

Технология переработки
водных биоресурсов

УДК 664.951.039:664.957

**Перспективы использования термо-вакуумно-импульсных
технологий для варки и обезжиривания рыбной
массы при производстве кормовой рыбной муки***Р.В. Артемов¹, А.И. Бочкарев¹, С.Н. Мамонтова²*

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

² Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт, филиал Астраханского государственного технического университета (ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»), пос. Рыбное, Московская обл.

E-mail: bav@vniro.ru

В статье обоснована необходимость разработки технологий производства кормовой рыбной муки, позволяющих перерабатывать сложное с технологической точки зрения сырьё, характеризующееся повышенным содержанием жира, в т. ч., технологий, основанных на применении неиспользуемых ранее в рыбной отрасли физических методов. Представлены результаты технологических исследований, посвящённых изучению возможности практического использования термо-вакуумно-импульсного (ТВИ) воздействия при производстве кормовой рыбной муки. Установлена возможность практического использования ТВИ-воздействия при технологической операции варки черноморской хамсы. Исследован химический состав образцов рыбной массы, полученной при изменении температуры варки и количества циклов ТВИ-воздействия, определено их влияние на выход жом и подпрессового бульона. На основании проведённых исследований определены рациональные параметры варки черноморской хамсы. Установлено, что проваренная рыбная масса обладает высокой биологической ценностью, т. к. её белок характеризуется высоким содержанием белкового азота.

Ключевые слова: Кормовая мука, режим варки рыбного сырья, термо-вакуумно-импульсное воздействие, жом, подпрессовый бульон.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из приоритетных направлений в развитии рыбохозяйственного комплекса являются разработка и внедрение безотходных технологий переработки водных биоресурсов, позволяющие использовать их более рационально. Одним из резервов повышения глу-

бины переработки является применение комплексного подхода, который, в т. ч. включает технические решения, предназначенные для переработки малоценного и недоиспользуемого в промышленных масштабах сырья, а также отходов, образующихся при получении пищевой продукции.

Одним из коммерчески выгодных направлений переработки вторичных сырьевых ресурсов является получение из них кормовой рыбной муки, являющейся источником полноценного белка в кормовых рационах птиц, сельскохозяйственных животных и многих культивируемых рыб. В Российской Федерации наблюдается дефицит качественной кормовой рыбной муки. Отечественные производители не могут полностью удовлетворить необходимые потребности, поэтому данная проблема решается за счёт её импорта. Увеличение объёмов производства рыбной кормовой муки является экономически целесообразным вследствие высокой рыночной стоимости, составляющей более 100 руб/кг.

Основной причиной, не позволяющей отечественным производителям кормовой муки выйти на уровень производства развитых стран, является устаревшее оборудование, использование которого не позволяет выпускать качественный продукт по конкурентоспособной цене. Отсутствие современного машинного парка не позволяет вовлекать в переработку недоиспользуемое сырьё, например, азовскую туюлку, кильку и хамсу. Данные объекты характеризуются высоким содержанием жира, поэтому их переработка является сложной с технологической точки зрения задачей. Её решение возможно посредством расширения материально-технической базы, усовершенствования оборудования, а также внедрения новых технологий, основанных на неиспользуемых ранее в рыбной отрасли методах воздействия, применение которых позволяет перерабатывать сложное с точки зрения организации технологического процесса сырьё, в т. ч. сырьё, характеризующееся повышенным содержанием жира.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ

В рамках поиска новых технологических решений по переработке рыбного сырья с высоким содержанием жира были проведены научно-исследовательские работы по разработке технологии производства кормовой рыбной муки низкотемпературным способом, основанным на применении термо-вакуумно-импульсного (ТВИ) воздействия на обрабатываемое сырьё.

Одной из основных задач проведённых исследований являлась разработка рациональных параметров варки обрабатываемого сырья, которые, с одной стороны, обеспечивают коагуляцию белковых веществ и, с другой, позволяют повысить качество готового продукта за счёт снижения температуры относительно используемой традиционно.

