

УДК 664.951

Сукманов В.А.¹, д-р техн. наук, проф.,
Яшонков А.А.², Чарова И.В.²

1 – Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михайла Туган-Барановского, г. Донецк, Украина,
e-mail: info@donduet.edu.ua

2 – Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Украина,
e-mail: kmti@aironet.com.ua

ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ВСПЕНЕННЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ РЫБНОГО СЫРЬЯ

Sukmanov V.A.¹, Dr. Sci. (Tech.), Prof.,
Yashonkov A.A.², Charova I.V.²

1 – Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine, e-mail: info@donduet.edu.ua

2 – Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Ukraine, e-mail: kmti@aironet.com.ua

PROCESS OF OUTPUT OF FOAMED MIXTURES MADE OF RAW FISH

Цель. Разработка и исследование процесса получения вспененных смесей из рыбного сырья при температуре не выше 55°C.

Методика. В ходе исследований использовали оригинальные методики проведения исследований, основанные на общенаучных законах и принципах, методы планирования эксперимента и обработки результатов.

Результаты. Определены зависимости продолжительности процесса вспенивания и сушки рыбного сырья от температуры, давления процесса и плотности набивки исходного сырья, а также определена экспериментальная зависимость температуры на боковой поверхности гранулы плавающего корма для форели при глазировании от продолжительности процесса глазирования и скорости движения гранул в глазирующем агенте. Предложены рациональные параметры процессов вспенивания, сушки и глазирования при переработке рыбного сырья на вспененные смеси.

Научная новизна. Впервые разработаны способ и установка для исследования процесса получения вспененных смесей на основе рыбного сырья, предложены рациональные параметры этого процесса. Исследован этап процесса получения вспененных смесей – глазирование плавающего корма для форели, предложены рациональные параметры процесса глазирования.

Практическая значимость. Предложенный способ и полученные рациональные параметры будут использованы при разработке конструкции аппарата непрерывного действия для получения вспененных смесей, а также при проектировании цеха переработки рыбного сырья на вспененные смеси для внедрения на рыбоперерабатывающих предприятиях.

Ключевые слова: рыбное сырье, вспенивание и сушка, глазирование, экспериментальные исследования, рациональные параметры.

Постановка проблемы. Рыба и рыбопродукты играют важную роль в питании человека. Мясо рыбы отличается высокой пищевой ценностью. За счет рыбы и рыбных продуктов на 20-30% обеспечивается потребность населения в продовольственном белке [1]. В настоящее время среднее потребление рыбных продуктов в Украине не превышает 12 кг в год на душу населения при физио-

логически обоснованной годовой норме потребления рыбных продуктов – 20,1 кг на одного жителя [2]. Улучшить сложившуюся ситуацию можно за счет увеличения ассортимента выпускаемой рыбной продукции предприятиями пищевой промышленности, разработки новых полезных, пользующихся спросом у населения продуктов питания из гидробионтов.

Помимо пищевых целей, ежегодно для фуражных целей, в том числе в качестве кормов для рыбоводства, используется около 28 млн тонн рыбы [3]. Для обеспечения интенсивного роста аквакультуры необходимо использовать правильно сбалансированные корма. Это позволяет значительно повысить эффективность работы акваферм. Одной из основных проблем при производстве плавающих кормов для рыбоводства является сложность балансирования этих кормов по основным компонентам [4].

Решение обозначенных выше проблем возможно при переработке рыбного сырья на вспененные смеси, а повысить качество получаемой продукции (в том числе по содержанию витаминов) можно за счет снижения температуры термической обработки до 55°C.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время в промышленности вспененную рыбную продукцию получают только при экструзионном способе производства, но при этом происходит интенсивная термическая обработка рыбного сырья при температуре выше 120°C [5]. Данный способ был принят за основу для исследований, причем снижение температуры термической обработки обеспечивали за счет снижения рабочего давления.

Новый способ переработки потребовал разработки аппаратного обеспечения процесса и проведения экспериментальных исследований для определения рациональных параметров процесса.

