

V. ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОТРАСЛИ

УДК 664.951

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХИТОЗАНА

**Т.М. Сафронова, С.Н. Максимова, О.Н. Быканова, Е.Н. Шкреба,
Дальрыбвтуз, Владивосток**

Исследована взаимосвязь лечебных свойств хитозана и температуры его обработки при производстве продуктов из гидробионтов.

Хитозан – уникальная субстанция, провозглашенная специалистами веществом XXI века. Во всем мире природный полисахарид хитозан находит широкое применение в самых различных областях человеческой деятельности. В России наиболее часто хитозан и его производные применяются в качестве биологически активных добавок. После многих лет пренебрежения диетическими волокнами многие осознали необходимость их в здоровом питании и долголетию.

Пищевому использованию хитозана предшествовали медико-биологические исследования, принципиально новым аспектом которых явилось то, что исследования были направлены не только на доказательство безвредности добавки, но и на выявление ее диетических свойств.

Позитивные результаты медико-биологических и технологических исследований способствуют внедрению хитозана в производство пищевых продуктов. Токсико-гигиеническая характеристика хитозана озвучена достаточно полно для обоснования рекомендаций по его использованию как многофункциональной добавки с лечебно-профилактическими свойствами.

Хитозан получил статус биологически активной добавки. Разработанная во ВНИРО и согласованная с Минздравом РФ нормативная документация на хитозан пищевой открывает широкую возможность практического применения его в производстве пищевых продуктов и предусматривает его лечебно-профилактическое применение.

Хитозан обладает уникальным качеством – липофильностью, тогда как абсолютное большинство волокон растений гидрофильно. Это позволяет использовать препарат как добавку в антихолестериновой диете. Одна молекула хитозана способна вывести из организма жира в 10-12 раз больше своей молекулярной массы. Безопасным является введение в ежедневный рацион крыс до 5 % хитозана. При этом хитозан существенно понижает уровень холестерина, как никакой другой

препарат. Хитозан связывает жирные кислоты с последующим образованием солей. Образовавшиеся соли дополнительно связывают липиды, триглицериды, холестерин, другие стерины за счет гидрофобного взаимодействия. Эти комплексы выделяются скорее, чем сорбируются, поскольку соляная кислота в желудке не способна их расщеплять. Следуя по желудочно-кишечному тракту, они увеличиваются в объеме, связывая дополнительное количество липидов. Клинические исследования показали, что через 5 недель его применения уровень холестерина может быть понижен на 32 % от исходного уровня.

Ранее нами было изучено влияние технологии использования хитозана в пищевых продуктах на его лечебно-профилактические свойства. Проведена работа по исследованию изменения лечебно-профилактических свойств хитозана в зависимости от воздействия на него различных температурных параметров, наиболее часто используемых в технологии пищевых продуктов. При анализе литературных источников сведений по исследуемому вопросу выявлено не было.

Цель работы – изучение влияния температурных параметров при производстве рыбных продуктов с хитозаном на его лечебно-профилактические свойства.

Методика проведения эксперимента включала температурное воздействие на хитозан, внесение его в рацион животным и определение биохимических показателей.

Нижней точкой была выбрана температура минус 196 °С (5-я группа), поскольку имеются доказательные сведения о снижении вяжущего вкуса растворов хитозана при 10-минутной обработке полимера в жидком азоте, что положительно влияет на органолептические показатели продуктов с использованием хитозана. В качестве последующих точек были выбраны температуры, наиболее используемые в технологии рыбных продуктов, а именно: 90 °С – паровая обработка для диетического питания (1-я и 2-я группы); 120 °С – средняя температура при производстве консервов (3-я группа); 160 °С – температура масла при обжаривании кулинарных изделий (4-я группа).

Апробация обработанного хитозана проводилась на специально подготовленных животных путем создания экспериментальной биологической модели атеросклероза. Экспозиция создания модели составила 30 суток. Используемая методика предполагает соответствующую коррекцию скормливаемой диеты и включение в рацион препаратов, способствующих снижению интенсивности обменных процессов и обогащающих организм животных холестерином. Коррекция диеты заключалась в том, что в ее состав в качестве жирового компонента вводился говяжий жир, а основные нутриенты были разбалансированы с расчетом превалирования жиров и простых сахаров. В качестве препарата, снижающего интенсивность обмена холестерина за счет подавления функции щитовидной железы, использовался мерказолил (*Mercazolilum*) в количестве 0,005 г (1 таблетка) на 100 г сухого корма. Кроме того,

ежедневно в составе диеты животные получали порошок холестерина в количестве 0,5 г на 100 г сухой массы корма. Таким образом, были созданы условия для повышенного образования эндогенного холестерина и его экзогенного поступления. Экспериментальные животные были разделены на 6 групп и содержались на базе вивария Института микробиологии.

В качестве показателей в сыворотке крови определяли содержание общих липидов, фосфолипидов и холестерина в сыворотке крови (ОЛ СК, ФЛ СК), активности аланин- и аспартат-аминотрансфераз сыворотки крови (АлАТ СК, АсАТ СК), коэффициенту де Ритиса, липопротеиды высокой плотности (ЛПВП СК), липопротеиды низкой плотности (ЛПНП СК), а также расчетных индексов – соотношению фосфолипидов и холестерина сыворотки крови (ФЛ/ХС СК), липопротеидов высокой плотности и липопротеидов низкой плотности (ЛПВП/ЛПНП СК), коэффициент де Ритиса. Определения осуществлялись на базе независимого центра лабораторной диагностики лаборатории «Юнилаб».

В рационах животных был использован хитозан в виде 4%-го раствора в 1%-й уксусной кислоте в количестве 9 г раствора на 100 г основного продукта. В пересчете на сухое вещество хитозан вводился в рационы в количестве 0,36 %. Эти параметры были взяты в эксперимент как рекомендованные при использовании хитозана в качестве пищевой добавки для получения формованных изделий в рыбной промышленности. Хитозан применялся в виде раствора, так как лечебно-профилактические свойства полимера в твердофазном состоянии изучены достаточно широко, а в технологических целях предполагается использование хитозана в виде геля. Помимо хитозана животные получали виварный корм и бланшированный фарш минтая. Экспозиция скормливания животным указанных диет составляла один месяц, после чего производились исследования, идентичные тем, которые проводились для подтверждения развития атеросклеротического процесса. Материалом для биохимических исследований служила кровь экспериментальных животных.

Проведенная нами совместно с ВГМУ оценка лечебно-профилактических свойств хитозана в условиях хронического эксперимента показала, что уровень всех изучаемых показателей не достиг исходных данных ни в одной группе животных (таблица). Близко подобное с контролем липотропное действие оказывали хитозаны, подвергшиеся воздействию положительных температур. С различием, не превышающем 10 %, они способствовали снижению содержания в сыворотке крови ОЛ, ХС, ЛПНП и активности АсАТ и АлАТ, росту количества ЛПВП. По индексу ФЛ/ХС термообработанные хитозаны по сравнению с контролем примерно на 25 % дают лучшие результаты, а индексу ЛПВП/ЛПНП – значения одного порядка.

