

УДК 664.951.7

**Разработка оптимальных режимов ультразвуковой обработки
крабового сырья в технологии мороженой продукции***Н. Н. Яричевская, Е. Н. Харенко, Л. Ф. Фомичева*

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

e-mail: norma@vniro.ru

С использованием метода математического планирования экспериментов по униформ-рототабельному плану второго порядка для двух варьируемых факторов оптимизированы режимы ультразвуковой обработки (УЗ-обработки) крабовых конечностей, что позволит исключить пищевые фосфаты, применяемые в качестве водосвязывающих агентов для улучшения качественных показателей готовой продукции и увеличения её выхода, и тем самым избежать их возможного негативного воздействия на организм человека. За основные факторы, определяющие влияние ультразвука (УЗ) на качественные показатели и выход варёно-мороженных конечностей, приняты продолжительность УЗ-обработки крабового сырья и интенсивность УЗ.

Ключевые слова: ультразвук, крабы, оптимальный режим УЗ-обработки, показатели качества, выход продукции.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для улучшения качественных показателей готовой продукции из водных биоресурсов и увеличения её выхода, в том числе продукции из крабов, применяют фосфаты, являющиеся водоудерживающими агентами химической природы [Федичкина, 2003; Ким и др., 2006; Сарафанова, 2007; Park, Lanier, 1987; Kumazawa, 1990]. В перечень разрешённых к применению фосфатов включены: монофосфаты, дифосфаты и полифосфаты натрия, калия, кальция, аммония, магния.

Вместе с тем, несмотря на имеющийся положительный опыт использования фосфатов в производстве пищевых продуктов, отноше-

ние к ним неоднозначно. С одной стороны, применение этих пищевых добавок оправдано с точки зрения производителей, поскольку доказана их эффективность в отношении улучшения качественных показателей готовой продукции и увеличения её выхода. С другой стороны, развитие заболеваний, обусловленных нарушением кальциево-фосфорного обмена, многие специалисты связывают с употреблением в пищу продуктов, выработанных с использованием фосфатов [Спиричев, Белковский, 1989]. В связи с этим актуальным является поиск путей сокращения использования этих соединений за счёт применения физических способов обработки сырья на различных стадиях технологического процесса.

Одним из перспективных физических способов обработки сырья является способ, основанный на использовании механических колебаний ультразвукового (УЗ) диапазона. Благодаря своей способности изменять свойства сырья и готовой продукции посредством механического и электрохимического действия ультразвуковых колебаний на компоненты обрабатываемого сырья, ультразвук находит применение в различных отраслях пищевой промышленности [Беззубов и др., 1964, Бобылёв, 1999].

Согласно литературным данным ультразвуковые колебания наиболее эффективны в технологических процессах, в которых используется вода, так как вследствие распространения в ней механических колебаний ультразвуковой частоты возникает явление кавитации. При этом разрешённый диапазон рабочих частот, используемых для обработки сырья животного происхождения, может варьировать от 22 до 44 кГц, поскольку в этом диапазоне легко реализуются амплитуды колебаний 30–70 мкм, обеспечивающие максимальную производительность процесса [Физические основы ультразвуковой технологии, 1970]. Одновременно, с целью реализации явления кавитации в воде необходимо применять ультразвуковые колебания с интенсивностью 1–10 Вт/см². Использование УЗ большей интенсивности способствует образованию на поверхности рабочего инструмента кавитационного облака (большого количества воздушных пузырьков), препятствующего передаче ультразвуковых колебаний в объём.

Целью настоящей работы являлась разработка оптимальных режимов УЗ-обработки крабового сырья при производстве варёно-мороженных конечностей краба, обеспечивающих повышение качественных показателей готовой продукции и увеличение её выхода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектами исследований являлись краб камчатский (*Paralithodes camtschaticus*) и продукты его переработки — конечности краба-сырца в панцире и конечности варёно-мороженных в панцире. Вырабатывали продукцию и заготавливали образцы для исследований на промысловых краболовных судах ОАО «Дальрыба» и в береговых условиях СПК РК

«Восход» и ООО «Вирма» из самцов камчатского краба промыслового размера, выловленных в период путины в Западно-Камчатской и Северо-Охотоморской (Шантарский район) подзонах Охотского моря, в Западном районе Баренцева моря (район Рыбачьей банки).

Эксперименты по оптимизации режимов УЗ-обработки крабового сырья выполнялись в береговых условиях ООО «Вирма» (г. Мурманск) и лаборатории нормирования ФГУП «ВНИРО», аналитические исследования сырья и готовой продукции проводили в лаборатории нормирования ФГУП «ВНИРО».

