

**ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ САЛАТОВ ИЗ ЛАМИНАРИИ***B.B. Гершунская¹, Л.С. Абрамова^{1,2}, Т.В. Гержова³*¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)² Российский университет дружбы народов (РУДН, г. Москва)³ ООО «Триада-Покоторг» (г. Москва)

e-mail: protein@vniro.ru

Продукция из морской капусты в качестве природного источника йода может быть рекомендована для групповой профилактики йододефицитных заболеваний, в том числе у детей. Авторами обоснованы некоторые технологические параметры изготовления салатов из ламинарии для питания детей в организованных коллективах. В соответствии с традиционной технологической схемой процесс набухания и мойки сушёной ламинарии занимает значительное количество времени и требует большого расхода воды. С целью установления рациональных параметров проведены модельные эксперименты, в которых была проанализирована зависимость набухания ламинарии от температуры воды, соотношения «ламинария: вода» (гидромодуля), времени мойки. Обоснование режимов процесса набухания—мойки проводили в три этапа с применением метода математического планирования эксперимента по униформ-ротатабельному плану второго порядка. Совмещённый процесс набухания—мойки ламинарии проводили как в одну стадию, так и в несколько стадий (от одной до четырёх). Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с помощью программы Statistica 6.0. В качестве сырья использована ламинария сушёная шинкованная, отвечающая всем требованиям по показателям безопасности. Содержание йода в образце составляло 0,351% на сухое вещество, что является достаточным для обеспечения высокого содержания йода в готовой продукции, несмотря на потери этого микроэлемента на различных этапах технологического процесса. В процессе исследования выявлены рациональные режимы процесса набухания—мойки для сушёной капусты: продолжительность — 1800 с (три цикла по 600 с), температура воды — 40–45 °С и соотношение ламинария: вода — 1:10. Использование аппарата с реверсивной мешалкой позволило реализовать циклический процесс, сократить продолжительность этапов набухания и мойки, снизить расход воды и таким образом повысить экономическую эффективность технологии. Подобранные режимы рекомендованы для промышленного освоения и успешно внедрены в цехе экспериментальных производств ВНИРО.

Ключевые слова: салаты из ламинарии, процесс набухания—мойки, степень набухания, потери.**ВВЕДЕНИЕ**

В соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года» (утверждены распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 октября

бюджетного 2010 г. № 1873-р) особое внимание должно уделяться питанию детей в организованных коллективах, предусматривающему включение в рацион безопасных и гарантированного качества пищевых продуктов, которые соответствуют их возрастным, физиологическим

потребностям в пищевых веществах и энергии, отвечают принципам сбалансированности и рациональности, способствуют профилактике микронутриентной недостаточности.

Продукция из морской капусты в качестве природного источника йода может быть рекомендована для групповой профилактики йододефицитных заболеваний. В соответствии с рационаами питания детей в организованных коллективах предусматривается использование салатов, содержащих морскую капусту [Абрамова и др., 2014].

В соответствии с традиционной технологической схемой основными стадиями процесса изготовления салатов из сушёной ламинарии являются её набухание, мойка и стекание, варка, измельчение. В основном используют сушёные слоевища, которые первоначально замачивают в воде при соотношении слоевища: вода 1:4. Продолжительность замачивания составляет от 4 до 6 ч в зависимости от вида водоросли, размера слоевищ и температуры воды [Сборник технологических инструкций..., 2012]. Затем морскую капусту моют в проточной воде, протирая каждое слоевище щетками для удаления песка, слизи и других загрязнений и окончательно ополаскивают водоросли под душем. Таким образом, процесс набухания и мойки занимает значительное количество времени и требует большого расхода воды.

Целью настоящих исследований являлось обоснование рациональных параметров технологического процесса набухания и мойки сушёной ламинарии для производства специализированных салатов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В качестве сырья использованы коммерческие образцы ламинарии сушёной шинкованной (Китай), отвечающие всем требованиям по показателям безопасности.