Цель статьи. На основании выше изложенного была определена цель работы: разработка и исследование процесса получения вспененных смесей из рыбного сырья при температуре не выше 55°C и определение рациональных параметров этого процесса.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: аналитический обзор по проблеме исследования, создание экспериментального оборудования, планирование эксперимента, анализ дисперсного состава вспененных продуктов, определение рациональных параметров процесса, подготовка и получение правозащитных документов на предлагаемое оборудование и способ.

Изложение основного материала исследований. В качестве конечных продуктов при переработке рыбного сырья на вспененные смеси приняли:

– продукт питания – снэк «Хрустик рыбный» – исходное сырье фарш бычка круляка;

– кормовой продукт – плавающий корм для сеголеток радужной форели. Рецептура корма была рассчитана с помощью надстройки «Поиск решения» программного обеспечения Microsoft Office Excel 2010. Для этого использовали данные о пищевой ценности сырья и его химическом составе [6; 7]. В таблице 1 представлены результаты о составе кормовой смеси, в таблице 2 представлены данные о требованиях к химическому составу кормов и показано обеспечение этих требований выбранной рецептурой.

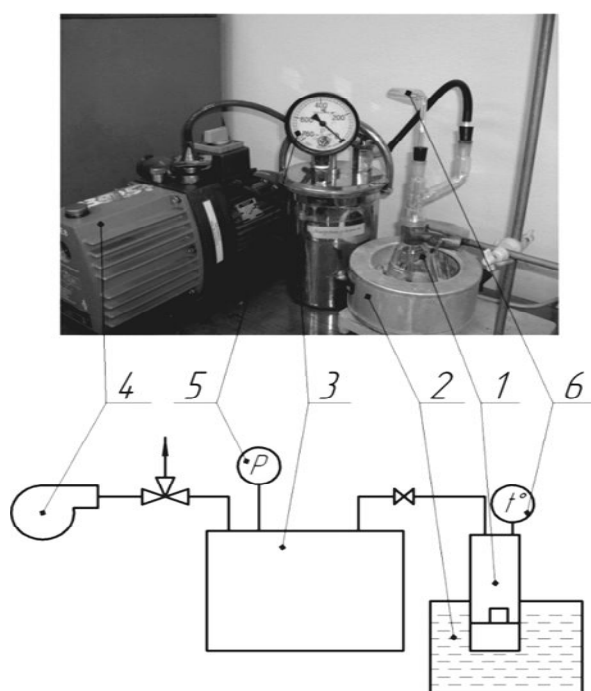
Таблица 1 – Расчетные данные о составе кормовой смеси для форели

Компонент	Содержание, %
Килька черноморская	68,0
Шрот соевый	2,0
Шрот рапсовый	2,0
Соль поваренная	1,5
Мука известковая	2,0

Таблица 2 – Требования к гранулированным кормам для форели и показатели готового корма

Показатели	Требования, %	Фактическое содержание, %
Протеин	40,00-50,00	41,38
Жиры	5,00-13,00	12,45
Клетчатка	2,00-5,00	3,95
Мин. соли	10,00-15,00	10,30
Влажность	до 15,00	12,0

Для проведения предварительных исследований использовали лабораторную установку (патент Украины на полезную модель № 55632), фотография и принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.



1 – рабочая камера; 2 – водяная баня; 3 – вспомогательная камера; 4 – вакуум-насос; 5 – вакуумметр; 6 – датчик температуры

Рисунок 1 – Фотография и принципиальная схема лабораторной установки

Принцип работы установки заключался в следующем: вакуум-насосом 4 через трехходовый кран во вспомогательной камере 3 создавалось разрежение.

В рабочую камеру 1 помещали исследуемые образцы продукции. С помощью водяной бани 2 осуществляли нагрев рабочей камеры. После достижения заданной температуры рабочую камеру соединяли со вспомогательной, происходил резкий сброс давления – влага в исследуемых образцах закапала.

