЕЙ

В. В. Коган

*Астраханский государственный университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Представлены результаты исследования зависимости вязко-пластичных свойств измельченного рыбного сырья из рыб частиковых пород от кинематических и динамических характеристик механизмов, применяемых в процессе переработки. При перемешивании в механических смесителях рыбный фарш подвергается сдвиговым и нормальным воздействиям вращающихся рабочих органов, создающих сложное трехмерное течение. Оптимизация процесса получения вязко-пластичных кулинарных изделий зависит от динамики движения исследуемых объектов и способа воздействия на них рабочих органов различной конфигурации. Для установления зависимости между продолжительностью перемешивания, угловой скоростью вращения рабочего органа горизонтального смесителя и основными структурно-механическими свойствами рыбных фаршей были проведены экспериментальные исследования с применением различных типов рабочих органов смесителей: ленточного, шнекового и лопастного. Подтверждено влияние скорости вращения рабочего органа смесителя на изменение реологических характеристик исследуемого сырья. Из основных критериев оценки эффективности работы оборудования особо следует выделить удельные затраты энергии. Этот показатель зависит от перераспределения компонентов при их перемешивании, изменения структурно-механических свойств рыбных фаршей и конструктивных особенностей рабочих органов. Установлено, что наименьшие энергозатраты и оптимальный режим перемешивания вязко-пластичных составов достигаются при использовании лопастного рабочего органа с углом наклона лопатки к оси вращения 20–30° и увеличении влажности перемешиваемой массы до 0,7–0,8 кг/кг.

Ключевые слова: вязко-пластичная масса, рыбный фарш, перемешивание, рабочие органы смесителей, угловая скорость вращения, удельная мощность.

Для цитирования: Коган В. В. Определение влияния динамических характеристик смесителей на структурно-механические свойства рыбных кулинарных фаршей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 1. С. 138–144. DOI: 10.24143/2073-5529-2020-1-138-144.

Введение

В условиях активного развития агропромышленного комплекса России особое внимание уделяется повышению эффективности предприятий, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию и производящих из нее продукты питания.

Современное пищевое производство представляет собой систему, состоящую из множества взаимосвязанных подсистем, отношения соподчиненности между которыми можно представить в виде сложной структуры, но в любом случае ее основой являются особенности типовых пищевых технологий в определенном аппаратурном оформлении, в том числе процессы перемешивания вязко-пластичных сред в аппаратах с мешалками.

Целью проведения научно-экспериментальных исследований является совершенствование процессов перемешивания рыбных фаршей и разработка их научно обоснованных режимов с использованием реологических методов; некоторые результаты представлены в этой статье.

Состояние проблемы

Для написания статьи были использованы результаты научных исследований, проведенных в научно-исследовательских центрах Астраханского государственного технического университета [1].

Процесс перемешивания является важным этапом в производстве кулинарных изделий. Эта операция напрямую воздействует на количественные и качественные характеристики конечного продукта [2].

Воздействие на неоднородную систему, в состав которой входят элементы и животного, и растительного происхождения, обеспечивает равномерность их распределения в объеме, придает им иные свойства, влияющие на качественно-вкусовые особенности будущего готового изделия [3]. Для производства кулинарных изделий из рыбы необходимо перемешивать измельченный фарш с различными растительными компонентами, в результате чего происходит изменение величин структурно-механических свойств многокомпонентной системы [4]. Для рационального проведения процессов перемешивания необходимо правильно подобрать конструкцию смесителя, тип рабочего органа и скорость его вращения.

Процесс перемешивания вязко-пластичных материалов, обладающих сложной структурой, обусловлен наложением друг на друга различных элементарных процессов: гидродинамических, тепло- и массопереноса, структурных превращений и пр. [5]. Описание всех этих процессов в большинстве случаев представляет достаточно большие трудности, поэтому при перемешивании пищевых продуктов основным параметром, характеризующим течение процесса, становятся структурные изменения.

Длительность перемешивания – ключевой фактор технологического процесса, который влияет на качество, характер связи и равномерность распределения компонентов материала. При перемешивании в механических смесителях рыбный фарш подвергается сдвиговым и нормальным воздействиям вращающихся рабочих органов, создающих сложное трехмерное течение.