Ранее проведёнными исследованиями установлено, что использование УЗ в технологии варёно-мороженных конечностей краба для улучшения качественных показателей и увеличения выхода готовой продукции наиболее эффективно при мойке крабового сырья перед варкой [Яричевская и др., 2011]. В связи с этим технологическая схема эксперимента включала следующие этапы. Выловленного камчатского краба-сырца разделявали, удаляли внутренности и зачищали от жабр. Выделенные конечности в панцире помещали в специальную УЗ-ванну погружного типа, наполненную водой температурой не выше 15 °С. УЗ-обработку конечностей проводили в процессе их мойки при средней рабочей частоте УЗ 35 кГц, интенсивности излучения от 2 до 7 Вт/см² в течение 10–20 мин. Опытные образцы замораживали воздушным способом в скороморозильном аппарате с принудительной циркуляцией воздуха в течение 2,5 ч при температуре минус 32 °С, хранили образцы готовой продукции при температуре не выше минус 18 °С.

Оптимизацию режимов УЗ-обработки крабовых конечностей проводили с использованием метода математического планирования экспериментов по униформ-рототабельному плану второго порядка для двух варьируемых факторов.

За основные факторы, определяющие влияние УЗ на качественные показатели и выход варёно-мороженных конечностей, были приняты X_1 — продолжительность УЗ-обработки крабового сырья, (τ , мин) и X_2 — интенсивность УЗ, (I, Вт/см²). Интервалы варьирования основных факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Интервалы варьирования факторов

№ п/п	В безразмерных величинах		В натуральном выражении	
	X_1	X_2	τ , мин	I , Вт/см ²
1	-1	-1	10	2,8
2	-1	1	10	6,3
3	1	-1	20	2,8
4	1	1	20	6,3
5	1,414	0	22,07	4,7
6	-1,414	0	7,93	4,7
7	0	-1,414	15	2,1
8	0	1,414	15	7
9	0	0	15	4,7

Границы варьирования факторов были установлены, исходя из технологических ограничений производства варёно-мороженных крабовых конечностей и технических характеристик используемого УЗ-оборудования.

Влияние варьируемых факторов на качественные характеристики мяса конечностей краба при УЗ-обработке оценивали по следующим показателям: Y_1 — белково-водный коэффициент (БВК); Y_2 — коэффициент растворимого азота (КРА); Y_3 — нежность мяса краба (Н, см²/г N); Y_4 — водоотдача мяса краба (В, см²/г); Y_5 — выход продукции (B_n , %).

Отбор проб для определения физико-химических показателей проводили по ГОСТ 31339 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приёмки и методы отбора проб», подготовку средней пробы — по ГОСТ 7636.

Химический состав мышечной ткани краба-сырца и готовой продукции исследовали по ГОСТ 7636 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа». Массовую долю белковых веществ определяли по методу Къельдаля на автоматическом анализаторе азота «Къельтек 1030» (Tecator, Швеция), содержание воды — методом высушивания навески до постоянной массы при температуре 105 °С.

При определении коэффициента растворимого азота (КРА) рассчитывали количество растворимого азота в процентах от общего азота (N) [Литвинова, Антипова, 2009].

Белково-водный коэффициент (БВК) мышечной ткани краба определяли как отношение массовой доли белка к массовой доле воды в навеске.

Величину водоотдачи и показатель нежности мяса конечностей краба определяли по методу Грау и Хамма в разработке ВНИИМП [Воловинская, Кельман, 1960]. Навеску фарша прессовали 10 мин, затем фиксировали контуры пятен на фильтровальной бумаге от выделившегося тканевого сока и навески мяса краба после прессования.

Водоотдачу мяса конечностей краба вычисляли по разности площадей пятен от тканевого сока и навески фарша после прессования, отнесенной к массе навески фарша до прессования по формуле (1):

$$B = \frac{S - S_1}{0,3}, \text{ (см}^2\text{/г)}, \quad (1)$$

где S — площадь пятна от выделившегося тканевого сока на фильтровальной бумаге, см²;

S_1 — площадь, занимаемая остатком мяса после прессования, см².

Нежность мышечной ткани конечностей краба вычисляли по формуле (2):

$$H = \frac{S_1 \times 100}{0,3 \times N}, \text{ (см}^2\text{/г} \cdot \text{N)}, \quad (2)$$

где S_1 — площадь, занимаемая остатком мяса после прессования, см²;

0,3 — навеска фарша мяса краба, г;

N — содержание общего азота в мясе краба, %.