Объектом исследования являлась хамса черноморская, химический состав представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав черноморской хамсы

Влага, %	Жир, %	Белок, %	Зола, %
70,1±0,3	11,2±0,1	15,7±0,2	3,0±0,1

Хамса отличается повышенным содержанием жира, и поэтому является трудным для переработки сырьём. Получение из неё кормовой рыбной муки, которая по качественным показателям удовлетворяет требованиям ГОСТ 2116—2000 «Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Технические условия», в полной мере может обосновать целесообразность применения ТВИ-воздействия при переработке рыбного, в т. ч., менее жирного сырья.

Исходное сырьё измельчали и направляли на варку, осуществляемую в экспериментальной пилотной вакуумной камере, оснащённой вакуумным насосом с высокой удельной производительностью. При создании вакуумного импульса находящийся в камере воздух, нагретый до необходимой температуры при помощи ТЭНов, удаляли насосом через обратные клапаны за время, не превышающее 12–15 секунд. Величину остаточного давления в камере контролировали по показаниям вакуумметра.

Под воздействием вакуума температура продукта снижалась на строго определённую величину, индивидуальную для каждого подвергаемого ТВИ-воздействию продукта. Продолжительность выдерживания сырья под вакуумом определяли косвенным путём: удалённый из камеры воздух нагнетали по достижении предварительно заданной температуры в сырьё. При достижении заданной температуры вакуум сбрасывали. При изменении тем-

пературы осуществляли продувку камеры горячим воздухом для увеличения температуры сырья до заданной [Абрамов и др., 2010].

Эксперимент по варке проводили следующим образом. Сырье загружали в камеру, где осуществляли его первичный нагрев до температуры 60, 65, 70 и 75 °С (в зависимости от условий эксперимента). После этого в камере создавали вакуумный импульс, интенсивно снижая давление. Одной из наиболее важных задач являлся подбор давления, при котором связанная и свободная влага мышечной ткани сырья будут находиться в состоянии «холодного кипения». Величину давления задавали предварительно, с учётом температуры нагрева сырья, используя общедоступные справочные данные [Павлов и др., 1987]. В этой связи для температуры 60 °С использовали давление 0,020 МПа, для 65 °С — 0,025 МПа, для 70 °С — 0,030 МПа, для 75 °С — 0,040 МПа. Циклы импульсное вакуумирование — нагрев и выдерживание под вакуумом — сброс вакуума повторяли. Время варки устанавливали на основании достижения требуемых органолептических показателей продукта.

Для определения эффективности воздействия импульсного вакуумирования на сырье в процессе его варки полученный промежуточный продукт подвергали прессованию при одинаковых для всех экспериментов технологических параметрах давления прессования и продолжительности прессования, которые традиционно применяют в рыбной отрасли. Прессование осуществляли на лабораторном двухвинтовом прессе.

Об эффективности варки судили по органолептическим показателям проваренной рыбной массы (её запаху и консистенции) и по выходу подпрессового бульона после прессования. Эффективность разрушения структуры тканей определяли опытным путём, по выходу подпрессового бульона после прессования проваренной рыбной массы. Для определения эффективности варки изучали химический состав исходного сырья, жома и бульона.

Аналитические исследования сырья и полученных при варке промежуточных продуктов проводили в соответствии со стандартными и общепринятыми в рыбной отрасли методами. Для визуального представления данных

использовали прикладной программный пакет Microsoft Office 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате поставленных экспериментов были изучены изменения температуры обрабатываемого сырья во времени, в процессе его варки с использованием ТВИ-воздействия. Полученные результаты представлены на рисунке.

Как видно из представленных данных, вне зависимости от рабочей температуры варки, интенсивное удаление воздуха, который является греющим агентом, из рабочей камеры непосредственно после первоначального выдерживания, необходимого для обеспечения коагуляции белковых веществ, приводит к частичному снижению температуры обрабатываемой рыбной массы. При этом величина падения температуры во всех экспериментах приблизительно одинакова и в зависимости от заданной температуры варки составляет 8–12 °С. С увеличением числа циклов импульсного вакуумирования для всех режимов варки наблюдается незначительное уменьшение эффективной разности температур. Например, начальная и конечная разности температур сырья в процессе варки при температуре 75 °С составляют 8 и 5 °С, соответственно. Данное явление объясняется тем, что в процессе импульсного вакуумирования с отводимым воздухом частично удаляется содержащаяся в сырье влага. Постепенное уменьшение её содержания в сырье приводит к тому, что при удалении пара с отводимым воздухом теряется всё меньшее количество энергии. Следует также отметить, что с увеличением заданной температуры варки наблюдается незначительное увеличение её общей продолжительности: так при температуре 60 °С она составляет 33 минуты, в то время как при 75 °С — 38 минут. Отмеченные различия в общей продолжительности варки объясняются тем, что при более высоких температурах исходного сырья дополнительное время необходимо для его нагрева до более высоких температур.