С целью установления рациональных параметров технологического процесса набухания и мойки ламинарии проведены модельные эксперименты, в которых была проанализирована зависимость набухания ламинарии от температуры воды, соотношения «ламинария: вода» (гидромодуля), времени мойки. Температура воды составляла 20, 40, 60 °С, гидро-

модуль — 1:6, 1:9, 1:12. Время изменяли от 600 до 2400 с. Совмещённый процесс набухания—мойки ламинарии проводили как в одну стадию, так и в несколько стадий (от одной до четырёх). При использовании многостадийного процесса каждую стадию проводили по 600 с, меняя каждый раз воду в количестве, равном заданному модулю и с определённой температурой. В течение одностадийного процесса количество промывочной воды соответствовало общему количеству воды, которое использовали при многостадийном процессе. В образцах определяли степень набухания по соотношению массы образцов до и после мойки. Разница в содержании сухих веществ в образцах ламинарии до и после мойки, выраженная в процентах, характеризовала количество общих потерь и свидетельствовала об эффективности удаления песка, слизи и других загрязнений. Содержание сухих веществ определяли согласно ГОСТ 26185—84.

Обоснование рациональных режимов процесса набухания—мойки проводили в 3 этапа с применением метода математического планирования эксперимента по униформ-ротатабельному плану второго порядка [Спирин, Лавров, 2004]. Сначала была определена зависимость степени набухания ламинарии и количества потерь от температуры воды и продолжительности процесса набухания—мойки, на втором этапе — зависимость степени набухания ламинарии и количества потерь от гидромодуля и температуры воды, на третьем этапе — зависимость степени набухания ламинарии и количества потерь от гидромодуля и продолжительности процесса набухания—мойки.

При моделировании для проведения математической обработки данных значение гидромодуля (соотношение ламинария: вода), равное 1:6, 1:9 и 1:12, выражали в процентах как содержание ламинарии в воде — 14,3; 10,0 и 7,7% соответственно.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с помощью программы Statistica 6.0 [Боровиков, 2003]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нами предложена технология, согласно которой проводили совмещение этапов набухания и мойки (далее — процесс набухания—мойки).

Процесс проводили в промывочном аппарате с реверсивной мешалкой.

Результаты проведённых исследований по установлению зависимости степени набухания ламинарии и потерь от параметров процесса набухания—мойки приведены в таблице 1.

Из представленных данных видно, что цесообразнее проводить процесс набухания—мойки в несколько стадий, меняя каждый раз воду, так как в одну стадию не происходит полного набухания ламинарии, она остаётся относительно грязной (по сравнению с многостадийным процессом) независимо от времени. Например, образец 7, который промывали в одну стадию 2400 с при температуре 20 °C, имел степень набухания 4,09, потерю

49,8%; а у образца 4, который промывали 4 раза по 600 с, степень набухания составила 4,88, потерю 55,4%. Для других условий набухания—мойки при температурах 20, 40 °C, при различном времени и модулях наблюдалась аналогичная картина. В связи с этим было рекомендовано осуществлять процесс набухания—мойки в несколько стадий, меняя каждый раз воду.

Математическое моделирование совместного процесса набухания—мойки проводили в соответствии с данными, приведёнными в таблице 2.

Матричный план интервалов варьирования факторов, таких как температура T (°C), продолжительность процесса τ (с), содержа-

Таблица 1. Зависимость степени набухания ламинарии и потерь от параметров процесса набухания—мойки