В ходе проведения предварительных экспериментальных исследований были получены положительные результаты, что дало возможность предложить принципиально новый способ переработки рыбного сырья на вспененные смеси при температуре 55°C (патент Украины на полезную модель № 65473).

Качество вспенивания полученных продуктов проверяли по органолептическим показателям для снеков и по визуальному определению времени нахождения гранул корма на водной поверхности.

Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты исследований продолжительности нахождения вспененного рыбного сырья на водной поверхности

Показатель	Гранулы, полученные		
	сушкой при атмосферном давлении, мин.	сушкой при давлении 10 кПа, мин.	вспениванием и сушкой при давлении 10 кПа, мин.
Разбухание гранул	5,5	38,5	128,0
Потеря формы гранулами	7,0	42,5	131,0
Взвешенное состояние гранул в воде	12,0	60,0	168,5
Полное разрушение гранул	15,5	69,0	182,0

Различное время нахождения гранул на водной поверхности объясняется наличием пустот, образовавшихся при вспенивании. Это подтверждается при сравнении срезов этих гранул. Срезы исследовали цифровым микроскопом (BresserLCDMicro) с 4-х кратным увеличением (рисунок 2).

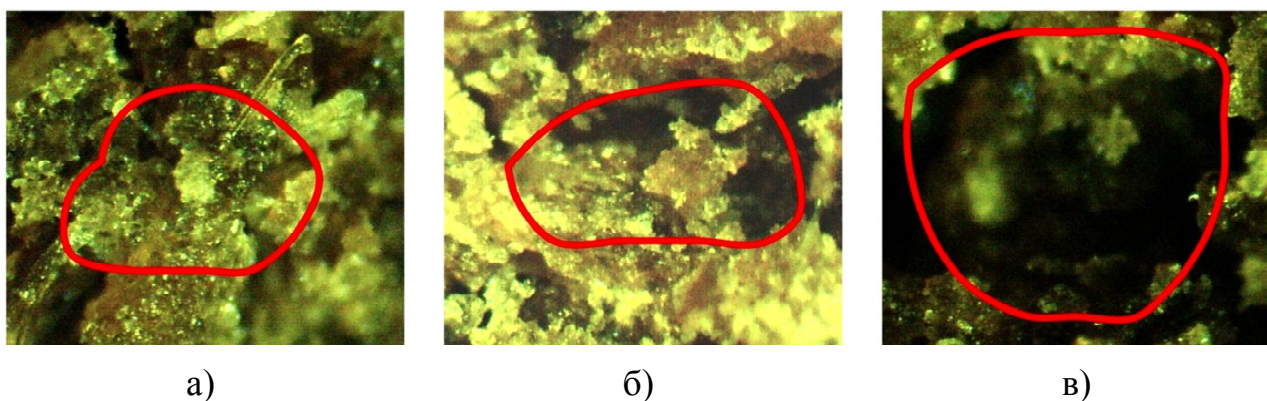


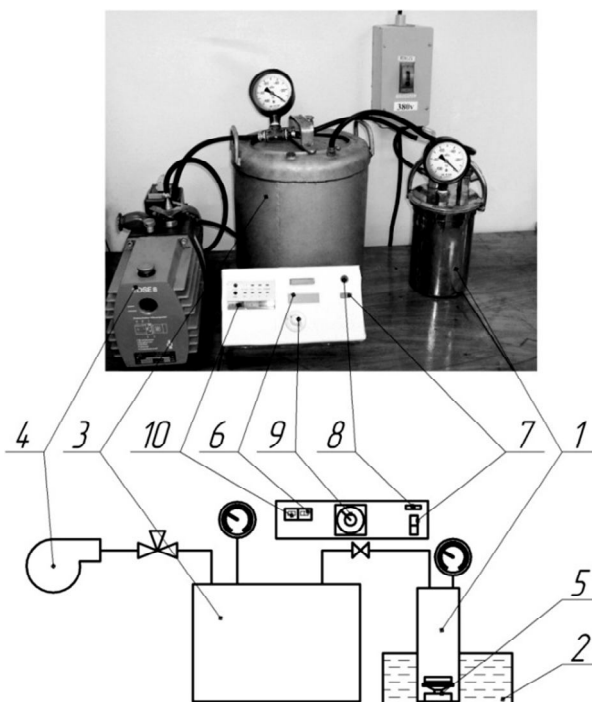
Рисунок 2 – Срез гранул, полученных различными способами производства