Показатели, характеризующие некоторые стороны состояния животных с экспериментальным атеросклерозом при скормлении изучаемых диет ($M \pm m$)

Группы наблюдений	Показатель											Коэфф. де Рити-са
	ОЛ СК, г/л	ХС СК, ммоль/л	ФЛ СК, ммоль/л	ФЛ/ХС СК	ЛПВП СК, г/л	ЛПНП СК, г/л	ЛПВП/ЛПНП СК	Активность АсАТ СК, ммоль/ (ч · л)	Активность АЛАТ СК, ммоль/ (ч · л)	Активность	Коэфф. де Рити-са	
0	15дн.	4,84±0,02	5,52±0,12	2,11±0,06	0,38±0,5	2,51±0,16	4,9±0,53	0,51±0,02	1,81±0,07	1,22±0,05	1,48±1,4	
	30 дн.	4,80±0,03	5,50±0,10	2,09±0,04	0,35±0,6	2,49±0,16	4,7±0,53	0,48±0,02	1,78±0,06	1,19±0,06	1,45±1,3	
1	15дн.	3,65±0,05	2,65±0,11	1,74±0,04	0,66±0,07	3,01±0,06	3,45±0,08	0,87±0,07	0,99±0,03	0,67±0,06	1,48±0,04	
	30 дн.	3,64±0,05	2,46±0,08	2,07±0,04	0,84±0,06	2,96±0,10	3,43±0,10	0,86±0,10	0,84±0,08	0,68±0,04	1,23±0,06	
2	15дн.	3,67±0,07	2,66±0,07	1,67±0,06	0,63±0,06	3,12±0,04	3,36±0,04	0,93±0,04	0,95±0,04	0,68±0,02	1,40±0,03	
	30 дн.	3,64±0,05	2,59±0,09	2,14±0,08	0,83±0,08	3,09±0,12	3,34±0,06	0,93±0,09	0,87±0,03	0,64±0,07	1,36±0,05	
3	15дн.	3,57±0,03	2,45±0,06	2,1±0,13	0,86±0,09	3,00±0,16	3,39±0,10	0,88±0,13	0,93±0,03	0,74±0,05	1,26±0,04	
	30 дн.	3,53±0,16	2,39±0,07	2,21±0,10	0,92±0,08	2,85±0,25	3,35±0,15	0,85±0,20	0,87±0,04	0,67±0,06	1,29±0,05	
4	15дн.	3,61±0,10	2,45±0,06	2,32±0,10	0,95±0,08	3,22±0,11	3,35±0,14	0,96±0,13	0,89±0,10	0,63±0,08	1,41±0,09	
	30 дн.	3,64±0,07	2,54±0,06	2,33±0,07	0,92±0,06	3,19±0,08	3,35±0,19	0,95±0,14	0,77±0,04	0,57±0,07	1,35±0,05	
5	15дн.	4,07±0,16	3,48±0,06	1,75±0,10	0,50±0,08	2,94±0,17	3,80±0,17	0,77±0,17	1,28±0,12	0,86±0,13	0,69±0,12	
	30 дн.	4,09±0,22	3,54±0,13	1,63±0,08	0,46±0,11	2,78±0,10	3,80±0,08	0,73±0,09	1,23±0,04	0,77±0,10	1,59±0,07	

Хитозан, обработанный при сверхнизкой температуре, составлял некоторое исключение среди других образцов. Сохраняя положительную антисклеротическую направленность, криообработанный хитозан имел меньшую эффективность лечебного действия. В зависимости от исследуемого показателя отставание от контрольного образца по эффективности составляло 12-35 %. Максимальные отличия отмечены в содержании ХС, ФЛ, активности АсАТ и АлАТ, минимальные – в количестве ОЛ и ЛПНП.

Что касается содержания ФЛ, то хитозан, обработанный при минус 196 °С, не уступал по его положительной динамике контролю и на 20-30 % превосходил хитозаны, прогретые при 120 °С и 160 °С. Отличительная особенность криообработанного хитозана, по всей видимости, связана с потерей его активных в лечебном плане низкомолекулярных фракций во время контакта с жидким азотом.

Таким образом, в исследованиях на экспериментальной биологической модели атеросклероза образцы хитозана показали значительно выраженный антисклеротический эффект и способность нормализовать измененные липидные показатели.

При этом температурное воздействие в изучаемых пределах на полимер не оказало значительного влияния на лечебно-профилактические свойства хитозана, в частности, его способности нормализовать липидный обмен.

УДК 664.951

ВЗАИМОСВЯЗЬ ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ ПИЩЕВЫХ СРЕД С УРОВНЕМ СОДЕРЖАНИЯ В НИХ ХИТОЗАНА

**Т.М. Сафронова, С.Н. Максимова, Е.В. Ситникова,
Дальрыбвтуз, Владивосток**

В основу работы положен установленный факт повышения стойкости продукта в присутствии хитозана. Нами изучена зависимость допустимого срока хранения продукта с хитозаном от концентрации полимера и его молекулярной массы. Установлено, что хранимоспособность продукции прямо пропорциональна концентрации хитозана. Различия в молекулярных массах хитозанов сказываются на хранимоспособности продукта незначительно.

В развитии отечественной технологии пищевых продуктов с применением хитозана одним из наиболее значительных современных достижений является определение взаимосвязи ряда характеристик исследуемого полимера (молекулярная масса, чистота соединения) с его свойствами, в том числе, антимикробными.

Проявление хитозаном антимикробных свойств в пищевых, в том числе и рыбных, продуктах известно по ряду публикаций [1, 2, 3]. Установлено повышение стойкости продуктов в присутствии 0,08–0,5 % хитозана. В ряде работ было показано, что хитозан обладает антибактериальной зависимостью, зависящей от средневязкостной молекулярной массы [4, 5].

Цель настоящей работы – изучение влияния содержания хитозана с различными значениями молекулярной массы (ММ) на допустимый срок хранения продукта.

Объектами исследования служили фарш минтая, хитозан (порошок), ММ 588 кДа, ТУ 9283-174-00472012-03, представленный ООО «Биополимер» (г. Партизанск); хитозан, ММ 270 кДа, ТУ 9289-067-00472124-03, хитозан низкомолекулярный, ММ 32 кДа, ТУ 9289-002-11418234-99, произведенные ЗАО «Биопрогресс» (г. Москва); хитозан водорастворимый, ММ 55 кДа, ТУ 9289-002-11418234-99, ЗАО НПЦ «БиоХит».

Работу выполняли на модельных системах (МС), изготовленных из мороженого фарша минтая. В МС добавляли растворы хитозана, различающиеся ММ и концентрацией полимера. МС термически обрабатывали при температуре 80 °С в центре продукта в течение 15 минут. В процессе хранения при температуре 4 °С с интервалом 2 дня определяли КМАФАнМ.

Антимикробный эффект оценивали по величинам продолжительности бактериостатического действия хитозана и допустимого срока хранения продукта (соответственно τ_1 и τ_2), которые находили по графику КМАФАнМ – продолжительность хранения (рис. 1).

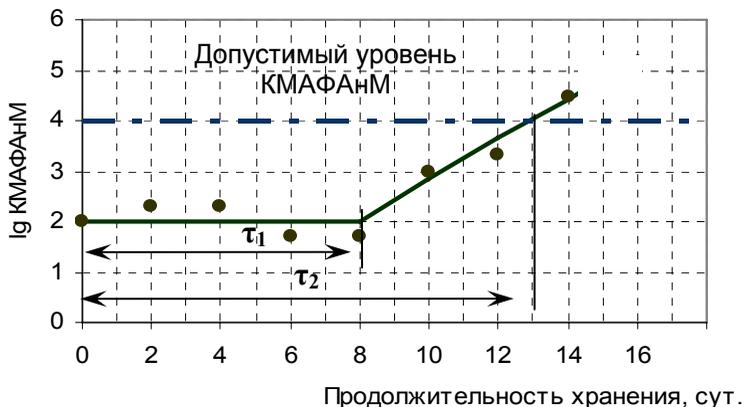


Рис. 1. Схема определения продолжительности бактериостатического действия хитозана (τ_1) и допустимого срока хранения (τ_2) по динамике КМАФАнМ

Результаты эксперимента, представленные на рис. 2, позволяют отметить прямую зависимость τ_1 и τ_2 от концентрации хитозана в МС. Эта зависимость характерна для хитозанов всех исследованных значений ММ. Поскольку доля, которую составляет продолжительность бактериостатического действия хитозана от допустимого срока хранения МС, характеризует надежность последнего, сравнительная оценка этого показателя представляется обоснованной (табл. 1).