Для установления зависимости между продолжительностью перемешивания, угловой скоростью вращения рабочих органов горизонтального смесителя, имеющего лопастные рабочие органы, и основными структурно-механическими свойствами рыбных фаршей были проведены экспериментальные исследования. Объектами исследования являлись фарши, приготовленные из частиковых пород рыб (сом, сазан, лещ, щука) с растительными компонентами, приготовленными по техническим условиям для производства рыбных тефтелей. Необходимо было определить оптимальные типы рабочих органов и частоты их вращения, которые позволяют осуществлять процесс перемешивания рыбных фаршей с минимальными энергетическими затратами и продолжительностью до достижения заданной степени однородности.

Особенности перемешивающих устройств

Одним из основных видов оборудования является аппарат с перемешивающим устройством. Степень совершенства смесителей зависит от их конструктивных особенностей, способа ввода энергии в рабочую среду и способа распределения этой энергии в рабочем объеме. Первые два понятия отражают надежность смесителя и, как следствие, его долговечность, третье – способ распределения энергии в рабочем объеме смесителя – определяет экономичность смесителя, качество и количество продукта, получаемого с единицы рабочего объема. Однако оптимальные режимы работы перемешивающего устройства в ряде случаев не могут быть достигнуты из-за конструктивного несовершенства смесителя. Поэтому режимы работы таких аппаратов в условиях реальных пищевых производств отличаются от оптимальных, а технологические результаты их работы, конечный выход продукта и его качество часто имеют отклонения от требуемых значений.

Способы подвода мощности к смесителям разной емкости различны. Конструктивно значительно проще подвести мощность к смесителям малого объема. При этом смеситель такого типа можно сконструировать так, что величина энергии, передаваемой перемешивающим устройством каждой единице массы продукта, оставалась бы постоянной независимо от режима работы и стадии технологического процесса. С увеличением емкости смесителя подвод аналогичной мощности становится технически более сложным из-за необходимости оборудования его многочисленными перемешивающими устройствами. В то же время техническая целесообразность их часто не оправдана, а экономическая эффективность и надежность работы оказы-

ваются значительно ниже допустимых параметров. Это вызывает необходимость поиска новых типов перемешивающих устройств, создающих такие гидродинамические условия, которые обеспечили бы равномерное распределение продукта по всему объему смесителя и создали оптимальные условия перемешивания.

Для рассмотрения особенностей работы смесителей необходимо учитывать гидродинамические и технологические факторы. Под гидродинамическими факторами понимают режим движения продукта, который создается в смесителе при помощи того или иного вращающегося перемешивающего устройства. Наличие в смесителе развитого поля скоростей определенной интенсивности является необходимым и достаточным условием для получения однородных систем. Осуществление этих гидродинамических задач позволяет выполнить технологическую задачу смесителя, под которой понимается осуществление технологического режима его работы, т. е. перемешивание массы до однородной структуры.

Основной особенностью смесителей, применяемых для перемешивания вязко-пластичных пищевых продуктов, является способность перемешивающего устройства периодически перемешивать продукт в любой точке аппарата.

Интенсивность любого процесса, протекающего при перемешивании, зависит от характера движения перерабатываемого продукта в смесителе и обуславливается способом воздействия перемешивающих устройств.

Конструкция и динамика действия перемешивающих устройств постоянно совершенствуются по мере развития технологических процессов. Добиться повышения конструктивных и технологических качеств этих машин возможно только при выявлении закономерностей процессов перемешивания и влияния перемешивания на изменение структурно-механических характеристик объектов. Для этого необходимо проведение всеобъемлющих теоретических и экспериментальных исследований.

Автором было создано специальное устройство горизонтального типа для перемешивания изучаемых вязко-пластичных масс, позволяющее определить оптимальные кинематические и динамические характеристики работы машины, в зависимости от конструкции рабочего органа и реологических свойств исследуемого сырья (рис. 1).