Выход готовой продукции определяли, руководствуясь «Методиками определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов» [2002] с использованием «Комплекса компьютерных программ для обработки результатов опытно-контрольных работ при производстве мороженой продукции из крабов».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучен общий химический состав (табл. 2) мышечных тканей конечностей камчатского краба-сырца, выловленного в Западно-Камчатской и Северо-Охотоморской подзонах Охотского моря и Баренцевом море, проведён сравнительный анализ полученных результатов с литературными данными по химическому составу мышечной ткани краба синего (*Paralithodes platypus*) и краба-стригуна Опилио (*Chionoecetes opilio elongatus*).

Анализ данных табл. 2 показал, что мышечная ткань обеих популяций камчатского краба, выловленного в Охотском море, характеризуется несколько большим содержанием белка (в среднем на 3,4%) и меньшим содержанием воды, по сравнению с мышечной тканью акклиматизированного краба, где данные показатели составляют в среднем 13,8 и 82,0% соответственно. По содержанию жира и мине-

ральных веществ мышечная ткань исследуемых крабов достоверно не различается.

Результаты проведённых нами исследований подтверждают имеющиеся в литературных источниках сравнительные данные по химическому составу камчатского краба дальневосточных популяций и Баренцева моря [Lebskaya, Dvinin, 1997].

Сравнительный анализ полученных данных с литературными данными по показателям химического состава других промысловых видов крабов продемонстрировал, что по содержанию белка мышечная ткань камчатских крабов Охотского моря схожа с мышечной тканью краба синего — до 17,9%. Максимальное количество воды присутствует в мышечной ткани краба-стригуна Опилио — до 83,4%, минимальное — в мышечной ткани камчатского краба Западно-Камчатской подзоны Охотского моря — до 78,7%. По содержанию жира и золы мышечная ткань камчатского краба разных районов промысла практически не отличается от мышечной ткани синего и краба-стригуна Опилио, но содержит больше углеводов.

Таким образом, результаты проведённых нами исследований свидетельствуют о том, что мышечная ткань баренцевоморского камчатского краба содержит меньше белка и больше воды по сравнению с крабами дальневосточных популяций.

Таблица 2. Химический состав мышечных тканей конечностей краба-сырца

Объект исследования	Содержание, %				
	воды	белка (N 6,25)	жира	золы	гликогена
Краб камчатский Охотского моря					
Западно-Камчатской подзоны	78,5 ± 0,2	17,4 ± 0,6	0,7 ± 0,2	1,8 ± 0,1	1,6 ± 0,1 ¹
Северо-Охотоморской подзоны (Шантарский район)	78,8 ± 0,1	16,9 ± 1,2	0,8 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,2 ¹
Краб камчатский Баренцева моря					
	82,0 ± 0,7	13,8 ± 0,5	0,9 ± 0,1	1,9 ± 0,1	1,4 ± 0,1 ¹
Краб синий² (<i>Paralithodes platypus</i>)	80,3 ± 1,3	16,1 ± 1,8	0,8 ± 0,3	1,6 ± 0,5	0,5 ± 0,2
Краб-стригун Опилио² (<i>Chionoecetes opilioelongatus</i>)	82,2 ± 1,2	14,7 ± 1,5	0,5 ± 0,2	1,7 ± 0,3	1,1 ± 0,1

Примечания.

1. Содержание гликогена рассчитано по разности.

2. Справочные данные [Справочник по химическому составу..., 1999].

Вместе с тем содержание жира и минеральных веществ в северном крабе сопоставимо с содержанием этих компонентов в мясе дальневосточных крабов, что в определённой мере свидетельствует о сходстве их химического состава и позволяет использовать УЗ для обработки крабового сырья вне зависимости от района промысла.

Высокое содержание белка (до 18,0%) и малое количество липидов (до 1,0%) (табл. 2) позволяют отнести мясо краба к типичному белковому продукту, при этом следует отметить, что в процессе технологической обработки сырья именно белки мышечной ткани краба подвергаются наиболее существенным изменениям. В отличие от всех других присутствующих в клетках соединений белки характеризуются способностью к денатурации. Это проявляется в резком снижении их растворимости, уменьшении способности к набуханию, удержанию тканевого сока в мышцах, что приводит к изменению качества готового продукта.

Растворимость белка в значительной степени зависит от его фракционного состава, степени денатурации, деструкции и модификации, поэтому данный показатель используют для первичной оценки качества пищевого белка [Литвинова, Антипова, 2009].

Показателем, характеризующим технологические свойства мышечной ткани, в частности её плотности и водоудерживающей способности (ВУС), является белково-водный коэффициент (БВК). Чем выше БВК, тем плотнее консистенция мышечной ткани и выше её ВУС [Леванидов и др., 1987].