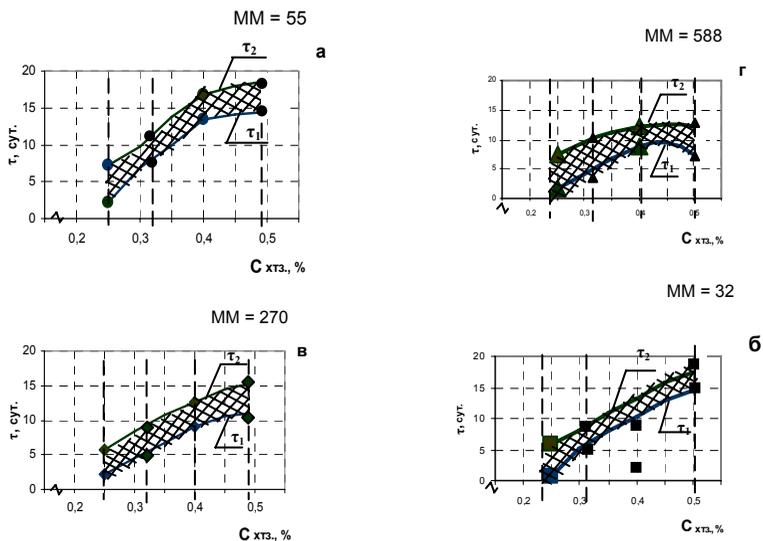


Рис. 2. Продолжительность бактериостатического действия хитозана (τ_1) и допустимый срок хранения МС (τ_2) в зависимости от концентрации хитозана: а – соль хитозана; б, в, г – хитозан ММ 32, 270 и 588 кДа

Таблица 1
Доля τ_1 от τ_2 в зависимости от концентрации хитозана, %

ММ хитозана, кДа	Концентрация хитозана			
	0,24	0,32	0,40	0,48
55 (соль)	28	77	82	78
32	-	77	44	82
270	33	60	69	73
588	25	60	75	58

В МС с 0,48 % хитозана ММ 588 кДа t_1 составляет 58 % от t_2 , в то время как в других МС этот показатель значительно выше: он колеблется в пределах 73-82 %. С уменьшением концентрации хитозана доля t_1 от t_2 снижается, различия по этому признаку нивелируются. При концентрации 0,24 % t_1 составляет в МС с хитозаном ММ 588 кДа – 25 %, а в других образцах – 28 -33 %.

Антимикробная эффективность помимо допустимой продолжительности хранения и длительности бактериостатического действия хитозана в определенной степени может быть охарактеризована его минимальной концентрацией, необходимой для обеспечения заданного срока хранения. Полученные величины минимальной концентрации, необходимые для обеспечения определенной продолжительности хранения МС (5, 10 и 15 сут) позволяют отметить несущественные различия в эффективности исследованных хитозанов (табл. 2). Исключение составляет водорастворимый хитозан при длительности хранения МС в течение 15 сут, необходимое количество которой ниже, чем других хитозанов.

Таблица 2

Концентрация хитозана, необходимая для достижения заданного срока хранения МС, %

Заданный срок хранения, сут	ММ хитозана, кДа			
	55 (соль)	32	270	588
5	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24
10	0,32	0,35	0,32	0,30
15	0,38	0,45	0,45	>0,5

Таким образом, хранимоспособность продукции прямо пропорциональна содержанию хитозана. Механизм антибактериального действия хитозанов на микроорганизмы, вероятно, связан с нарушением целостности наружной мембраны. Показано, что под действием хитозана усиливается проницаемость мембраны клеток до пределов, несовместимых с их жизнедеятельностью [5]. Четкой зависимости антимикробной эффективности от концентрации полимера не найдено, что согласуется с данными других авторов. Соответственно различия с ММ хитозанов незначительно сказываются на хранимоспособности продукта.

Библиографический список

1. Москаленко Т.М., Шепель Т.А., Сахарова Т.Г. Количественный и качественный состав микроорганизмов и продуктов с его добавками: Тез. докл. IV конф. «Производство и применение хитина и хитозана». М.: ВНИРО, 1995. С. 17, 18.
2. Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение / Под ред. К.Г. Скрябина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. М.: Наука, 2002. 368 с.

3. Ким Г.Н., Сафронова Т.М. Барьерная технология гидробионтов. Владивосток: Дальнаука, 2001. 172 с.

4. Ким Г.Н. Обоснование и разработка барьерной технологии продуктов из гидробионтов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Калининград, 2002. 49 с.

5. Герасименко Д.В., Авдиенко И.Д., Банникова Г.Е., Зуева О.Ю., Варламов В.П. Антибактериальная активность водорастворимых низкомолекулярных хитозанов в отношении различных микроорганизмов // Прикладная биохимия и микробиология. 2004. Т. 40. № 3. С. 301-306.

УДК 664.95

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ УНИФИЦИРОВАННЫХ ВИБРОЗАГРУЗОЧНЫХ МАШИН

**К.Ю. Мельников, А.А. Дерябин, С.Д. Угрюмова, Дальрыбвтуз,
Владивосток**

Унификация и оптимизация виброзагрузочных машин требуют решения задачи по перемещению груза вверх в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Суммарная скорость перемещения груза будет складываться из скорости поступательного движения и приращения виброскорости. Последняя представлена также суммой составляющих скорости вибрации в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Задачи о вибрационном перемещении уже давно привлекают внимание инженеров и математиков. Одну из основных в теории виброперемещения задачу о движении «точечной» частицы по наклонной плоскости, совершающей прямолинейные гармонические колебания, по праву можно считать старейшей задачей нелинейной механики. Начало ее решению положила работа Линднера, относящаяся к 1912 г., с тех пор в области решения этой задачи достигнут значительный прогресс. В частности, благодаря работам И.И. Блехмана, Г.Ю. Джанелидзе, Г.Д. Терскова, П.М. Василенко и многих других была решена задача о периодических режимах безотрывного виброперемещения. Решению частных задач посвящены работы В.А. Баумана, Р.М. Брумгера, В.Я. Белецкого, И.Ф. Гончаревича, В.В. Гортинского, Э.Э. Лавендела, Д.Д. Малкина, В.А. Олевского, Д.А. Плисса, В. Кролла, Н. Сейдела и др.

Широкое внедрение вибрационных машин в рыбной отрасли связано с решением таких задач, как транспортировка, укладка и дозирование рыбы без ее повреждения, которые обеспечивают надежную ориентацию рыбы разного видового состава, консистенции и размеров тела. Вибрационная загрузка рыбы дает возможность значительно повысить скорость транспортировки, ускорить операции первичной обработки рыбы, значительно сократить период подготовительных процессов.

Унификация и оптимизация виброзагрузочных машин требует учитывать такие параметры, как гранулометрический состав груза, насыпную массу, сопротивление сдвигу, угол естественного откоса и т.д. Из всех механических свойств, характеризующих груз, наиболее важным является сопротивление грузу, определяющее характер его перемещения при наличии вибрации.

Л.М. Столин теоретически обосновал работу машины, рабочие органы которой представляют собой набор продольно расположенных роликов ступенчатой формы. Машина снабжена вибрационным загрузочным устройством для продольного ориентирования рыбы перед подачей ее в щель. В данной машине возможно регулировать зазор между роликами путем перемещения подшипников, в которых они находятся.

Л.М. Столиным также теоретически определена скорость перемещения рыбы в щели на основании закона сохранения энергии с учетом различных коэффициентов трения рыбы по чешуе и против чешуи.

Однако подобные конструкции машин имеют низкую производительность (650 кг/ч), наносят значительные повреждения кожному покрову рыбы и в них не сохраняется продольная ориентация рыб после процесса сортирования, вследствие чего на дальнейшие операции рыба поступает навалом.

Машины, обеспечивающие достаточную производительность (до 5000 кг/ч) типа ИСА – 202, VFS/SFH -1 и KSM-66, ГДР, снабжены устройством для продольного ориентирования рыбы. Сортировочный узел машин состоит из движущихся транспортеров с башмаками, между которыми и образуется калибрующая щель. Такие машины не наносят значительного повреждения рыбе, универсальны, так как позволяют сортировать различные породы рыб. К недостаткам машины следует отнести невысокую точность сортирования, так как если рыба попала в щель «плашмя», то она не попадает в свою фракцию, а также отсутствие ориентировочной выдачи сырья после сортирования, что сдерживает ее применение в поточно-механизированных линиях.

Основным элементом вибрационных сортировочных машин служит наклонная сортировочная решетка. Она приводится в колебательное движение от кинематически жесткого привода (эксцентрикковый механизм). Калибрующие щели, через которые просеивается рыба, образуются между расходящимися трубами. Для продольной ориентации рыбы перед поступлением на решетку устанавливается вибрирующий питатель.

Данные конструкции машин легко компонуются в технологических линиях, имеют простую конструкцию. Машины являются универсальными, так как изменение размера калибрующей щели не представляет значительной трудности.