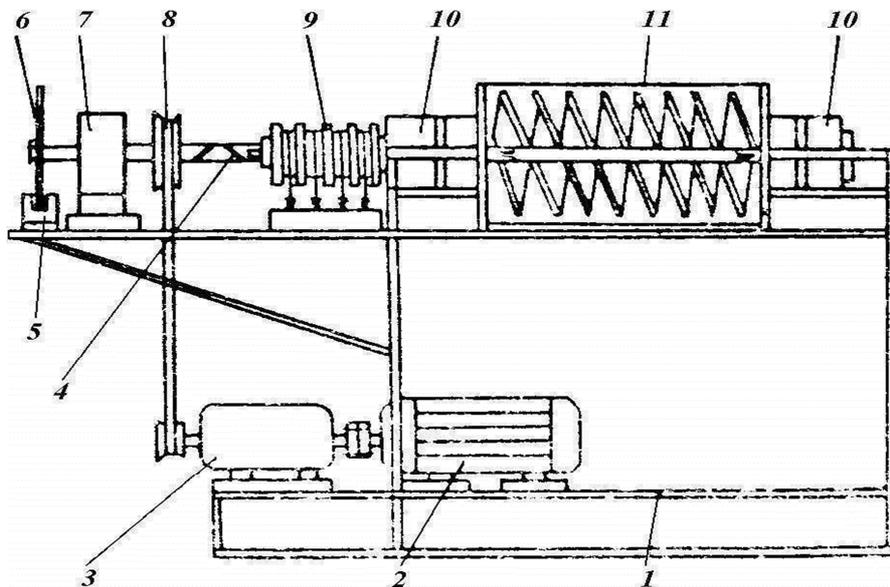


Рис. 1. Схема установки для перемешивания [2]:

1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – редуктор; 4 – тензорезисторы; 5 – фотоэлектрические датчики;
6 – диск; 7 – подшипник; 8 – клиноременная передача; 9 – токосъемник;
10 – подшипниковые узлы; 11 – дежа

Экспериментальная установка представляет собой горизонтальный смеситель с емкостью чаши 10 л. В смесителе поэтапно применялись несколько видов сменных насадок: шнековая, ленточная и лопастная. В ходе эксперимента автоматически снимались показания измерительных приборов, фиксирующих потребляемую мощность и скорость вращения. Одновременно с этим через определенные временные интервалы (2 мин) отбирались пробы смеси для исследования зависимости изменений ее структурно-механических свойств (методами пенетрации и вискозиметрии), а также равномерности распределения компонентов смеси (с помощью гистологических срезов).

Результаты исследования и их обсуждение

Применение данного устройства позволило выявить оптимальное соотношение между режимами работы смесителя, его конструкцией и задаваемыми свойствами перерабатываемой массы. Привод установки позволяет плавно регулировать угловую скорость вращения рабочего органа в интервале от 1,0 до 10 рад/с.

Обычно процесс измельчения и перемешивания рыбных фаршей осуществляется путем его куттерования. Но после такой обработки фарш сильно перетирается и тонко измельчается. Для производства рыбных тефтелей и ряда других полуфабрикатов это недопустимо, поскольку при формовании размеры частиц должны быть более крупными, а сама фаршевая смесь должна быть вязкой и пластичной за счет сохранения структурных связей волокон. Это может быть обеспечено применением технологического оборудования для измельчения резанием, с трехмиллиметровым диаметром отверстия в решетке. Затем в измельченную массу добавляли необходимые растительные ингредиенты в соответствии с определенным технологическим рецептом и полученный состав загружали в экспериментальную установку.

Исследование проводили при угловых скоростях вращения рабочего органа от 1,57 до 6,26 рад/с. Пробы отбирали непосредственно из чаши смесителя после начала перемешивания, через каждые 2 минуты, а затем термостатировали до температуры 292 К.

Предельное напряжение сдвига измерялось пенетрометром ПП-3М. Зависимость изменения предельного напряжения сдвига от продолжительности перемешивания при различных угловых скоростях вращения рабочего органа показана на рис. 2 [1].

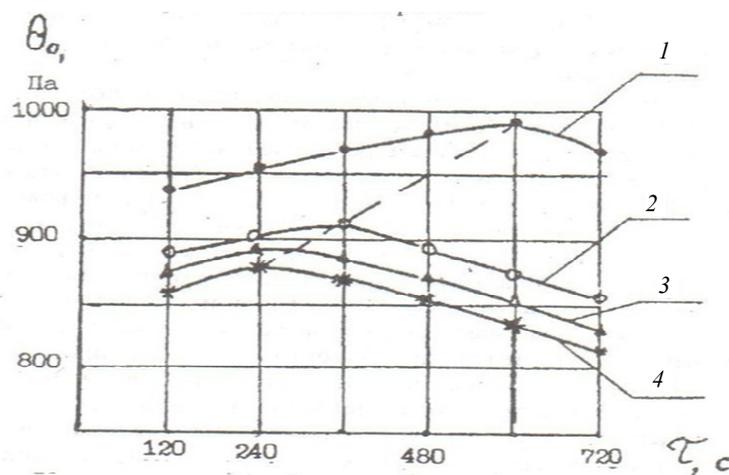


Рис. 2. Влияние продолжительности перемешивания, τ , с, тефтельных рыбных фаршей из щуки на изменение предельного напряжения сдвига, θ_0 , Па, при различных угловых скоростях вращения рабочего органа, ω , с⁻¹: 1,57 (1); 3,14 (2); 4,71 (3); 6,28 (4)