Как видно из рисунка, варка по традиционной технологии проходит менее продолжительное время (около 20 минут), что объясняется отсутствием временных затрат на повторное

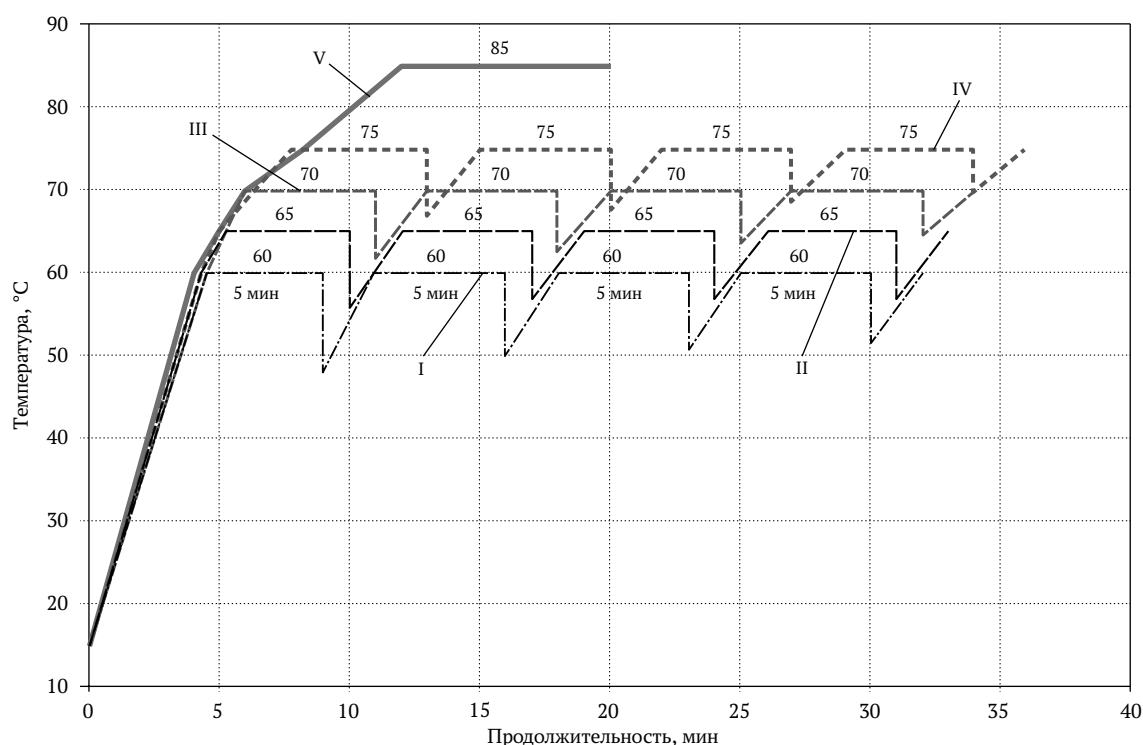


Рис. Изменение температуры измельченного рыбного сырья во времени при различной температуре варки: I — 60 °C ($P = 0,020$ МПа); II — 65 °C ($P = 0,025$ МПа); III — 70 °C ($P = 0,030$ МПа); IV — 75 °C ($P = 0,040$ МПа); V — контроль, 85 °C ($P = 0,1$ МПа (атмосферное давление))

нагревание сырья. Однако при данной температуре происходит образование белково-липидных комплексов, затрудняющих выделение жира при прессовании. Вследствие этого качество получаемой кормовой муки не соответствует современным требованиям ГОСТ 2116—2000 [Кардашев, 1955].