Однако до настоящего времени эти машины не получили должного применения в рыбной промышленности, что можно объяснить ограниченностью исследований в данной области. К недостаткам, которые сдерживают их применение, следует отнести следующие:

- низкая производительность машин, что обусловлено отсутствием методики определения основных параметров машины и выбора их оптимального сочетания;

- несовершенство конструкций и недостаточная изученность процесса вибросортирования;

- динамическая неуравновешенность машин, что приводит к возникновению значительных собственных колебаний узлов и высокому уровню шума;

- нерациональная конструкция питателей-ориентаторов, которые не ориентируют рыбу головой вперед перед ее попаданием в калибрующую щель. Рыба, попавшая в щель хвостом вперед, движется значительно медленнее, чем попавшая головой вперед и часто заклинивает щель. Это обстоятельство снижает качество сортирования;

- отсутствие исследований по влиянию геометрической формы сортировочных элементов решетки на скорость транспортирования и качество сортирования, в результате чего в большинстве конструкций машин используются «традиционные» трубы и лишь в машинах «Баа-дер-485» и «lib» – планки;

- использование последовательного способа выделения размерных фракций, что приводит к росту габаритов машины и выходу всех фракций, за исключением крупной, сплошным неориентированным потоком из машины [1].

Однако, учитывая преимущества, которые могут быть достигнуты при правильном подходе к созданию вибросортирующей техники, простоту машин, их агрегируемость, можно сделать вывод о перспективности машин данного типа. За это говорит и тот факт, что все создаваемые отечественные и зарубежные машины с автоматической загрузкой рыбы в рабочие органы узлов разделки снабжаются вибрационными питателями, на которых осуществляются аналогичные операции, обеспечивающие качественное сортирование рыбы – продольная и поперечная ориентация, ориентация головой вперед, поштучное отделение. Это обстоятельство позволяет совместить процесс сортирования с загрузкой рыбы в рабочие органы машин, при этом узел сортирования будет являться одним из узлов загрузочного устройства.

Действительную скорость транспортировки груза можно представить как сумму скорости поступательного движения груза и приращения скорости за счет вибрационного воздействия на него в горизонтальной и вертикальной плоскостях, что должно быть учтено при математическом моделировании процесса движения груза. Анализ результатов экспериментальных исследований виброперемещения груза, полученных рядом ученых: И.И. Быховским, И.И. Блехманом, Н.Г. Копыловым, К.Д. Декиным, Ю.В. Поспеловым и др. – позволили сделать вывод о том, что груз может перемещаться в одном из четырех режимов в зависимости от параметров вибрации, скользить вперед и назад, скользить вперед и назад с двумя остановками, с одной мгновенной остановкой и скользить только вперед. Однако полученные расчетные формулы для

определения скорости движения груза справедливы, как правило, для случая, когда между грузом и поверхностью существует лишь сухое трение, для плотности, изменяющейся лишь по гармоническому закону при движении груза в горизонтальной плоскости. Однако уже в настоящее время возникла необходимость перемещения груза вверх в вертикальной плоскости, что требует создания бигармонического колебания поверхности, а это требует создания новых виброзагрузочных устройств, позволяющих менять ориентацию груза на поверхности, а также создания методики расчета такого устройства и экспериментального подтверждения правильности выбранного технического решения. Ориентированное виброперемещение рыбы может быть достигнуто использованием ступенчатой поверхности ориентатора. Поставленная перед нами задача может быть решена, если будет учтен фактор возможного перемещения рыбы назад, однако методики расчета такой ориентированной поверхности нет, а существующие методики расчета относятся, как правило, к движению груза по горизонтальным гармонически колеблющимся поверхностям и требуют дальнейшего уточнения.

Расчетная производительность такого устройства может быть определена [2]:

$$Q = F \cdot 3600 \psi w p, \text{ т/ч}, \quad (1)$$

где F – площадь поперечного сечения устройства, м^2 ; ψ – коэффициент заполнения загрузочного устройства; w – скорость продвижения груза по виброориентированной поверхности; p – плотность груза (рыбы), кг/м^3 .

Коэффициент заполнения ψ лежит в пределах 50÷90 %.

Суммарная скорость виброперемещения груза с учетом увеличения скорости поступательного движения груза за счет вибрации [4] может быть определена как

$$W_c^2 = W_{п.д}^2 + W_{вибр}^2, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где $W_{вибр}$ – среднеквадратичная скорость вибрации определяется:

$$W_{вибр}^2 = W_{эк}^2 + W_{вк}^2, \quad (3)$$

где $W_{эк}$ – скорость вибрации груза в горизонтальной плоскости, м/с ; $W_{вк}$ – в вертикальной плоскости, м/с ; $W_{п.д}$ – поступательная скорость продвижения груза определяется по известной методике [2, 3].

$$W_{п.д} = \frac{(S_+ - S_-)\omega}{2\pi}. \quad (4)$$

Определение суммарной скорости перемещения груза в горизонтальной и вертикальной плоскостях при наличии вибрации связано с постановкой дальнейшей экспериментальной части нашей работы.

Библиографический список

1. *Поспелов Ю.В.* Механизированные разделочные линии рыбообработывающих производств. М.: Агропромиздат, 1987. 186 с.
2. *Поспелов Ю.В.* Вибрационное перемещение рыб по плоскости, совершающей горизонтальные гармонические колебания. Владивосток: ТИНРО, 1971.
3. *Поспелов Ю.В.* Машины, автоматы, поточные линии и их проектирование. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. 234 с.
4. *Угрюмова С.Д., Кучеренко Л.В.* Исследование эффекта вибрации в теплообменных процессах. М.: ГУПБ, 2002. 187 с.

УДК 628.35 + 574.24.044

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ «СУЛЬФАТНОГО БАРЬЕРА»

С.Д. Угрюмова, П.П. Шориков, Дальрыбвтуз, Владивосток

Решение проблемы «сульфатного барьера» является ключом к существенному повышению технико-экономических показателей термического метода обессоливания скважинной воды. В этом плане наиболее эффективной следует признать технологию глубокого умягчения скважинной водой Na-катионированием с развитой регенерацией.

Значительное сокращение расходов природной воды можно достичь за счет включения в схему водопотребления берегового предприятия опреснительного комплекса. Наибольшее использование при получении пресной воды из скважинной высокоминерализованной находит термическая дистилляция. Одним из основных недостатков термического обессоливания скважинных вод является отложение накипи на поверхности нагрева теплообменного оборудования. Предотвращение карбонатной и магниевой накипи затруднений не вызывает. Главной проблемой является предотвращение сульфатной накипи, которая не растворяется ни в воде, ни в кислотах.

Поэтому во избежание полного вывода из строя теплообменного оборудования дистилляция в ущерб технико-экономическим показателям установок ведется в режиме ниже «сульфатного барьера», т.е. испарение проводят при низких температурах и кратностях упаривания, не допуская повышения концентрации сульфата кальция в рассолах выше предельной его растворимости.

Решение проблемы «сульфатного барьера» является ключом к существенному повышению технико-экономических показателей термического метода обессоливания скважинной воды. В этом плане наиболее эффективной следует признать технологию глубокого умягчения скважинной воды Na-катионированием с развитой регенерацией.

Умягчение скважинной воды, т.е. выведение ионов жесткости Ca^{2+} и Mg^{2+} , делает возможным использование ее для подготовки добавочной воды в промышленных котельных предприятий.

Подготовка добавочной воды для промышленных котельных береговых предприятий из умягченной скважинной воды требует снижения жесткости последней до 20-30 мкг-экв/кг. С этой целью разработана принципиальная схема умягчения (рис. 1), включающая две стадии: предварительное умягчение и глубокое умягчение.

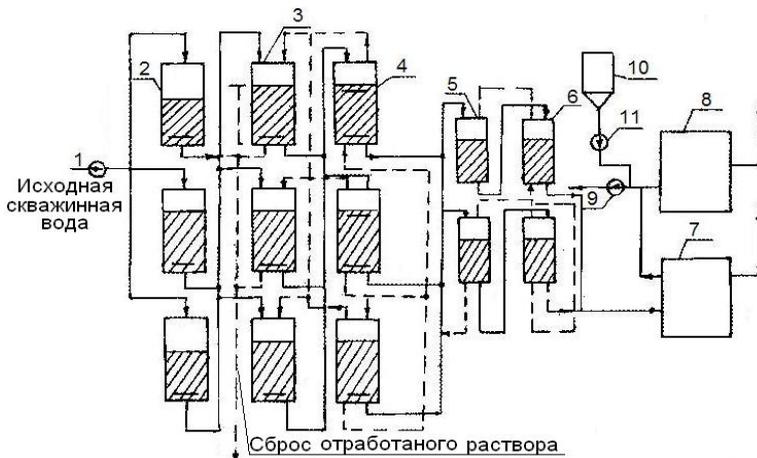


Рис. 1. Принципиальная схема умягчения воды

Предварительное умягчение осуществляется на блоке фильтров 3 и 4, а фильтр 2 выполняет функцию механического фильтра.