Продолжительность процесса набухания—мойки	Номер образца	Степень набухания	Потери, %	Номер образца	Степень набухания	Потери, %	Номер образца	Степень набухания	Потери, %
Соотношение ламинария: вода = 1:6 (содержание ламинарии в воде 14,3%)									
600 с	1	2,68	40,60	22	3,21	34,40	43	3,71	35,00
600 с×2 цикла	2	3,21	52,20	23	3,86	46,00	44	3,79	49,40
600 с×3 цикла	3	4,26	53,00	24	4,81	50,60	45	5,12	55,00
600 с×4 цикла	4	4,88	55,40	25	5,85	51,20	46	5,75	55,80
1200 с	5	3,18	48,20	26	4,19	41,40	47	4,38	41,40
1800 с	6	3,94	49,00	27	4,65	45,40	48	5,36	44,80
2400 с	7	4,09	49,80	28	4,93	48,80	49	5,12	51,00
Соотношение ламинария: вода = 1:9 (содержание ламинарии в воде 10,0%)									
600 с	8	2,89	43,80	29	3,32	44,80	50	3,68	41,60
600 с×2 цикла	9	4,01	50,00	30	4,55	53,20	51	4,58	53,00
600 с×3 цикла	10	5,25	55,00	31	5,82	58,00	52	5,87	55,40
600 с×4 цикла	11	5,55	59,40	32	6,10	61,20	53	6,62	57,60
1200 с	12	3,57	51,20	33	4,18	51,00	54	4,44	50,60
1800 с	13	4,22	52,40	34	4,73	52,00	55	5,26	52,80
2400 с	14	4,35	52,60	35	4,91	52,40	56	5,40	50,00
Соотношение ламинария: вода = 1:12 (содержание ламинарии в воде 7,7%)									
600 с	15	3,35	44,00	36	3,77	44,60	57	3,69	48,40
600 с×2 цикла	16	4,34	54,60	37	5,05	56,40	58	4,77	56,80
600 с×3 цикла	17	5,85	56,40	38	6,31	57,80	59	6,65	61,80
600 с×4 цикла	18	6,41	56,00	39	7,41	57,60	60	6,83	62,40
1200 с	19	4,05	50,80	40	4,94	46,20	61	4,92	52,20
1800 с	20	4,27	55,60	41	5,60	48,40	62	4,93	55,00
2400 с	21	4,91	53,80	42	5,98	47,40	63	5,46	56,00

— температура мойки 20 °C; — температура мойки 40 °C; — температура мойки 60 °C

Таблица 2. Характеристики технологических параметров процесса набухания—мойки ламинарии для математического моделирования

Технологические параметры	Размерность параметров	Интервал варьирования	Уровень варьирования		
			Нижний (-1)	Средний (0)	Верхний (+1)
Температура (T)	°C	20–60	20	40	60
Продолжительность (τ)	с	600–2400	600	1500	2400
Содержание ламинарии в воде при набухании-мойке (C)	%	7,7–14,3	7,7	11,0	14,3

Таблица 3. Интервалы варьирования факторов

Наименование факторов	В безразмерном виде		В натуральном виде	
	X1	X2	T	τ
Температура и продолжительность	-1	-1	20	600
	-1	+1	20	2400
	+1	-1	60	600
	+1	+1	60	2400
	1,414	0	68	1500
	-1,414	0	12	1500
	0	-1,414	40	227
	0	1,414	40	2773
	0	0	40	1500
	-1	-1	7,7	20
Содержание ламинарии в воде (при набухании—мойке) и температура	-1	+1	7,7	60
	+1	-1	14,3	20
	+1	+1	14,3	60
	1,414	0	15,7	40
	-1,414	0	6,3	40
	0	-1,414	11,0	12
	0	1,414	11,0	68
	0	0	11,0	40
	-1	-1	7,7	600
	-1	+1	7,7	2400
Содержание ламинарии в воде (при набухании—мойке) и продолжительность	+1	-1	14,3	600
	+1	+1	14,3	2400
	1,414	0	15,7	1500
	-1,414	0	6,3	1500
	0	-1,414	11,0	227
	0	1,414	11,0	2773
	0	0	11,0	1500
	-1	-1	7,7	600
	-1	+1	7,7	2400
	+1	-1	14,3	600

ние ламинарии в воде при набухании—мойке С (%), приведены в таблице 3.

В результате реализации плана двухфакторного эксперимента и статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, описывающие зависимость степени набухания ламинарии:

от температуры и продолжительности набухания—мойки:

$$C_{\text{наб.}} = A(-0,215 + 0,0022T' + 0,0983\tau' + 6,6358E - 8T'^2 - 7,7083E - 6T'\tau' - 0,0009\tau'^2); \quad (1)$$

от содержания ламинарии в промывочной воде и температуры воды:

$$C_{\text{наб.}} = D(23,9151 - 3,3657C' + 0,0624T' + 0,1233C'^2 + 0,0024C'T' - 0,0009T'^2); \quad (2)$$

от содержания ламинарии в промывочной воде и продолжительности:

$$C_{\text{наб.}} = \Lambda(4,6202 + 0,0029C' - 0,3935\tau' - 3,7963E - 7C'^2 - 1,71E - 5C'\tau' + 0,0123\tau'^2), \quad (3)$$

где $C_{\text{наб.}}$ — степень набухания ламинарии; A, D, Λ — эмпирический коэффициент, безразмерный и равный 1; T' , C' и τ' — относительные величины; E — экспонента.