По этой причине в ходе дальнейших исследований был определён выход жома и подпрессового бульона, образующихся после варки хамсы при различных температурах, при количестве циклов импульсного вакуумирования от 1 до 4. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Как видно из представленных в табл. 2 данных, варка хамсы при температурах 60 и 65 °C малоэффективна: при данных режимах во всех поставленных экспериментах можно отметить низкий, составляющий не более 41%, выход подпрессового бульона и, наоборот, высокий выход жома.

Невысокий выход жома объясняется тем, что при температурах 60 и 65 °C содержащийся в рыбе белок коагулирует не полностью, по-

этому значительное количество влаги после варки при указанных температурах продолжает находиться в связанном состоянии и не может быть удалено механическим методом (в данном случае прессованием).

По этой причине варка при указанных температурах была признана нецелесообразной, и дальнейший эксперимент был продолжен с образцами, проваренными при 70 и 75 °C.

Варка при температуре 70 и 75 °C обеспечивает более полную коагуляцию белковых веществ, что приводит к увеличению выхода бульона при этих температурах до 56%. При этом следует отметить, что при одно-трёхкратном вакуумировании наблюдается увеличение выхода бульона, что свидетельствует об эффективности данного метода. При четырёхкратном воздействии на сырьё термо-вакуумным импульсом, наоборот, происходит снижение выхода подпрессового бульона. Это можно объяснить тем, что многократное воздействие давления на обрабатываемое сырьё может привести к образованию в нём белково-липидной эмульсии и невозможности из-

Таблица 2. Выход жома и подпрессового бульона при прессовании хамсы, проваренной при различных температурах

		Температура варки, °C				
		60	65	70	75	85
Контроль	Выход жома, %					52
	Выход бульона, %			–		48
	Продолжительность обработки, мин					20
Опыт	Количество ТВИ-циклов	Выход жома после прессования, %	66	64	58	56
		1 Выход бульона после прессования, %	34	36	42	44
		Продолжительность варки, мин	11	12	13	15
		2 Выход жома после прессования, %	63	62	46	44
		Выход бульона после прессования, %	37	38	54	56
		Продолжительность варки, мин	18	19	20	22
		3 Выход жома после прессования, %	62	59	48	46
		Выход бульона после прессования, %	38	41	52	54
		Продолжительность варки, мин	25	26	27	29
		4 Выход жома после прессования, %	63	61	61	59
		Выход бульона после прессования, %	37	39	39	41
		Продолжительность варки, мин	32	33	34	36

влечения жира и белка. Данные химического состава жома и бульона, полученных при прессовании хамсы, проваренной при температурах 70 и 75 °C, представлены в табл. 3.

Таблица 3. Химический состав образцов хамсы, жома и бульона, полученных при температурах варки 70, 75 и 85 °C

Объекты исследования		Содержание, %			
		влаги	жира	белка	зола
Хамса		70,1±0,3	11,2±0,1	15,7±0,2	3,0±0,1
Контроль 85 °C	Жом	61,7±0,2	8,7±0,1	26,3±0,3	3,3±0,1
	Бульон	79,1±0,3	14,0±0,2	4,2±0,1	2,7±0,1
Опыт 70 °C	1 ТВИ-цикл				
	Жом	70,8±0,3	6,0±0,2	19,8±0,2	3,4±0,1
	Бульон	69,3±0,3	18,3±0,2	10,0±0,2	2,4±0,1
	2 ТВИ-цикла				
	Жом	59,6±0,2	3,9±0,2	31,7±0,3	4,8±0,1
	Бульон	79,1±0,3	17,4±0,2	2,0±0,1	1,5±0,1
	3 ТВИ-цикла				
	Жом	61,3±0,3	3,5±0,2	30,8±0,3	4,4±0,1
	Бульон	78,3±0,3	18,3±0,3	1,7±0,1	1,7±0,1
	4 ТВИ-цикла				
	Жом	62,5±0,3	10,3±0,2	24,1±0,3	3,1±0,1
	Бульон	82,0±0,3	12,6±0,2	2,6±0,1	2,8±0,1