В качестве загрузочного материала механического фильтра используется антрацит. На катионитных фильтрах 3 и 4 – катионит КУ-2, на катионитных фильтрах 5 и 6 – сульфуголь.

По конструкции Na-катионитные фильтры 3, 5 и 6 – проточные, 4 – противоточный [1].

Технологическая схема трехблочная по фильтрам предварительного умягчения и двухблочная по фильтрам доумягчения. Для выработки умягченной воды в количестве $1500 \text{ м}^3/\text{сут}$ необходима установка фильтра 2, 3 и 4 диаметром 3,4 м с высотой загрузки катионита КУ-2 в фильтрах 3 и 4-3,3 м. Фильтры 5 и 6 с диаметром 2,6 м необходимо загрузить сульфуголями на высоту $2 \div 2,5 \text{ м}$.

При умягчении два блока стадии предварительного умягчения работают параллельно на один блок стадии доумягчения. Одновременно оставшиеся блоки должны совместно регенерироваться. После завершения регенерации блок предварительного умягчения включается в работу с новым блоком, вновь совместно регенерируется блок доумяг-

чения. Необходимо отметить, что такая «скользящая» схема несколько сложна и обусловлена стремлением уменьшить число фильтров стадии доумягчения. Если конкретные условия позволяют, то для упрощения схемы можно предусмотреть не два, а три блока доумягчения. Тогда вся установка работает по схеме: два блока в работе, один в резерве.

Объем бака продувочной воды принимается с расчетом 25 % запаса – 80 м (кратность упаривания принимается равной 4). Объем бака умягченной воды принимается из условия 3-часового запаса 120-150 м.

С учетом высокой коррозионной агрессивности минерализованных вод обвязку фильтров необходимо предусмотреть из полиэтиленовых труб, а в качестве Na-катионитных фильтров использовать H-катионитные фильтры типовой конструкции, [1]. С целью снижения тепловых затрат предложено в отопительных котельных с паровыми котлами осуществлять обессоливание на тепловом потреблении, для чего разработана технологическая схема, предусматривающая включение испарителей опреснительной установки между котлом и подогревателями сетевой воды с питанием испарителей умягченной водой.

При этом термическое обессоливание осуществляется за счет использования перепада давления между котлом и сетевыми подогревателями. Обеспечивается отпуск тепла и опресненной воды. Котел работает на собственном конденсате.

Схема (рис. 2) отличается тем, что при аналогичной схеме включения испарителей умягченная вода используется как для питания испарителей, так и для котла. Оценка возможности максимальной выработки скважинной воды на тепловом потреблении показала, что при средних нормах расхода тепла на душу населения суточная выработка скважинной воды составляет 580 л/сут для зимнего режима и 240 л/сут для летнего режима, т.е. даже в летнем режиме выработка пресной воды соответствует современным нормам водоснабжения.

Рабочая обменная емкость катионита КУ-2 в фильтрах периодического действия с достаточной для практических расчетов точностью может быть рассчитана по формуле:

$$E = 1942 + 6,63C_{Ca} - 2,19C_{Mg} - 8,38C_O + + 5,0G - 37,1V + \quad (1)$$

$$+ 0,00647C_O^2 - 0,0103G^2 - 0,0343C_{Mg}G + 0,073C_OV, \text{ (г-экв)/м}^3 ,$$

где C_{Ca} , C_{Mg} и C_O – показатели качества исходной воды, C_{Ca} – концентрация ионов кальция (10-50 мг-экв/л), C_{Mg} – концентрация ионов магния (20-120 мг-экв/л), C_O – сумма катионов (150-450 мг-экв/л), G – удельный расход соли на регенерацию катионита (100-300 кг/м³), V – скорость фильтрования умягченной воды (5-25 м/ч). Средняя относительная погрешность уравнения составляет 5 % [2].

Нами испытан новый способ регенерации сульфогля концентратом умягченной воды с содержанием продуктов термолитиза бикарбонат-ионов. Установлено, что он обеспечивает снижение остаточной жесткости воды до 5 мкг-экв/л при сумме катионов исходной воды 300 мг-экв/л и

20 мкг-экв/л при сумме катионов 550 мг-экв/л, что в среднем в 20 раз меньше, чем при обычном способе регенерации. Это открывает перспективы для широкого использования минерализованных вод после умягчения.

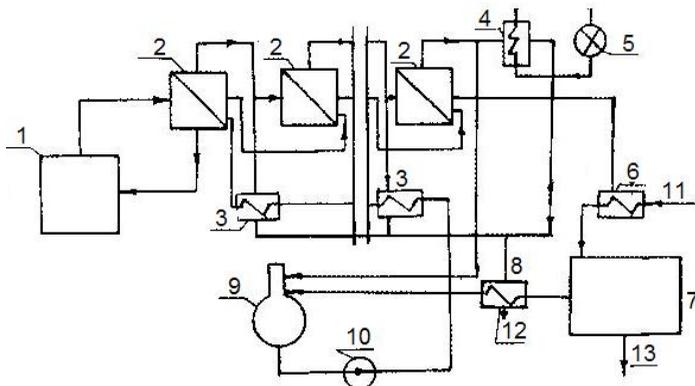


Рис. 2. Принципиальная схема промышленной установки: 1 – котел, 2 – испарители, 3 – подогреватели испарителей, 4 – подогреватель сетевой воды, 5 – потребитель тепла, 6 – подогреватель исходной воды, 7 – узел умягчения исходной воды, высокоминерализованной, 8 – подогреватель умягчения воды, 9 – деаэрактор, 10 – питательный насос, 11 – исходная вода, 12 – умягченная вода (опресненная), 13 – концентрат исходной воды (сбросной регенерационный раствор Na – катионитных фильтров)

Методом математического планирования эксперимента получено уравнение регрессии для расчета обменной емкости сульфогля (E) в зависимости от суммы катионов исходной воды – C_0 (150-550 мг-экв/л), жесткости доумягчаемой воды – Ж (0,5-3 мг-экв/л), удельного расхода соли на регенерацию – G (400-1200 кг/м³), концентрации регенерационного раствора – C (6-10 %) и скорости воды – V – (5-25 м/ч):

$$\begin{aligned}
 E = & 167 + 28,47Ж - 0,446C_0 - 0,013G - 3,22V - 4,8Ж^2 \\
 & + 0,00046C_0^2 - 0,000038G^2 - 0,04892ЖC_0 + 0,6792ЖV \quad (2) \\
 & - 0,0144ЖG - 0,004413C_0C_{Na} - 2,85C_{Na} + 0,00358C_0V \\
 & + 0,005506GC_{Na}, (g - экв) / м^3.
 \end{aligned}$$

Погрешность уравнения не превышает 4,7 %. Оно рекомендуется для расчета фильтров вторых ступеней катионирования.

Для представления зависимости рабочей обменной емкости катионита КУ-2 и сульфогля от жесткости доумягчаемой воды $E_d = f(Ж_d)$ в явном виде проведены эксперименты, в которых исходя из условия $C_{Na}^+ + C_{Mg}^{2+} = 215$ (мг-экв)/л, от 2 до 35 (мг-экв)/л изменялась магниевая жесткость доумягчаемой воды и определялись рабочая и равновесная

обменные емкости катионита КУ-2 и сульфуголя. Для регенерации использовался свежий раствор – концентрат натриевых солей концентрацией 13-14 % и жесткостью 0,3-0,5 мг-экв/л. Опыты проводились по прямоточной схеме на динамической колонке диаметром 18 мм при высоте слоя загрузки 2 м. Результаты опытов представлены на рис. 3.