На фотографиях срезов гранул для сушки при атмосферном давлении (рисунок 2а), сушки гранул под вакуумом (рисунок 2б), вспенивания и сушки

гранул под вакуумом (рисунок 2в) видно, что вспененный продукт имеет значительно больше пор, заполненных воздухом, т.е. наглядно можем видеть отличие вспененного продукта от высушенного. Для снеков материал имел аналогичную структуру.

Дальнейшие исследования потребовали проведения модернизации аппаратного обеспечения процесса. Модернизация лабораторной установки позволила повысить производительность исследований, объединить в одной рабочей камере процессы вспенивания и сушки, а также контролировать убыль влаги без изъятия продукта из установки.

Фотография и принципиальная схема модернизированной установки (патент Украины на полезную модель № 76438) приведена на рисунке 3. Она состоит из рабочей камеры 1, водяной бани 2, вспомогательной камеры 3, вакуум-насоса 4, термовесов 5, датчик которых 6 выведен на панель управления. Кроме того, на панели управления имеются выключатель 7, контрольная лампа 8, терморегулятор 9, экран с показаниями температуры в рабочей камере 10. Также установка состоит из соединительной, запорной и измерительной аппаратуры.



1 – рабочая камера; 2 – водяная баня; 3 – вспомогательная камера; 4 – вакуум-насос; 5 – термовесы; 6 – экран термовесов; 7 – выключатель; 8 – контрольная лампа; 9 – терморегулятор; 10 – экран показаний температуры в рабочей камере

Рисунок 3 – Фотография и принципиальная схема исследовательской установки для вспенивания рыбного сырь

Для определения влияния режимов на процесс вспенивания и сушки был использован статистический метод планирования эксперимента, а также был проведен полнофакторный эксперимент типа 2^3 . Входящими параметрами приняли: температуру (t , °C) и давление (P , кПа) в рабочей камере и плотность на-

бивки исходного сырья в перфорированные формы (ρ , кг/м³). Выходным параметром была принята продолжительность процесса (τ , мин.), которая влияла на производительность и энергозатраты.

С целью сохранения термолабильных витаминов и обеспечения необходимого вспенивания и твердости продукта, на основе предварительных экспериментальных исследований, были определены интервалы варьирования входящих параметров [8], которые представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Изменяемые параметры процесса вспенивания и сушки рыбного сырья

Факторы	Основной уровень	Единица варьирования	Верхний уровень	Нижний уровень
P , кПа	12,5	2,5	15,0	10,0
t , °С	50,0	5,0	55,0	45,0
ρ , кг/м ³ (снеки)	1160,0	60,0	1220,0	1100,0
ρ , кг/м ³ (корм)	1155,0	105,0	1260,0	1050,0

Результаты полнофакторного эксперимента проверили на достоверность с использованием коэффициентов Стьюдента, Фишера и Кохрена.

Определяли зависимость продолжительности процесса вспенивания и сушки от температуры и давления в рабочей камере, а также от плотности набивки исходного сырья:

– для снеков из фарша бычка кругляка:

$$\tau = 1,564 \cdot P - 2,068 \cdot t + 0,2135 \cdot \rho - 12,520; \quad (1)$$

– для плавающего корма для форели:

$$\tau = 24,140 + 1,472 \cdot P - 1,550 \cdot t + 0,102 \cdot \rho. \quad (2)$$

Для нахождения минимального значения уравнений (1) и (2) при заданных ограничениях переменных факторов применяли методы выпуклой оптимизации (симплекс методы) с использованием функции «Поиск решения» табличного редактора Microsoft Office Excel 2010. Искомые значения переменных параметров представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты определения рациональных параметров процесса вспенивания и сушки

Вид продукта	P , кПа	t , °С	ρ , кг/м ³
Снеки	10	55	1100
Корм	10	55	1050

Одним из этапов процесса получения плавающего корма для форели согласно предложенной технологической схеме [9] является глазирование. Ис-

следования этого этапа были направлены на определение рациональных параметров процесса глазирования.