Объекты исследования		Содержание, %			
		влаги	жира	белка	зола
Опыт 75 °С	1 ТВИ-цикл				
	Жом	69,9±0,3	5,8±0,2	21,1±0,3	3,2±0,1
	Бульон	70,4±0,3	18,0±0,2	8,9±0,2	2,7±0,1
	2 ТВИ-цикла				
	Жом	58,0±0,2	3,9±0,2	33,6±0,3	4,5±0,1
	Бульон	79,6±0,3	17,0±0,2	1,6±0,1	1,8±0,1
	3 ТВИ-цикла				
	Жом	60,2±0,3	3,3±0,1	32,6±0,3	3,9±0,1
	Бульон	78,5±0,3	18,0±0,3	1,3±0,1	2,2±0,1
	4 ТВИ-цикла				
	Жом	59,5±0,2	11,7±0,2	25,4±0,3	3,4±0,1
	Бульон	85,4±0,3	10,5±0,2	1,7±0,1	2,4±0,1

Рассматривая полученные результаты, необходимо отметить, что данные химического состава подтверждают сделанные выше выводы. Так, в жоме, полученном после двух- и трёхкратного воздействия ТВИ-циклов, по сравнению с другими образцами отмечается относительное уменьшение процентного содержания жира, который при прессовании переходит в бульон, вследствие чего процентное содержание жира в нём, наоборот, возрастает. Продолжительность варки хамсы при 70 и 75 °С, используя двукратный цикл ТВИ-воздействия, составила 20 и 22 мин, соответственно, в то время как при трёхкратном цикле — 27 и 29 мин. Различия в химическом составе образцов при двух- и трёхкратной повторности циклов незначительные. Таким образом, образцы жома, полученные после двукратного ТВИ-воздействия, наиболее перспективны для дальнейшей переработки на кормовую муку вследствие пониженного содержания в них жира и относительно короткого времени воздействия 20–22 мин. Следует также отметить, что в образцах жома, полученного после однократного ТВИ-цикла, содержание жира несколько выше и составляет при 70 °С — 6%, при 75 °С — 5,8%. Такая особенность, вероятно, объясняется тем, что, во-первых, белок исходного сырья является недостаточно скоагулированным вследствие малой продолжительности его нагрева

и, во-вторых, недостаточной степени разрушения клеточной структуры вследствие однократного импульсного воздействия [Боева и др., 2004]. При четырёхкратном импульсном воздействии при обеих температурах отмечается относительное увеличение содержания жира в жоме при одновременном снижении содержания в бульоне.

Для получения кормовой рыбной муки низкотемпературным способом целесообразно проводить процесс варки сырья при температуре от 70 до 75 °С при двукратном повторении ТВИ-цикла. При данном режиме за счёт относительно высокой температуры обеспечивается коагуляция белковых веществ рыбной массы, а импульсное вакуумирование позволяет разрушить структуру клетки, обеспечивая выделения влаги, липидов и некоторой части белковых веществ и их переход в бульон.

Анализ фракционного состава азотистых веществ жома, полученного в диапазоне температур от 70 до 75 °С, при двух- и трёхкратном ТВИ-цикле позволил установить, что содержание белкового азота в них высокое и составляет от 57 до 60% от общего. Это свидетельствует о приемлемой степени деструкции азотистых веществ исходного рыбного сырья (хамсы) в процессе варки и, вследствие этого, высокой кормовой ценности полученных образцов промежуточного продукта (жома) и целесообразности проведения дальнейших

работ по производству кормовой рыбной муки из хамсы с применением обоснованного выше режима её варки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведённых экспериментальных работ были обоснованы и разработаны рациональные технологические параметры процесса варки низкотемпературным способом, основанным на применении термо-вакуумно-импульсного (ТВИ) воздействия на обрабатываемое сырьё и прессования проваренной рыбной массы.

Установлено, что процесс варки измельченного рыбного сырья с использованием термо-вакуумно-импульсного воздействия необходимо проводить в диапазоне температур от 70 до 75 °С, с применением двукратного импульсного вакуумирования. Величина остаточного давления для создания вакуума при указанных выше температурах должна составлять от 0,03 до 0,04 МПа, продолжительность выдерживания нагретого сырья в каждом цикле не должна превышать 5 мин, а общая продолжительность вакуумирования — 20–22 мин. Разработанный режим варки целесообразно применять при производстве кормовой рыбной муки из хамсы, т. к. при этом достигается лучшее по сравнению с традиционными технологическими параметрами качество получаемых промежуточных продуктов.