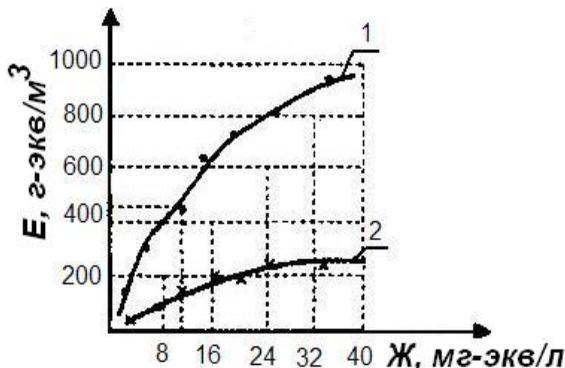


Рис. 3. Зависимость рабочей обменной емкости катионита от жесткости доумягченной воды, мг-экв/л: 1 — • — КУ-2; 2-----х-----сульфуголь

Для описания этой зависимости методом выравнивания была предложена следующая формула (КУ-2):

$$E_d = AЖ^B, \quad (3)$$

где A и B – эмпирические коэффициенты, определяемые методом наименьших квадратов.

Получены следующие значения коэффициентов: $A = 113$, $B = 0,62$. Средняя относительная погрешность формулы составляют 4,1 %. Основные схемы умягчения, исследованные в лабораторных условиях, представлены на рис. 4.

В таблице приведены данные по остаточной жесткости, полученные при оптимальных условиях организации процесса по отдельным схемам умягчения [2].

Анализ показывает, что по всем схемам умягчения, за исключением первых двух, достигаемая глубина умягчения позволяет подвергнуть умягченную воду предельному выпариванию (до 250÷350 г/л) без опасности образования сульфатной накипи, т.е. практически полностью снять ограничения по температуре испарения и кратности упаривания, принятые в обычных испарительных установках.

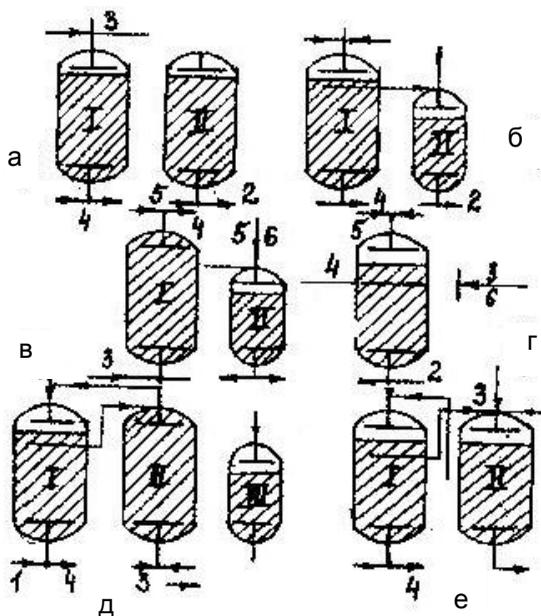


Рис. 4. Схема включения фильтров: а – двухкамерная; б, в – ступенчато-противоточная; г – двухпоточно-противоточная; д – трехступенчатая; е – двухступенчатая; 1 – морская вода; 2 – умягченная вода; 3 – отработавший раствор; 4 – сбросной отработавший раствор; 5 – свежий регенерационный раствор; 6 – отмывка; 7 – досыпка морской водой

Данные по остаточной жесткости

№ п/п	Схема умягчения	Остаточная жесткость, мг-экв/л	
		общая	кальциевая
1	Противоточное катионирование в фильтрах параллельно-точной конструкции	0,8–0,9	0,15–0,25
2	Противоточное катионирование в двухкамерных фильтрах	0,3–0,4	0,08–0,15
3	Противоточное катионирование в фильтре противоточной конструкции (регенерация снизу)	0,2–0,25	0,02–0,05
4	Ступенчато-противоточное катионирование с оптимальным соотношением объемов	0,02–0,03	0,002–0,003
5	Двухпоточно-противоточное катионирование	0,04–0,06	0,002–0,003
6	Двухступенчатое катионирование с двухпоточно-противоточным фильтром второй ступени	0,03–0,05	0,002–0,003
7	Трехступенчатое катионирование	0,015–0,02	0,002–0,003

Библиографический список

1. Угрюмова С.Д., Шориков П.П. Сравнительный анализ работы фильтров с зернистой загрузкой: Сб. «Международные чтения». Владивосток: ДВГТУ, 2005.

2. Угрюмова С.Д., Кучеренко Л.В. Ресурсосберегающие технологии на основе использования вторичных материалов: Сб. науч. тр. Владивосток: ФГУП Тинро-центр, 2003.

УДК 664.8

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ПИЩЕВОЙ ОТРАСЛИ

С.Д. Угрюмова, И.В. Панюкова, Р.В. Куртмуллаев,
Дальрыбвтуз, Владивосток

Предварительная оценка экологичности производства позволит разработать систему и методику проведения мероприятия по улучшению показателей экологичности и безопасности окружающей среды и деятельности предприятий пищевой отрасли региона на основе безотходных технологий переработки природного сырья и вторичных продуктов современных методов биохимической и биологической очистки сточных вод.

В настоящее время влияние хозяйственной деятельности человека на природу соизмеримо с действиями природных катаклизмов и приводит к качественному изменению соотношения сил между человеком и природой. Загрязняющие вещества, попавшие в природную среду в результате производственной деятельности человека, способны перемещаться иногда на значительные расстояния, например, в атмосфере они переносятся с воздушными массами, а скорость и направление движения определяются метеорологическими условиями региона; попавшие в воду жидкие отходы частично растворяются в ней, а частично адсорбируются на взвешенных частицах.

Учитывая значительный рост пищевых предприятий в Приморском крае (свыше 1800 пищевых предприятий малого и среднего бизнеса возникло за последние 5 лет), следует ожидать значительного ухудшения качества атмосферного воздуха, водного бассейна и почвы. С 1997 года на предприятия нашего края образовалось 2,4 млн т токсичных отходов, но лишь 5 % из них переработано и обезврежено [1]. Состояние окружающей среды обуславливает изыскание новых подходов к решению экологических задач на основе технических решений и безотходных технологий переработки пищевого сырья.

Исследование экологических проблем, влияющих на деятельность пищевых предприятий, и разработка системы количественных показателей, определяющих безопасность вырабатываемой продукции, является актуальной задачей для предприятий как Приморского края, так и Дальневосточного региона.

Пищевая промышленность насчитывает более 24 отраслей, из которых наиболее водоемкими являются рыбоперерабатывающая и консервная. Разнообразие выпускаемой продукции определяет и разнообразие видов отходов основного производства, систем промводоснабжения и видов загрязнений отработанных вод.

Общее годовое водопотребление предприятиями пищевой промышленности составляет 2,3-2,5 млрд м³, из которых 40–50 % составляет свежая вода и 55-60 % – оборотная. Из общего количества потребляемой воды большая часть расходуется на охлаждение оборудования, конденсацию вторичных паров, гидротранспорт сырья, а также санитарную обработку пищевого оборудования и цехов по окончании технологического процесса. Вода является составной частью промышленной продукции, растворителем, средством транспортировки и мойки сырья, охладителем, теплоносителем, используется для поддержания необходимых санитарно-гигиенических условий в производственных помещениях и на территории предприятия, для приготовления пара и др.

В отдельных случаях эта вода подвергается специальной дополнительной обработке с целью улучшения ее качества по некоторым показателям: снижается жесткость (умягчение), уменьшается содержание железа (обезжелезивание) и др. Однако есть много процессов, где с успехом может использоваться вода непитьевого качества (охлаждение оборудования, размораживание блоков с рыбой, транспортировка некоторых видов сырья, отходов и др.). В среднем по промышленности, вода технического качества может использоваться до 65 % от общего количества. По отдельным отраслям (например, молочной, рыбной, мясной, сахарной) удельный вес технической воды может достигать 80-85 % общего количества потребляемой предприятием воды (включая оборотную воду). Техническая вода широко используется на вспомогательных операциях или в процессах, в которых вода не оказывает влияния на качество готовой продукции.