С целью снижения энергозатрат и увеличения производительности была принята для исследования схема глазирования, при которой гранулы с температурой 50° перемещались в глазирующем агенте (раствор желатина) с температурой 18-20°С. Происходил нестационарный теплообмен: гранула охлаждалась, прилегающий к ней глазирующий агент нагревался. При достижении температура 32°С (температура плавления/кристаллизации пищевого желатина П11) гранула покрывалась слоем глазирующего агента за счет адгезионных свойств. Гранулу извлекали из раствора желатина в окружающую среду, где происходило дальнейшее охлаждение гранулы с кристаллизацией желатина.

Для определения влияния режимов на процесс глазирования был использован статистический метод планирования эксперимента и проведен полнофакторный эксперимент типа 3². Переменными факторами были скорости движения гранул в глазирующем агенте (V , м/с) и продолжительность процесса глазирования (τ , с.). Выходным параметром была температура на боковой поверхности гранулы плавающего корма для форели (t , °С).

На основании данных предварительных исследований [10] были определены изменяемые параметры процесса глазирования, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Изменяемые параметры процесса глазирования рыбного сырья

Факторы	Основной уровень	Единица варьирования	Верхний уровень	Нижний уровень
V , м/с	0,03	0,02	0,05	0,01
τ , с.	30,00	20,00	50,00	10,00

Результаты полнофакторного эксперимента проверили на достоверность с использованием коэффициентов Стьюдента, Фишера и Кохрена.

Определяли зависимость температуры на боковой поверхности гранулы процесса от скорости движения гранул и продолжительности процесса:

$$t = 52,89 + 0,006 \cdot \tau^2 - 141 \cdot V - 0,67 \cdot \tau. \quad (3)$$

Процесс глазирования должен длиться до охлаждения боковой поверхности гранулы до температуры плавления/кристаллизации глазирующего агента ($t = 32^\circ\text{C}$).

Для нахождения минимального значения времени τ для уравнения (3) и $t = 32^\circ\text{C}$, при котором обеспечивается максимальная производительность и минимальные энергозатраты, при заданных ограничениях переменного фактора V применяли методы выпуклой оптимизации (симплексметоды) с использованием функции «Поиск решения» табличного редактора Microsoft Office Excel 2010. Искомое значение скорости движения составило $V = 0,05$ м/с. Таким образом, продолжительность процесса глазирования при скорости движения гранул

$V = 0,05$ м/с и охлаждения боковой поверхности гранулы до температуры 32°C составила 27,4 с.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. В результате исследований разработан новый способ переработки рыбного сырья на вспененные смеси при температуре термической обработки 55°C . Для реализации данного обеспечения сконструирована установка, состоящая из рабочей и вспомогательной камер, вакуум-насоса, водяной бани, термовесов, запорной и регулирующей аппаратуры.

Исследование продукта, полученного различными способами с четырехкратным увеличением под микроскопом, показало, что вспененный продукт имеет значительно больше пор, заполненных воздухом, по сравнению с высушенным продуктом.

Экспериментальным путем определены рациональные параметры процесса вспенивания и сушки, которые обеспечивают максимальную производительность при минимальных энергозатратах. Эти параметры составили: для снеков – давление в рабочей камере $P = 10$ кПа, температура в рабочей камере $t = 55^{\circ}\text{C}$, плотность набивки снеков $\rho = 1100$ кг/м³; для плавающего корма – давление в рабочей камере $P = 10$ кПа, температура в рабочей камере $t = 55^{\circ}\text{C}$, плотность набивки гранул $\rho = 1050$ кг/м³.

Глазирование как этап процесса получения необходимо вести в течение 27,4 с при скорости движения гранул через глазирующий агент 0,05 м/с.