При содержании в мышечной ткани менее 10% азотистых веществ (низкобелковое сырьё) БВК составляет от 0,072 до 0,084. Мышечная ткань, содержащая от 10 до 15% азотистых веществ (среднебелковое сырьё), имеет БВК от 0,130 до 0,180. Для сырья, в котором содержится от 15 до 20% белка, БВК варьирует от 0,241 до 0,261, в сырье с содержанием белка свыше 20% (высокобелковое) — от 0,264 до 0,374.

При оптимизации режимов УЗ-обработки крабовых конечностей с помощью программы для статистической обработки данных «Statistica 6.0» было получено уравнение 3, описывающее изменение КРА в зависимости от продолжительности воздействия и интенсивности УЗ:

$$\text{КРА} = A \times (-67,04 + 9,12 \times \tau' + 17,62 \times I' - 0,32 \times \tau'^2 + 0,12 \times \tau' \times I' - 2,33 \times I'^2), \quad (3)$$

где КРА — коэффициент растворимого азота, не имеет размерности;

τ — продолжительность УЗ-обработки, мин;

I — интенсивность УЗ, Вт/см²;

τ' и I' — относительные величины:

$$\tau' = \tau_{\text{уст.}} / \tau, \text{ при } \tau = 1;$$

$$I' = I_{\text{уст.}} / I, \text{ при } I = 1;$$

A — эмпирический коэффициент, не имеющий размерности и равный 1.

Поверхность отклика и изолинии сечения, построенные по данному уравнению, представлены на рис. 1, а, б.

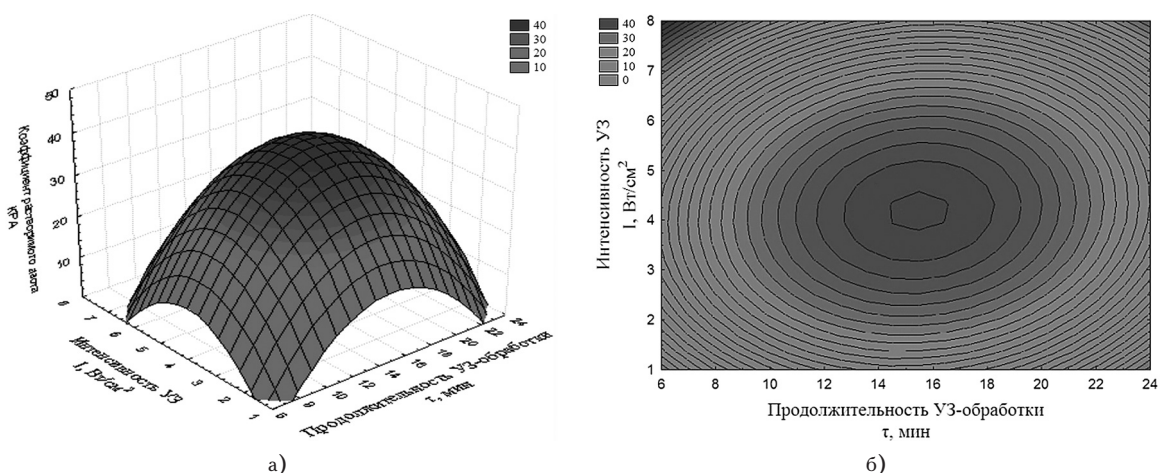


Рис. 1. Изменение КРА мяса конечностей краба в зависимости от продолжительности УЗ-обработки и интенсивности излучения УЗ

Анализируя данные рис. 1 (а, б), можно отметить, что КРА мышечной ткани краба возрастает с увеличением основных факторов, при этом максимальные значения КРА (29,8–39,6) отмечены при продолжительности УЗ-обработки от 12 до 19 мин и интенсивности УЗ-излучения от 3 до 5,5 Вт/см². Вместе с тем при дальнейшем увеличении интенсивности УЗ до 7 Вт/см² и продолжительности обработки свыше 22 мин наблюдается постепенное снижение данного показателя.

Аналогичным образом получено уравнение 4, описывающее изменение БВК мышечной ткани краба в зависимости от используемых режимов УЗ-обработки:

$$\text{БВК} = A \times (-0,12 + 0,27 \times 10^{-1} \times \tau' + 7,15 \times 10^{-2} \times I' - 0,07 \times 10^{-2} \times \tau'^2 - 0,14 \times 10^{-2} \times \tau' \times I' - 0,62 \times 10^{-2} \times I'^2), \quad (4)$$

где БВК — белково-водный коэффициент, не имеет размерности;

τ — продолжительность УЗ-обработки, мин;

I — интенсивность УЗ, Вт/см²;

τ' и I' — относительные величины:

$$\tau' = \tau_{\text{уст.}} / \tau, \text{ при } \tau = 1;$$

$$I' = I_{\text{уст.}} / I, \text{ при } I = 1;$$

A — эмпирический коэффициент, не имеющий размерности и равный 1.