Для использования такой воды в качестве фильтрующего материала при ее очистке и в системах подготовки воды на пищевых предприятиях используется активированный уголь, приготовленный из скорлупы кокосового ореха, обладающий по сравнению, например, с березовым углем, высокой стойкостью к истиранию и большой сорбционной емкостью, кварцевый песок, комбинации кварцевого песка и антрацита, способные образовывать вредные соединения, а также отложения на поверхностях труб очистных сооружений. Эти материалы используют для удаления из воды железа, марганца, сероводорода, органических примесей, свободного хлора и его производных, привкуса, запаха, цветности. В последнее время все большее применение находит в ка-

честве фильтрующего материала хитин, препарат, полученный путем переработки морских гидробионтов (табл. 1) [2]. Его основное преимущество – полная безвредность. Этот уникальный реагент обеспечит следующие преимущества: качество очищенной воды существенно превысит требуемые нормы, увеличится скорость фильтрации, и уменьшатся габариты очистных сооружений. Хитин представляет чрезвычайный интерес для решения проблем муниципальной очистки питьевой воды и сточных вод.

Таблица 1

Зависимость степени очистки раствора белка кальмара от дозы измельченного панциря краба ($H = 1620 \text{ A/м}$, $t = 15 \text{ мин}$)

Доза добавки, г/л	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Степень очистки, %	90	95	98	99	99	99

Добавление хитина не изменяет pH раствора, степень очистки при дозе хитина 1-2 г/л – 38-40 %. Применение измельченного панциря краба увеличивает значение pH раствора до 8-9.

Это обстоятельство значительно облегчает решение вопроса организации оборотных систем на пищевых предприятиях и перевода водопотребителей на снабжение технической водой вместо воды питьевого качества. Но все это необходимо делать с учетом роли, которую выполняет вода в конкретном технологическом процессе при тщательной оценке влияния предлагаемых решений на качество готовой продукции, санитарно-гигиенические условия и технико-экономические показатели производства.

В качестве дезинфекции технологического оборудования на пищевых предприятиях с целью улучшения качества выпускаемой продукции и снижения использования питьевой воды используют специализированные установки для санитарной обработки оборудования по завершению технологического процесса. Нами проведен сравнительный анализ существующих специализированных установок, таких, как например, стационарный пенный комплекс -692, использующий специальные высокопенные моющие средства, наиболее эффективен для внешней и внутренней мойки технологического оборудования на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности. Особенность работы данного комплекса является нанесение моющего раствора в виде пены, а также ополаскивание чистой водой и орошение поверхностей дезинфицирующими растворами. Внутренние составляющие данного стационарного комплекса изготовлены из ПВХ и устойчивы к агрессивным средам.

Эргономичный и удобный дизайн делает стационарный пенный комплекс лучшим выбором при использовании в узких и неудобных помещениях. Доступное расположение емкости для концентрата моющего

средства упрощает заправку станции моющим раствором. Гибкая пенная насадка, входящая в комплект станции, позволяет обеспечить нанесение моющего раствора в виде пены, обработку поверхностей дезинфицирующими растворами и смыв в недоступных местах технологического оборудования.

Также используют мобильный пенный комплекс 602Т, использующий специальные высокопенные моющие средства, такие, как биомолы, биолайты и биосаны. Этот комплекс эффективен для внешней и внутренней мойки технологического оборудования на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности, сельского хозяйства, машиностроения и транспорта. Принцип работы и основные преимущества идентичны, но эргономичный и удобный дизайн, наличие больших колес делает мобильный пенный комплекс устойчивым на неровных полах, а также обеспечивает возможность маневрирования в узких и неудобных помещениях. Напорный шланг для подачи пены длиной 10 метров позволяет проводить эффективную обработку в труднодоступных местах. Наличие быстроразъемных соединений облегчают подготовку мобильной пенной станции к работе.

При организации оборотного водоиспользования отработанные воды после очистки (охлаждения) или без обработки вновь используют на тех же операциях.

При использовании комбинированной системы локальной очистки сточных вод возможна более глубокая и качественная очистка. Если подача воды из фильтра в фильтр будет осуществляться по схеме «прямоток-противоток», то эффективность очистки будет большая, чем при традиционной организации очистки.

В условиях конкретного предприятия схема водного хозяйства принимается с учетом роли воды в производстве, характеристики водоиспользующего оборудования, а также местных условий (мощности водосточника и приемника сточных вод, удаленности их от предприятия и т.д.) и требований органов Государственного надзора.

Для более полной характеристики промышленных стоков определяются температура, активная кислотность (рН), количество взвешенных веществ, сухой осадок, наличие сульфатов, хлоридов, сероводорода, а также цветность, степень прозрачности, запах, содержание азота, фосфора и т.д. На основе данных, взятых на предприятиях Приморского края при прохождении производственных практик, сделан анализ систем очистки производственных стоков, используемых на предприятиях пищевой отрасли нашего края (табл. 2) [3].

При анализе полученных данных о состоянии системы очистки жидких отходов на предприятиях можно сделать вывод о недостаточности используемых методов очистки или полном их отсутствии.

Предварительная оценка экологичности производства позволит разработать систему и методику проведения мероприятия по улучшению показателей экологичности и безопасности окружающей среды и деятельности предприятий пищевой отрасли региона на основе безот-

ходных технологий переработки природного сырья и вторичных продуктов, современных методов биохимической и биологической очистки сточных вод.

Таблица 2

Системы очистки производственных стоков на пищевых предприятиях Приморского края

Профиль предприятия	Система очистки производственных стоков
Рыбокомбинаты	Механический способ очистки: гидроуловители, ерши-смесители, песколовушки, хлорирование, отстойники
Хлебобулочные Производства	Очистные сооружения не предусмотрены. Сточные воды поступают в городскую канализационную систему
Колбасные Производства	Флотаторы, биологическая очистка, отстойники
Молокозаводы	Геохимические методы очистки: биологические пруды отстойники, биофильтры
Производство безалкогольных напитков	Отстойники, бактериологическая очистка от белковых структур
Производство агар-агара	Известкование, фильтрование, отстаивание
Кондитерское Производство	Очистные сооружения не предусмотрены. Сточные воды поступают в городскую канализационную систему
Промышленное Производство	Фильтрование. Материалы и жидкости для гальванических покрытий по мере использования собираются и передаются на нейтрализацию щелочами и утилизируются

Библиографический список

1. *Перебейнос А.В.* Моделирование предприятий по переработке гидробионтов. Владивосток: Дальрыбвтуз, 20004. 84 с.
2. *Кучеренко Л.В.* Использование природных флокулянтов при очистке сточных вод от водорастворимого белка: Тез. докл. Всесоюз. конф. «Коллоидно-химические проблемы экологии». Минск, 1990. С. 83.
3. *Угрюмова С.Д., Туманова Л.В.* Экологическая оценка безопасности предприятий пищевой отрасли. Владивосток, 2003.

СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА КОРОТКИХ УЧАСТКАХ ТРУБОПРОВОДА

С.П. Григорьева, Дальрыбвтуз, Владивосток

Для коротких участков трубопровода при ламинарном течении сточных вод получена формула для вычисления скорости движения жидкой частицы по прямолинейному выпуску и скорость ее падения на дно емкости в зависимости от геометрического уклона этого выпуска.

Мясоперерабатывающие предприятия производят не только потребляемую населением продукцию, но также сопутствующие этой продукции отходы производства.

Объединяющим отходы производства является наличие в них белка, жира и минеральных солей.

Отходы используются для получения технической продукции, которая находит применение в производстве товаров народного потребления, в мыловарении, деревообработке, металлургии, животноводстве и т.д.

При этом остается еще достаточно неиспользованных веществ, которые должны быть утилизированы. Назовем это вредными выбросами. Их можно разделить на три категории: жидкие, твердые и газообразные.

К твердым выбросам относятся песок, каменная крошка, солома, кусочки кости и т.д. К жидким – кровь, шлам, навоз, фекалии и т.д. К газообразным – выбросы при копчении, вентиляционные выбросы и др.

Вредные выбросы подлежат утилизации по той простой причине, что в таком виде не могут быть выпущены в водоемы, атмосферу или почву из соображений сохранения экологической чистоты окружающей среды.

Высокая влажность в сочетании с наличием белковых веществ способствует образованию гнилостной микрофлоры и размножению болезнетворных микроорганизмов. Образуются вещества с неприятным запахом. Водоемы загнивают, источают неприятный запах, загрязняются и окружающая их почва.

Таким образом, экономика и экология выдвигают в число актуальных проблему рационального использования отходов и выбросов мясоперерабатывающих предприятий [1].