Дальнейшие исследования будут направлены на: разработку конструкции аппарата непрерывного действия для процесса вспенивания и сушки рыбного сырья и проектирование цеха переработки рыбного сырья на вспененные смеси для внедрения на рыбоперерабатывающих предприятиях.

Список литературы / References:

1. Гринжевський М.В. Інтенсифікація виробництва продукції аквакультури у внутрішніх водоймах України / М.В. Гринжевський. – К.: Світ, 2000. – 192 с. Hrinzhevskii, M.V. (2000), *Intensifikatsiya vyrobnytstva produktsii akvakultury u vnutrishnikh vodoymakh Ukrainy* [Intensification of the output of aquaculture products in the inner water basins in Ukraine], Svit, Kiev, Ukraine.
2. Рыбная отрасль Украины: состояние и перспективы [Электронный ресурс] // Всеукраинский Business-To-Business интернет-рынок продуктов питания. – Режим доступа: <<http://edab2b.com/opinions/rybnaya-otrasl-ukrainy/>>. – 31.01.2013 г. All-Ukrainian Business-To-Business internet-market of foodstuffs (2013), “Fisheries of Ukraine: state and prospects”, available at: <http://edab2b.com/opinions/rybnaya-otrasl-ukrainy/> (accessed January 31, 2013).
3. Довбыш О.Э. Зарубежный опыт развития морской аквакультуры и её приоритетные задачи в Украине / О.Э. Довбыш, Е.П. Губанов, В.Н. Туркулова // Рыбне господарство України. – 2010. – № 2 (67). – С. 2-9. Dovbysh, O.E., Gubanov, E.P. and Turkulova, V.N. (2010), “Foreign experience in development of marine aquaculture and its priority tasks in Ukraine”, *Rybne gospodarstvo Ukrainy*, no. 2(67), pp. 2-9.

4. Сукманов В.О. Обґрунтування необхідності переробки рибної сировини з додаванням термолабільних біологічно-активних добавок та її використання як плаваючих кормів для рибництва / В.О. Сукманов, О.А. Яшонков // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2011. – Вип. 26. – С. 474-479.
Sukmanov, V.O. and Yashonkov, O.A. (2011), “Substantiation of the necessity of processing of raw fish materials adding thermally labile biologically active supplements and its usage as a floating feed for fish farming”, *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv*, vol. 26, pp. 474-479.
5. Осовский Д.И. Некоторые проблемы производства плавающего рыбного корма (с биологически активными добавками) / Д.И. Осовский, А.А. Яшонков // Рыбное хозяйство Украины. – Керчь: КГМТУ, 2009. – № 1 (60). – С. 33-34.
Osovskii, D.I. and Yashonkov, A.A. (2009), “Some problems in output of floating feeds for fish (with biologically active supplements)”, *Rybne hospodarstvo Ukrainy*, no. 1 (60), pp. 33-34.
6. Классификация кормов, виды, химический состав, питательность [Электронный ресурс] // Сельскохозяйственный и фермерский бизнес. – Режим доступа: <<http://www.landwirt.ru/2009-12-12-16-06-35/229-2009-03-10-17-45-10>>. – 09.03.2011 г.
Agricultural and farming business (2011), “Classification of feeds, types, chemical composition, nutritive value”, available at: <http://www.landwirt.ru/2009-12-12-16-06-35/229-2009-03-10-17-45-10> (accessed March 9, 2011).
7. Панин И.Г. Повышение эффективности производства животноводческой продукции с использованием программ оптимизации рецептов комбикормов / И.Г. Панин, В.В. Гречишников // Ветторг Портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <<http://www.vettorg.net/magazines/3/2004/94/577/>>. – 09.03.2011 г.
Panin, I.G. and Hrechishnikov, V.V. (2004), “Increase in efficiency of production of farming products applying the programs for optimization of feed recipes”, available at: <http://www.vettorg.net/magazines/3/2004/94/577/> (accessed March 9, 2011).
8. Сукманов В.А. К вопросу экспериментальных исследований вспениваемости рыбного сырья / В.А. Сукманов, А.А. Яшонков // Рыбне господарство України. – Керч : КДМТУ, 2011. – № 6 (77). – С. 40-43.
Sukmanov, V.O. and Yashonkov, O.A. (2011), “To the problem of experimental studies of foaming of raw fish”, *Rybne hospodarstvo Ukrainy*, no. 6 (77), pp. 40-43.
9. Сукманов В.О. Переробка рибної сировини на спінені суміші та експериментальне обладнання для дослідження цього процесу / В.О. Сукманов, О.А. Яшонков // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2011. – Вип. 27. – С. 168-173.
Sukmanov, V.O. and Yashonkov, O.A. (2011), “Processing of raw fish material into foamed mixture and pilot equipment for this process in investigation”, *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv*, vol. 27, pp. 168-173
10. Сукманов В.О. Моделирование нестационарного теплообмена при глазурировании гранул спінених сумішей / В.О. Сукманов, О.А. Яшонков // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2011. – Вип. 29, т. 2. – С. 157-164.