$T' = T'_{\text{ист.}} / T$, ($T = 1, ^\circ\text{C}$); $\tau' = \tau'_{\text{ист.}} / \tau$, ($\tau = 1, \text{с}$); $C' = C'_{\text{ист.}} / C$, ($C = 1, \%$).

На основании анализа уравнения (1) и его графической интерпретации (рис. 1, а) установ-

или, что рациональные значения параметров технологического процесса, при которых происходит наибольшая степень набухания ламинарии следующие: температура — $30\text{--}55\ ^\circ\text{C}$, продолжительность процесса — $1800\text{--}2400$ с; на основании анализа уравнения (2) и рисунка 1, б рациональными значениями являются содержание ламинарии $8\text{--}9\%$ (гидромодуль — 1:10) и температура $35\text{--}60\ ^\circ\text{C}$. На основании анализа уравнения (3) и его графической интерпретации (рис. 1, в) установили, что рациональные значения параметров технологического процесса, при которых происходит наибольшая степень набухания ламинарии следующие: содержание ламинарии — $8\text{--}12\%$ (гидромодуль 1:8—1:10) и продолжительность процесса — $1600\text{--}2400$ с.

Аналогично провели статистическую обработку экспериментальных данных для установления зависимости количества потерь ламинарии, то есть эффективности удаления загрязнений от продолжительности процесса набухания—мойки, температуры и количества ламинарии в промывочной воде (гидромодуля). Получены уравнения регрессии, описывающие зависимость количества потерь ламинарии:

от температуры и продолжительности процесса набухания—мойки:

$$P = B(24,1667 - 0,4025T' + 0,0397983\tau' + 0,0027T'^2 + 0,0002T'\tau' - 1,1204E - 5\tau'^2); \quad (4)$$

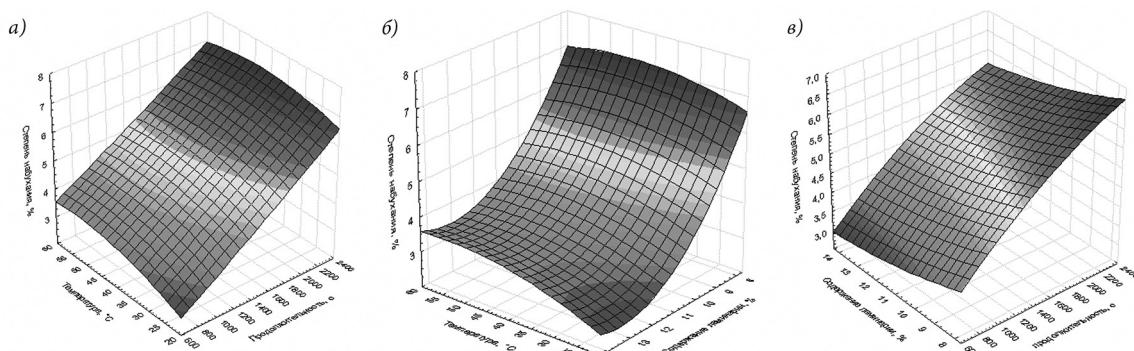


Рис. 1. Зависимость степени набухания ламинарии от температуры и продолжительности (а), содержания ламинарии в промывочной воде и температуры воды (б), содержания ламинарии в воде и продолжительности процесса набухания—мойки (в)

от содержания ламинарии в промывочной воде (гидромодуля) и температуры воды:

$$\Pi = K(55,216 + 0,8808C' + 0,3027T' - 0,1079C'^2 - 0,046C'T' + 0,0027T'^2); \quad (5)$$

от содержания ламинарии в промывочной воде и продолжительности:

$$\Pi = M(9,7005 + 0,0244C' + 5,2875\tau' - 6,5278E - 6C'^2 + 0,0003C'\tau' - 0,3215\tau'^2), \quad (6)$$

где Π — потери ламинарии, %; B, K, M — эмпирические коэффициенты, имеющие размерность (%) и равные 1; T', C' и τ' — относительные величины; $T' = T'_{\text{ист.}} / T$, ($T = 1, \text{ }^{\circ}\text{C}$); $\tau' = \tau'_{\text{ист.}} / \tau$, ($\tau = 1, \text{ с}$); $C' = C'_{\text{ист.}} / C$, ($C = 1, \%$).