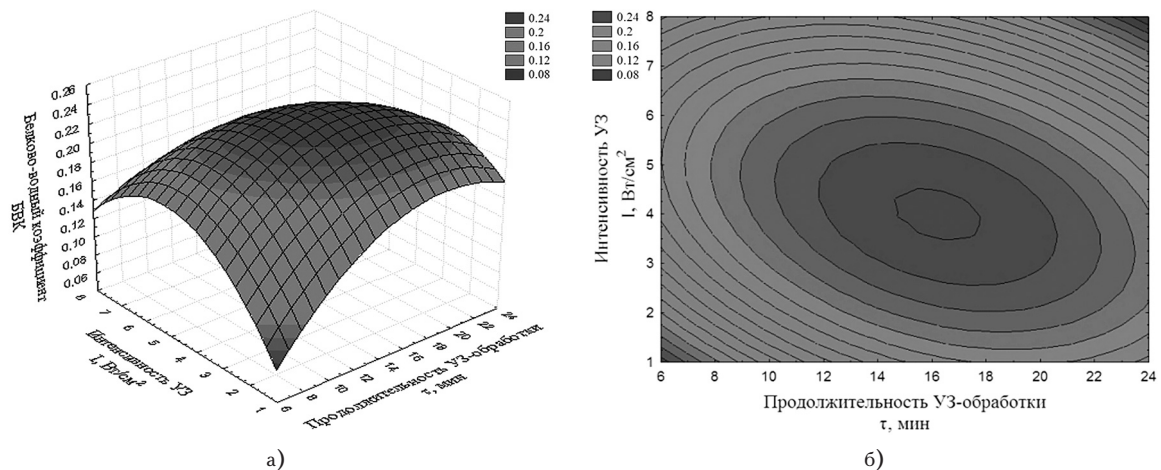


Рис. 2. Изменение БВК мяса конечностей краба в зависимости от продолжительности УЗ-обработки и интенсивности излучения УЗ

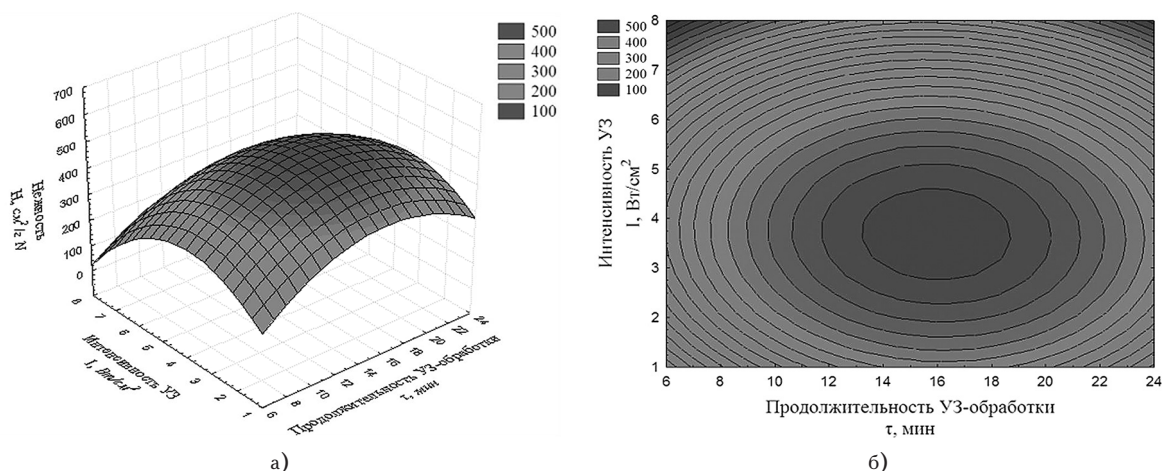


Рис. 3. Изменение показателя нежности мяса конечностей краба в зависимости от продолжительности УЗ-обработки и интенсивности излучения УЗ

Поверхность отклика и изолинии сечения, построенные по данному уравнению, представлены на рис. 2 а, б.

Анализ уравнения 4 и построенных по нему поверхности отклика (рис. 2, а) и изолиний её сечения (рис. 2, б) показал, что БВК мышечной ткани краба достигает максимальных значений (0,222–0,238) при продолжительности УЗ-обработки крабовых конечностей от 10 до 22 мин и интенсивности УЗ-излучения от 2 до 6 Вт/см².