Sukmanov, V.O. and Yashonkov, O.A. (2011) "Modeling of non-stationary heat exchange at glazing of granules of foamed mixtures", *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv*, vol. 29, t. 2, pp. 157-164.

Мета. Розробка та дослідження процесу отримання спінених сумішей із рибної сировини при температурі не вище 55°C.

Методика. Під час досліджень використовували оригінальні методики проведення досліджень, розроблені на основі загальнонаукових законів та принципів, методи планування експерименту та обробки результатів.

Результати. Визначено залежності тривалості процесу спінювання і сушіння рибної сировини від температури, тиску процесу та щільності набивання вихідної сировини, а також визначено експериментальну залежність температури на боковій поверхні гранули плаваючого корму для форелі під час глазурування від тривалості процесу глазурування та швидкості руху гранул у глазурую чому агенті. Запропоновано раціональні параметри процесів спінювання, сушіння та глазурування під час переробки рибної сировини на спінені суміші.

Наукова новизна. Вперше розроблено спосіб і установку для дослідження процесу одержання спінених сумішей на основі рибної сировини, запропоновано раціональні параметри цього процесу. Досліджено етап процесу отримання спінених сумішей – глазурування плаваючого корму для форелі, запропоновано раціональні параметри процесу глазурування.

Практична значущість. Запропонований спосіб і отримані раціональні параметри будуть використані для розробки конструкції апарату безперервної дії для отримання спінених сумішей, а також під час проектування цеху переробки рибної сировини на спінені суміші для впровадження на рибопереробних підприємствах

Ключові слова: рибна сировина, спінювання та сушіння, глазурування, експериментальні дослідження, раціональні параметри.

Objective. Development and research of the process of output of foamed mixtures made of raw fish at temperature not more than 55°C.

Methods. In the course of research the original techniques in carrying out research based on common scientific laws and principles, methods for planning experiments and processing of results have been applied.

Results. Dependencies of duration of the process of foaming and drying of raw fish on temperatures, pressure of the process and density of initial raw material stuffing were determined, as well as experimental relations of the temperature on the lateral surface of a floating feed granule for trout during glazing process and the speed of the movement of granules in the glazing agent were stated. Rational parameters of the process of foaming, drying and glazing in processing of raw fish into foamed mixtures have been proposed.

Academic novelty. For the first time the way and installation for research of the process of output of foamed mixtures made of raw fish were developed, rational parameters for this process were proposed. The stage of the process of output of foamed mixtures, viz. glazing of floating feed for trout was studied, rational parameters of the glazing process have been proposed.

Practical importance. The proposed technique and obtained rational parameters will be applied while developing the design of the installation of the continuous action for output of foamed mixtures as well as in designing the workshop for processing raw fish into foamed mixtures in order to implement on fish-processing enterprises.

Key words: fish raw materials, foaming and drying, glazing, experimental research, rational parameters.

Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук,
Мирончуком В.Г.

Дата поступления рукописи 25.02.2013 г.