На основании анализа уравнения (4) и его графической интерпретации (рис. 2, а) установили, что рациональные значения па-

раметров технологического процесса, при которых происходят наибольшие потери ламинарии, характеризующие эффективность мойки, следующие: температура — 40–55 °C, продолжительность процесса — 1600–2400 с. Согласно уравнению (5) и рисунку 2, б максимальная эффективность мойки достигается при содержании ламинарии 8–9% (гидромодуль — 1:10) и температуре воды при мойке 35–55 °C. На основании анализа уравнения (6) и его графической интерпретации (рис. 2, в) установили, что рациональные значения параметров технологического процесса, при которых происходят наибольшие потери ламинарии, следующие: содержание ламинарии — 8–12% (гидромодуль — 1:8–1:10) и продолжительность — 1500–2400 с.

Таким образом, в результате статистической обработки экспериментальных данных

Таблица 4. Сводные данные моделирования процесса набухания—мойки

Факторы варьирования	Наименование показателя		
	$T, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\tau, \text{ с}$	$C, \%$
<i>Наибольшая степень набухания</i>			
$T \text{ и } \tau$	30–55	1800–2400	—
$C \text{ и } T$	35–60	—	8–9
$C \text{ и } \tau$	—	1600–2400	8–12
<i>Эффективность мойки (наибольшие потери)</i>			
$T \text{ и } \tau$	40–55	1600–2400	—
$C \text{ и } T$	35–55	—	8–9
$C \text{ и } \tau$	—	1500–2400	8–12

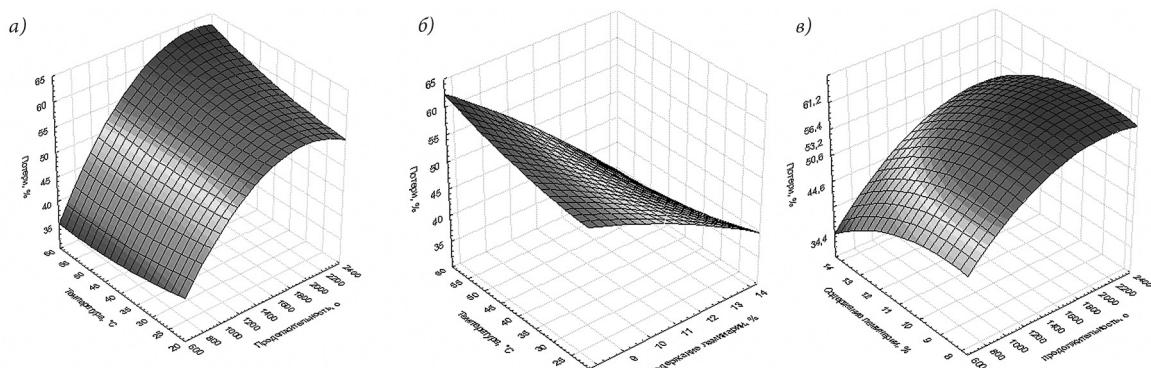


Рис. 2. Зависимость потерь ламинарии от температуры и продолжительности (а), содержания ламинарии в промывочной воде и температуры воды (б), содержания ламинарии в воде и продолжительности процесса набухания—мойки (в)