Известно, что протекание денатурационных процессов в мышечной ткани крабов при технологической обработке крабового сырья также проявляется в интенсивной потере тканевого сока, в результате чего конечный продукт приобретает суховатую консистенцию без признаков нежности. В ходе исследования нами было изучено изменение показателя нежности (H , см²/г N) мяса краба в зависимости от заданных режимов УЗ, описываемое уравнением 5:

$$H = A \times (-242,73 + 63,79 \times \tau' + 135,19 \times I' - 1,94 \times \tau'^2 - 0,48 \times \tau' \times I' - 17,31 \times I'^2), \quad (5)$$

где H — нежность мышечной ткани краба, см²/г N;

τ — продолжительность УЗ-обработки, мин;

I — интенсивность УЗ, Вт/см²;

τ' и I' — относительные величины:

$$\tau' = \tau_{уст.} / \tau, \text{ при } \tau = 1;$$

$$I' = I_{уст.} / I, \text{ при } I = 1;$$

A — эмпирический коэффициент, имеющий размерность см²/г N и равный 1.

Графическая интерпретация полученного уравнения представлена на рис. 3, а, б.

Данные рис. 3 (а, б) свидетельствуют о том, что при продолжительности УЗ-обработки от 10,5 до 21 мин и интенсивности УЗ-излучения от 2 до 5,5 Вт/см² мясо конечностей краба характеризуется наибольшими показателями нежности — 494–583 см²/г N.

Одновременно было получено уравнение 6, характеризующее изменение величины влагоотдачи (B , см²/г) мышечной ткани краба при УЗ-обработке:

$$B = A \times (119,11 - 8,58 \times \tau' - 15,78 \times I' + 0,29 \times \tau'^2 + 0,15 \times 10^{-1} \times \tau' \times I' + 1,87 \times I'^2), \quad (6)$$

где B — влагоотдача мышечной ткани краба, см²/г;

τ — продолжительность УЗ-обработки, мин;

I — интенсивность УЗ, Вт/см²;

τ' и I' — относительные величины:

$$\tau' = \tau_{уст.} / \tau, \text{ при } \tau = 1;$$

$$I' = I_{уст.} / I, \text{ при } I = 1;$$

A — эмпирический коэффициент, имеющий размерность см²/г и равный 1.

На рис. 4 (а, б) представлены поверхность отклика и изолинии её сечения, описываемые данным уравнением.

Установлено, что при продолжительности УЗ-обработки в диапазоне 10,5–19 мин и интенсивности 2,5–6 Вт/см² мышечная ткань

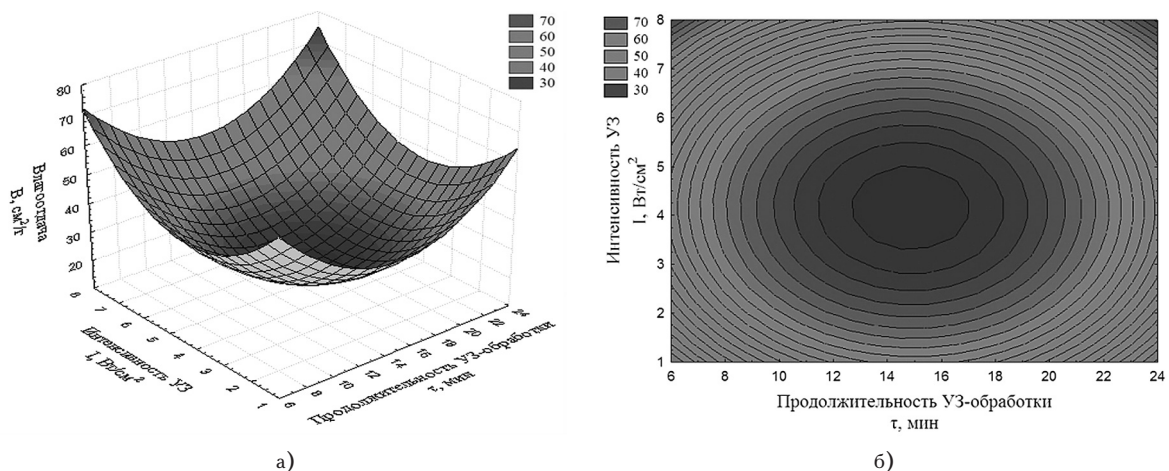


Рис. 4. Изменение величины влагоотдачи мяса конечностей краба в зависимости от продолжительности УЗ-обработки и интенсивности излучения УЗ

краба имеет наименьшие значения величины влагоотдачи.