Основываясь на полученных экспериментальных данных, процесс перемешивания рыбных кулинарных фаршей можно разделить на несколько периодов. В первом периоде происходит смятие и частичное перетирание компонентов смеси. Но поскольку измельченная мышечная ткань сырой рыбы занимает около 50 % от всей массы смеси, она передает часть влаги другим

компонентам, прошедшим термообработку. Это приводит к образованию новых структурных связей. Значения предельного напряжения сдвига возрастают до некоторого максимума. С ростом величины угловой скорости вращения этот процесс наступает быстрее, затем наступает второй период, в течение которого повышается температура и липкость фарша. Процессы адгезии становятся более интенсивными, фарш приобретает свойства теста. При дальнейшем перемешивании структура смеси постепенно разрыхляется, влага перераспределяется, и значения предельного напряжения сдвига понижаются [6].

Проведенные исследования эффективности работы разных типов рабочих органов – лопастного, шнекового и ленточного – позволили установить, что для перемешивания рыбных вязко-пластичных фаршей наиболее целесообразно использование лопастного рабочего органа, с углом наклона лопатки к оси вращения 20–30°, или шнекового, с меняющимся направлением перемещения винтом. При этом применение шнекового рабочего органа увеличивает удельные энергозатраты по сравнению с лопастным на 25–30 %.

Время, при котором θ_0 достигает своего экстремального значения, является оптимальным временем перемешивания. С увеличением частоты вращения более 3,2 с⁻¹ наблюдается интенсивное перетиравание частиц фарша, который становится более рыхлым и мелкодисперсным. Таким образом, было установлено, что наиболее оптимальные свойства рыбных фаршевых смесей (однородность и тестообразность) проявляются при максимальных значениях предельного напряжения сдвига. Это происходит в конце первого и начале второго периодов перемешивания.

В ходе проведенных исследований было установлено, что с ростом частоты вращения вала (от 15 до 60 об/мин), на котором установлены насадки, сокращается время изучаемого процесса (с 10 до 4 мин), но при росте числа оборотов снижаются структурно-механические характеристики исследуемых структур.

Для получения рыбных полуфабрикатов с заранее заданными качественными свойствами было определено наиболее приемлемое число оборотов вала насадки перемешивающего устройства – 30 об/мин.

Поскольку в процессе перемешивания адгезионные показатели рыбной смеси растут, применение ленточных насадок становится неэффективным. Для уменьшения липкости увеличивают влажность перемешиваемой массы до 0,7–0,8 кг/кг, при этом за счет адгезионных свойств уменьшается время проведения технологической операции и снижается удельная мощность.

Полученные результаты неоднократно обсуждались на открытых научно-практических семинарах в Астраханском государственном техническом университете, некоторые из них стали основой для написания учебных пособий.

Заключение

Изучены особенности процесса перемешивания рыбных фаршей в горизонтальном смесителе с различными типами рабочих органов. Проведены экспериментальные исследования для установления зависимости между продолжительностью перемешивания, угловой скоростью вращения рабочих органов горизонтального смесителя, имеющего лопастные рабочие органы, и основными структурно-механическими свойствами рыбных фаршей. Определены оптимальные типы рабочих органов и частоты их вращения, которые позволяют осуществлять процесс перемешивания рыбных фаршей с минимальными энергетическими затратами и продолжительностью до достижения заданной степени однородности. Получены оптимальные значения величин крутящего момента, удельной потребляемой мощности в зависимости от угловой скорости вращения, влажности и типа рабочих органов смесителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арет В. А., Николаев Б. Л., Николаев Л. К. Физико-химические свойства сырья и готовой продукции. СПб.: Изд-во ГИОРД, 2009. 448 с.
2. Нугманов А. Х.-Х., Максименко Ю. А., Алексанян А. И., Алексанян О. А. Исследование физико-химических свойств рыбных фаршей, сухих растительных премиксов и их смесей // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2018. № 2. С. 135–148.
3. Мижужева С. А., Якубова О. С. Разработка рецептуры и технологии приготовления рыбных голубцов из объектов товарной аквакультуры // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2018. № 4. С. 149–156.