установлены зависимости степени набухания ламинарии, а также качества её промывки от продолжительности процесса набухания—мойки, температуры и количества ламинарии в промывочной воде (гидромодуля), приведённые в таблице 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных данных изучения процесса набухания—мойки ламинарии были выявлены рациональные режимы технологического процесса: продолжительность процесса — 1800 с (три цикла по 600 с), температура воды — 40—45 °С и соотношение ламинария: вода — 1:10. При дальнейшем увеличении продолжительности процесса набухания—мойки и повышении температуры не происходило значительного набухания ламинарии и улучшения эффективности мойки. Использование аппарата с реверсивной мешалкой позволило реализовать циклический процесс, сократить продолжительность этапов набухания и мойки, снизить расход воды и таким образом повысить экономическую эффективность технологии. Подобранные режимы были рекомендованы для промышленного освоения и успешно внедрены в условиях цеха экспериментальных производств ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

Абрамова Л. С., Гершунская В. В., Гержова Т. В. 2014. О перспективах использования морских водорослей // Рыбное хозяйство. № 2. С. 117—121.

Сборник технологических инструкций по производству консервов и пресервов из рыбы и нерыбных объектов. 2012. Т. 3. СПб: Судостроение. 272 с.

Спирин Н. А., Лавров В. В. 2004. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: конспект лекции Н. А. Спириня. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ—УПИ. 257 с.

Боровиков В. П. 2003. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. 2-е изд. (+CD). СПб: Питер. 688 с.

REFERENCES

Abramova L. S., Gershunskaya V. V., Gerzhova T. V. 2014. O perspektivah ispol'zovaniya morskikh vodoroslej [On the prospects of marine algae usage] // Rybnoe khozyajstvo. № 2. S. 117—121.

Sbornik tekhnologicheskikh instruktsij po proizvodstvu konserfov i preservov iz ryby i nerybnyh ob'ektov [Book of technological instructions for the production of canned and preserved fish, shellfish and algae]. 2012. T. 3. SPb: Sudostroenie. 272 s.

Spirin N. A., Lavrov V. V. 2004. Metody planirovaniya i obrabotki rezul'tatov inzhenernogo eksperimenta: konспект lektsii N. A. Spirina [Methods of planning and data processing for engineering experiment: the notes of N. A. Spirin lecture]. Ekaterinburg: GOУ VPO UGTU—UPI. 257 s.

Borovikov V. P. 2003. Statistica. Iskusstvo analiza dannyh na kom'utere: Dlya professionalov. [Statistica. The art of data analysis by the computer: for professionals]. 2-е изд. (+CD). SPb: Piter. 688 s.

Поступила в редакцию 28.05.15 г.

Принята после рецензии 10.12.15 г.

Study of rational parameters for the technological process of special salads from laminaria

V.V. Gershunskaya¹, L.S. Abramova^{1,2}, T.V. Gerzhova³

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”, Moscow)

^{1,2}Peoples’ Friendship University of Russia (PFUR, Moscow)

³JSC «Triada-Pokotorg» (Moscow)

Seaweed products as a natural source of iodine can be recommended for the group prevention of iodine deficiency, including children. The authors have substantiated some technological parameters of salads from laminaria for the nutrition of children in organized groups. Soaking and washing of dried kelp takes a considerable amount of time and requires a large flow of water in accordance with the conventional technological process. To establish rational parameters the dependence of seaweed soaking on the water temperature, the ratio of seaweed: water, washing time was analyzed in model experiments. Study of modes of soaking—washing was carried out in three stages using the method of experiment mathematical planning by the uniform rotatable plan of the second order. Combined soaking—washing process was performed as a single stage or in several stages (one to four). Statistical processing of the experimental data was performed using Statistics 6.0. Shredded dried kelp, which meets all requirements in terms of safety was used as a raw material. The iodine content of the sample was 0.351% on a dry weight, which is sufficient to ensure a high iodine content in the final product, inspite of the loss of this trace element in various stages of the process. The study revealed rational modes of soaking—washing for dried seaweed: the duration of 1800 sec (three cycles of 600 sec), the water temperature is 40–45 °C and the ratio of seaweed: water as 1:10. The apparatus with the reverse stirring mechanism allowed to implement a cyclic process, to shorten the duration of the soaking and washing steps, to reduce the water consumption and thus increase the economic efficiency of the technology. Selected mode was recommended for industrial development and was successfully applied in the experimental manufacturing workshop of VNIRO.

Key words: laminaria salads, soaking—washing process, the degree of soaking, weight loss.