Наряду с обеспечением высоких качественных показателей крабовой продукции существенным является увеличение её выхода. Поэтому был изучен характер изменения выхода варёно-мороженных конечностей краба в зависимости от используемых режимов УЗ согласно полученному уравнению 7:

$$B_n = A \times (7,06 + 3,87 \times \tau' + 14,84 \times I' - 0,12 \times \tau'^2 - 0,02 \times \tau' \times I' - 1,71 \times I'^2), \quad (7)$$

где B_n — выход готовой продукции, %;

τ — продолжительность УЗ-обработки, мин;

I — интенсивность УЗ, Вт/см²;

τ' и I' — относительные величины:

$$\tau' = \tau_{\text{ист.}} / \tau, \text{ при } \tau = 1;$$

$$I' = I_{\text{ист.}} / I, \text{ при } I = 1;$$

A — эмпирический коэффициент, имеющий размерность % и равный 1.

Графическая интерпретация полученного уравнения представлена на рис. 5 (а, б).

Анализ поверхности отклика и изолиний её сечения, описываемых уравнением 7, показывает, что максимальный выход варёно-мороженных конечностей наблюдается при следующих значениях основных варьируемых факторов: продолжительности УЗ-обработки 11,5–21 мин и интенсивности УЗ 3,0–5,5 Вт/см².

При сравнительной оценке эффективности использования УЗ и фосфатов в технологии мороженой продукции из крабов [Яричевская и др., 2012] установлено (табл. 3) возрастание количества связанной воды в мышечной ткани краба как под действием УЗ, так и при использовании фосфатов, по сравнению с мясом краба без обработки (контроль).

Наибольшее содержание связанной воды (33,4%) было отмечено в мясе краба, обработанном УЗ, что свидетельствует о высокой степени гидратации мышечных белков. Одно-

Таблица 3. Физико-химические показатели мяса варёно-мороженных конечностей камчатского краба различных способов обработки

Способ обработки	Содержание воды, %			ВУС
	$W_{\text{общ.}}$	$W_{\text{своб.}}^*$	$W_{\text{связ.}}^*$	%
Контроль (без обработки)	82,5±0,1	74,8±0,1	25,2±0,2	68,3
Обработка фосфатами	81,4±0,1	71,2±0,2	28,8±0,2	75,8
Обработка УЗ	81,1±0,2	66,6±0,2	33,4±0,5	74,1

Примечание. * — в % к общему содержанию воды.

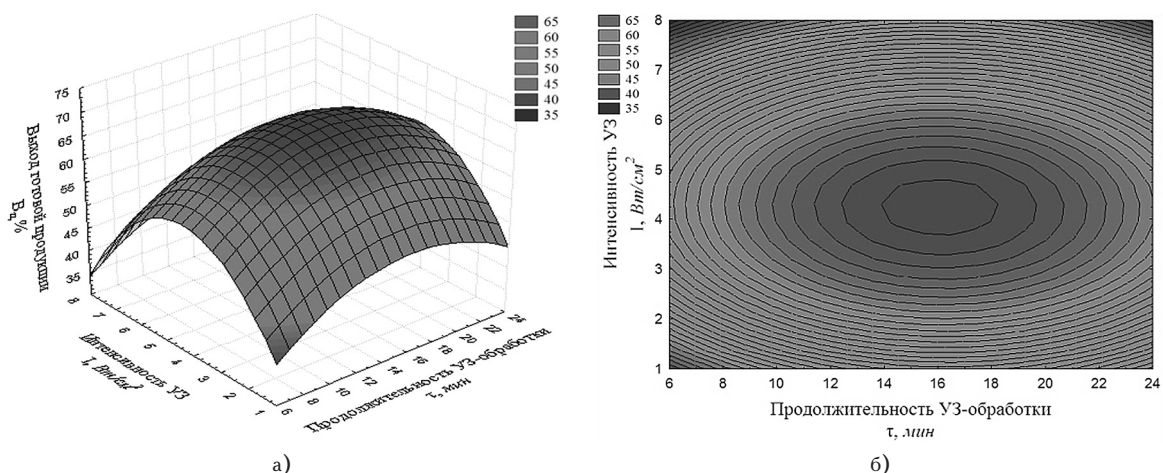


Рис. 5. Изменение выхода варёно-мороженных конечностей краба в зависимости от продолжительности УЗ-обработки и интенсивности излучения УЗ

временно установлено, что обработка крабовых конечностей УЗ или фосфатами способствует увеличению ВУС мяса краба по сравнению с контролем в среднем на 6,0%, что обусловлено изменением ионной силы свободной воды, содержащейся в мышечной ткани крабов.

Выход варёно-мороженных крабовых конечностей, выработанных с использованием УЗ, составил 68,2%, что на 6,3% выше, чем по традиционной технологии (61,9%) и на 1,1%, чем при обработке фосфатами (67,1%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено отсутствие существенных различий в химическом составе мышечной ткани камчатского краба различных районов промысла, что в определённой мере свидетельствует об аналогии исследуемых показателей, это позволяет использовать УЗ для обработки крабового сырья вне зависимости от районов промысла.