Проведённые исследования показали высокую эффективность ТВИ-воздействия на обрабатываемое сырьё в процессе варки. Данный метод позволяет существенно интенсифицировать процессы переработки рыбного сырья и по-новому организовать известные и широко распространенные процессы, снизив отрицательное влияние температуры, и как следствие, сократить производственные и энергетические затраты.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамов Я.К., Веселов В.М., Залевский В.М. 2010. Патент РФ № 2395766 «Способ сушки материалов растительного, животного происхождения, рыбы и морепродуктов и устройство для их осуществления». Бюл. № 21.
- Боева Н.П., Терентьев В.А., Сергиенко Е.В. 2004. Разработка низкотемпературной технологии кормовой рыбной муки // Труды ВНИРО. Т. 143. С. 190–194.
- Кардашев А.В. 1955. Влияние температуры варки на выход и качество рыбной кормовой муки // Труды АзЧерНИРО. Вып. 16. С. 417–433.
- Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. 1987. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. М.: Химия. 576 с.

Поступила в редакцию 20.04.2018 г.
Принята после рецензии 20.07.2018 г.

Aquatic bioresources processing technologies

Prospects of using of thermo-vacuum-impulsive technologies for cooking and degreasing of fish mass while production of fish meal

R.V. Artemov¹, A.I. Bochkarev¹, S.N. Mamontova²

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

² Dmitrov fisheries technological Institute (branch) FSBEI AGTU (DFTI FGBOU IN «AGTU»), Rybnoe, Moscow region

At this article had been substantiated the need to development of technologies for fish meal production which provides to process raw materials difficult in technological meaning because high fat content in it. Particularly, technologies based on new physical methods never used at fish industry before also should be developed. The article presented results of technological research devoted study the opportunity of practical use for thermal-vacuum-pulsing (TVP) action while fish meal production. Possibility of practical use for TVP-action during cooking of black sea anchovy was established. Chemical composition for samples of fish mass obtained during cooking temperature and number of TVP-action circle variation, their influence on the keck and press water yield is determined. Based on these researching the rational cooking parameters for black sea anchovy was determined. It was found cooked fish meal has high biological value because it protein characterized of high albuminous nitrogen content.

Keywords: fish meal, cooking regime of fish raw materials, thermo-vacuum-impulsive action, press cake, press water.

REFERENCES

- Abramov Ya.K., Veselov V.M., Zalevskij V.M.* 2010. Patent RF № 2395766 Sposob sushki materialov rastitel'nogo, zhivotnogo proiskhozhdeniya, ryby i moreproduktov i ustrojstvo dlya ikh osushchestvleniya [Patent RF № 2395766 Drying method of raw materials vegetative and animal origin, fish and marine products and machine for it's implementation]. Byul. № 21.
- Boeva N.P., Terent'ev V.A., Sergienko E.V.* 2004. Razrabotka nizkotemperaturnoj tekhnologii kormovoj rybnoj muki [Development of low temperature technology for fish meal] // Trudy VNIRO. T. 143. S. 190–194.
- Kardashev A.V.* 1955. Vliyanie temperatury variki na vykhod i kachestvo rybnoj kormovoj muki [Influence of cooking temperature on fish meal yield and it's quality] // Trudy AzCHerNIRO. Vyp. 16. S. 417–433.
- Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A.* 1987. Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov khimicheskoy tekhnologii [Examples and challenges for Processes and Machines of Chemical Technologies]. M.: Khimiya. 576 s.

TABLE CAPTIONS

Table 1. Black sea anchovy chemical composition

Table 2. Keck and press water yield while anchovy pressing, cooked with various temperature values

Table 3. Chemical composition of anchovy, keck and press water samples, obtained with cooking temperature 70, 75 and 80 °C

FIGURE CAPTIONS

Fig. Temperature changing of grinding raw fish in time with various cooking temperature:

I — 60 °C ($P = 0,020$ MPa); II — 65 °C ($P = 0,025$ MPa); III — 70 °C ($P = 0,030$ MPa); IV — 75 °C ($P = 0,040$ MPa); V — control sample, 85 °C ($P = 0,1$ MPa (atmosphere pressure)).