4. Дряхлов А. О., Кутина О. И. Влияние растительных компонентов на структурно-механические и реологические характеристики рыбных фаршевых систем // Товаровед продовольственных товаров. 2012. № 3. С. 35–37.

5. Доня Д. В., Махачева Е. В. Реологические показатели комбинированных мясных фаршей // Вестн. Краснояр. гос. аграр. ун-та. 2014. № 4. С. 249–253.

6. Афанасьев Ю. О., Михайлов Г. С., Тиунова Н. В. Измерение вязкости жидкостей на ротационном вискозиметре РВ-8. Кемерово: Изд-во КузГТУ, 2009. 15 с.

Статья поступила в редакцию 17.01.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Коган Виктор Владимирович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры материаловедения и технологий сварки; kvv0403@mail.ru.



MEASURING INFLUENCE OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF MIXERS ON STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MINCED FISH

V. V. Kogan

*Astrakhan State University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article presents the empirical results of estimating the dependence of viscoplastic properties of the minced ordinary fish raw materials from the kinematic and dynamic characteristics of mechanisms applied in the course of processing. When mixed in mechanical mixers, minced fish is subjected to shear and normal effects of rotating parts that create a complex three-dimensional flow. Optimization of the process of obtaining viscous-plastic culinary products depends on the dynamics of movement of the studied objects and the influence of working parts of various configurations. To establish the relationship between the duration of mixing, the angular speed of rotation of the working part of the horizontal mixer and general structural and mechanical properties of minced fish, there were carried out experimental studies using various types of mixer working parts: conveyer, screw and blade. The influence of the rotation speed of the mixer working part on the change in the rheological characteristics of the investigated raw materials has been confirmed. Specific energy costs should be emphasized as one of the main criteria for evaluating the performance of the supporting equipment. This parameter depends on redistribution of components during their mixing, changes in the structural and mechanical properties of minced fish and structural characteristics of the working parts. It has been stated that the lowest energy consumption and optimal mode for viscoplastic mixed mass can be achieved by using blades with an inclination angle to the axis of rotation = 20–30° and a humidity increase of mixed mass up to 0.7–0.8 kg/kg.

Key words: viscoplastic mass, minced fish, agitation, working parts of a mixer, angle rate, specific power.

For citation: Kogan V. V. Measuring influence of dynamic characteristics of mixers on structural and mechanical properties of minced fish. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2020;1:138-144. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2020-1-138-144.

REFERENCES

1. Aret V. A., Nikolaev B. L., Nikolaev L. K. *Fiziko-khimicheskie svoystva syr'ia i gotovoi produkcii* [Physico-chemical properties of raw materials and food products]. Saint-Petersburg, Izd-vo GIORD, 2009. 448 p.
2. Nugmanov A. Kh.-Kh., Maksimenko Iu. A., Aleksanian A. I., Aleksanian O. A. Issledovanie fiziko-khimicheskikh svoystv rybnikh farshei, sukhikh rastitel'nykh premiksov i ikh smesei [Studying physical and chemical properties of minced fish, dry vegetable premixes and their mixtures]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018, no. 2, pp. 135-148.

3. Mizhueva S. A, Iakubova O. S. Razrabotka retseptury i tekhnologii prigotovleniia rybnykh golubtsov iz ob"ektov tovarnoi akvakul'tury [Developing recipe and technology for preparation of cabbage rolls with minced fish from commercially important aquatic species]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018, no. 4, pp. 149-156.

4. Driakhlov A. O., Kutina O. I. Vliianie rastitel'nykh komponentov na strukturno-mekhanicheskie i reologicheskie kharakteristiki rybnykh farshevykh sistem [Influence of vegetable components on structural, mechanical and rheological characteristics of minced fish systems]. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov*, 2012, no. 3, pp. 35-37.

5. Donia D. V., Makhacheva E. V. Reologicheskie pokazateli kombinirovannykh miasnykh farshei [Rheological indicators of combined minced meat]. *Vestnik Krasnoiar'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 4, pp. 249-253.

6. Afanas'ev Iu. O., Mikhailov G. S., Tiunova N. V. *Izmerenie viazkosti zhidkosti na rotatsionnom viskozimetre RV-8* [Measuring viscosity of liquids on rotational viscometer RV-8]. Kemerovo, Izd-vo KuzGTU, 2009. 15 p.

The article submitted to the editors 17.01.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kogan Viktor Vladimirovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Materials Science and Welding Technology; kvv0403@mail.ru.