Определён диапазон режимных параметров УЗ-обработки крабовых конечностей при мойке: продолжительность УЗ-воздействия в течение 10–22 мин при интенсивности УЗ-излучения от 2 до 6 Вт/см², при которых отмечены максимальные значения качественных показателей готовой продукции, таких, как: КРА — 39,6; БВК — 0,238; нежность мяса краба — 583 см²/г Н; при этом величина влагоотдачи мышечной ткани краба снизилась до 30 см²/г по сравнению с продукцией, выработанной по традиционной технологии.

При оценке эффективности использования УЗ и фосфатов в технологии варёно-мороженных конечностей крабов выявлена идентичность воздействия данных способов обработки на крабовое сырьё, что позволит рассматривать УЗ-обработку как альтернативный способ, исключаящий применение фосфатов.

ЛИТЕРАТУРА

- Беззубов А. Д., Гарлинская Е. И., Фридман Б. М. 1964. Ультразвук и его применение в пищевой промышленности. М.: Пищевая промышленность. 196 с.
- Бобылёв Б. К. 1999. Физические факторы, влияющие на обработку гидробионтов в акустическом и ультразвуковом полях // Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз. Вып. 12. С. 143–147.
- Воловинская В. П., Кельман Б. Я. 1960. Определение влагопоглощаемости мяса // Мясная индустрия СССР. № 6. С. 47–48.
- Ким Э. Н., Холоша О. А., Лаптева Е. П., Глебова Е. В. 2006. Использование пищевых добавок при производстве продукции из гидробионтов // Известия ТИНРО. Т. 145. С. 328–337.
- Леванидов И. П., Ионас Г. П., Слуцкая Т. Н. 1987. Технология солёных, копчёных и вяленых рыбных продуктов. М.: Агропромиздат. 157 с.
- Литвинова Е. В., Антипова Л. В. 2009. Белки: роль в питании и формировании качества кулинарной продукции. Орёл: Картуш-ПФ. С. 129–137.
- Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов. 2002. М.: Изд-во ВНИРО. С. 107–112.
- Сарафанова Л. А. 2007. Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы. СПб: Профессия. 256 с.
- Спиричев В. Б., Белаковский М. С. 1989. Фосфор в рационе современного человека и возможные последствия не сбалансированного с кальцием потребления // Вопросы питания. № 1. С. 4–9.
- Федичкина Н. В. 2003. Применение фосфатов при производстве рыбопродукции / В кн.: Голубев В. Н., Кутина О. И. Справочник технолога по обработке рыбы и морепродуктов. СПб: ГИОРД. 192 с.
- Физические основы ультразвуковой технологии. 1970 // В кн: Физика и техника мощного ультразвука. Т. 3. М.: Наука. 266 с.
- Яричевская Н. Н., Харенко Е. Н., Бедина Л. Ф. 2012. Изменение физико-химических показателей варёно-мороженных крабов при различных способах обработки // Хранение и переработка сельхозсырья. М.: Пищевая промышленность. № 6. С. 42–44.
- Kumazawa Y., Oozaki Y., Iwami S., Matsumoto I., Arai K. 1990. Combined Protective Effect of Inorganic Pyrophosphate and Sugar on Freeze-Denaturation of Carp Myofibrillar Protein // Nippon Suisan Gairraishi. N 56. P. 105–113.
- Lebskaya T. K., Dvinin Yu. F. 1997. Assessment of the Chitin-Rich Fraction from Kamchatka Crab (*Paralithodes camtschatica*) Acclimatized in the Barents Sea // Chitin handbook. Grottammare. P. 495–499.
- Park J. W., Lanier T. C. 1987. Combined Effects of Phosphates and Sugar or Polyol on Protein Stabilization of Fish Myofibrils // J. Food Sci. N 52. P. 1509–1513.

Поступила в редакцию 05.08.13 г.
Принята после рецензии 17.01.15 г.

Development of Optimum Parameters of Ultrasonic Processing of Crab Raw Materials in Technology of Frozen Production from Crabs

N. N. Yarichevskaya; E. N. Kharenko; L. F. Fomicheva

Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO, Moscow)

Using the method of mathematical planning of experiments on uniform-rotatable plan of the second order for two variable factors optimized ultrasonic treatment crab limbs that will allow to eliminate food phosphates, used as water-binding agents to improve the quality of the finished product and increase its output and, thereby, to avoid possible negative effects on the human organism. For the main factors that determine the effect of ultrasonic on the quality indicators and yield of cooked-frozen limbs are taken the duration of the ultrasonic treatment of crab raw and the intensity of ultrasound.

Key words: ultrasonic, crabs, optimal ultrasound treatment, quality indicators, yield.