Утилизация сточных вод мясоперерабатывающих предприятий производится через систему отводных труб, различных приемных емкостей.

Выделим такой малый объем жидкости, что можно пренебречь изменением его формы. Этот объем назовем жидкой частицей.

Рассмотрим движение этой частицы по трубопроводу канализационной сети.

Гидравлический уклон должен обеспечивать такие скорости сточных вод, при которых на дно трубопровода не будет выпадать осадок. Имеются таблицы подбора геометрических уклонов и диаметров труб, которые были составлены в результате экспериментальных исследований.

На наш взгляд, можно рассчитать скорость движения сточных вод в конце отводных трубопроводов, стояков, выпусков, также варьируя размеры приемников, создавая неразрушающие скорости движения вод в конце участка.

Пусть частица жидкости движется по прямолинейному чугунному трубопроводу длиной 1,5 м, геометрический уклон которого $i = 0,013$.

Начальная скорость движения $V_0 = 1$ м/с, коэффициент шероховатости чугунных труб примем 0,013 по формуле Н.Н. Павловского.

Запишем основное уравнение динамики для частицы (рис. 1):

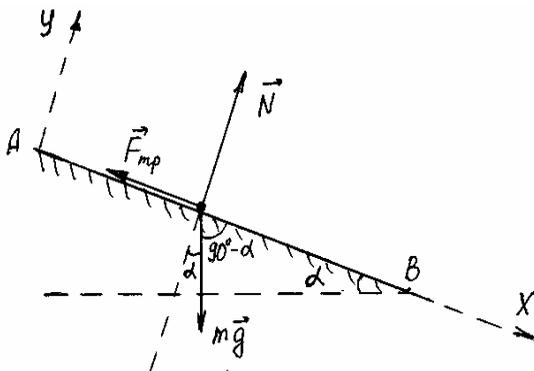


Рис. 1. Прямолинейный участок трубопровода

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{mp}.$$

Спроецируем его на оси координат, одна из которых направлена по трубе в сторону движения:

$$\begin{cases} m \frac{dV_x}{dt} = mg \sin \alpha - F_{mp}, \\ 0 = mg \cos \alpha + N \\ F_{mp} = fN = fmg \cos \alpha, \end{cases}$$

$$m \frac{dV_x}{dt} = mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha, \text{ или}$$

$$\frac{dV_x}{dt} = g(\sin \alpha - f \cos \alpha).$$

Проинтегрируем дважды с учетом начальных условий:

$$\begin{cases} V_x = g(\sin \alpha - f \cos \alpha)t + V_0 \\ X = g(\sin \alpha - f \cos \alpha) \frac{t^2}{2} + V_0 t \end{cases}.$$

По этим уравнениям можно определить скорость в конечной точке и время движения. Косинус и синус угла наклона рассчитаем по известным формулам геометрии:

$$\sin^2 \alpha = \frac{tg^2 \alpha}{1 + tg^2 \alpha} = \frac{i^2}{1 + i^2},$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{1 + tg^2 \alpha} = \frac{1}{1 + i^2}.$$

Геометрический уклон – это $i = tg \alpha = 0,03$.

Тогда $\sin \alpha = 0,02999$, $\cos \alpha = 0,99955$.

Решив второе уравнение как квадратное относительно времени, получим $t = 1,35$ с.

Первое уравнение даст скорость в конце участка: $V_B = 1,22$ м/с.

Закон изменения скорости на участке можно преобразовать:

$$V_x = g(\sin \alpha - f \cos \alpha)t + V_0 = g \cos \alpha \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - f \right) t + V_0 =$$

$$= g \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2 \alpha}} (tg \alpha - f)t + V_0 = \frac{g}{\sqrt{1 + i^2}} (i - f)t + V_0.$$

Анализируя это уравнение, можно сказать, что геометрический уклон i должен быть больше коэффициента шероховатости, т.е. $i > f$.

Полученная формула может быть использована в случае небольших начальных скоростей движения сточных вод и при их ламинарном движении.

Приводимые в литературе наименьшие допустимые уклоны трубопровода должны быть соотнесены не к диаметру трубопровода, а к длине расчетного участка в первую очередь. Чем меньше длина трубопровода, тем больше должен быть геометрический уклон [2].

На втором участке движение частицы является криволинейным (рис. 2).

Скорость в начальной точке равна конечной скорости первого участка: $V_B = 1,22$ м/с, угол α соответствует углу наклона первого участка к горизонту [2].

Пусть длина емкости по горизонтали $X = 0,5$ м. Запишем пределы изменения величины на участке:

$$0 \leq t \leq T,$$

$$0 \leq x \leq 0,5,$$

$$0 \leq y \leq -h,$$

$$V_B \cos \alpha \leq V_x \leq V_{cx},$$

$$-V_B \sin \alpha \leq V_y \leq V_{cy}.$$

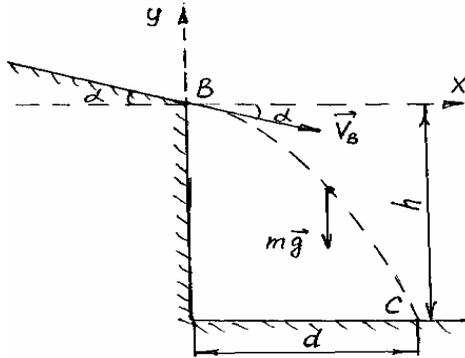


Рис. 2

Основное уравнение динамики: $m\vec{a} = m\vec{g}$.

Проецируем его на оси Bxy :
$$\begin{cases} m \frac{dV_x}{dt} = 0 \\ m \frac{dV_y}{dt} = -mg \end{cases}$$
 и интегрируем при начальных условиях:

$$t = 0, X = 0, Y = 0, V_x = V_B \cos \alpha, V_y = -V_B \sin \alpha.$$

$$\begin{cases} V_x = V_B \cos \alpha \\ V_y = -gt - V_B \sin \alpha \end{cases} \quad \text{— закон изменения скорости на участке BC.}$$

$$\begin{cases} X = V_B t \cos \alpha \\ Y = -g \frac{t^2}{2} - V_B t \sin \alpha \end{cases} \quad \text{— уравнения движения на участке BC.}$$

В конечной точке $t = T, X = d, Y = -h, V_x = V_{cx}, V_y = V_{cy}$.

Подставим эти конечные условия в наши уравнения и вычислим скорость в конечной точке C и высоту падения частицы.

Скорость падения $V_c = 4,23 \text{ м/с}; h = 0,84 \text{ м}$.

Уравнение траектории – парабола: $Y = -3,3 X^2 - 0,03 X$.

Придавая различные значения величине X (длине емкости), можно определить, на какой высоте частица ударится о дно.

Преобразуем выражение скорости частицы в конечной точке:

$$V_c = \sqrt{V_B^2 + \frac{g^2(1+i)^2}{V_B^2} + 2gix}.$$

Зная геометрический уклон трубы, скорость в конечной точке трубы, а также ширину емкости, можно определить скорость, с которой частица попадает на дно.

Изменяя начальную скорость движения частицы сточных вод в сторону увеличения или уменьшения, можем получить спектр скоростей частицы в конце движения, т.е. в точке падения в приемную емкость, а также высоту падения на дно.

Этот же расчет можно выполнить для различных геометрических уклонов и различных длин выпусков, а также труб, выполненных из различных материалов.

Данные расчеты дают возможность оптимального подбора оборудования для транспортировки сточных вод мясоперерабатывающих предприятий.

Библиографический список

1. *Файвишевский М.Л.* Переработка непищевых отходов мясоперерабатывающих предприятий. СПб.: ГИОРД, 2000. 248 с.
2. *Кожин В.Ф.* Очистка питьевой и технической воды. М.: Изд-во литературы по строительству, 1971. 303 с.

УДК 637:628

ОСАЖДЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ В ВОДЕ ЧАСТИЦ В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОТСТОЙНИКАХ

**С.П. Григорьева, И.В. Пищулина, Л.К.Юрченко,
Дальрыбвтуз, Владивосток**

Выполнен расчет абсолютных скоростей выпадения частиц коагулированной взвеси в отстойниках, рассчитан угол наклона этих скоростей к горизонтали при различных значениях отношения длины отстойника к его высоте. Указано предпочтительное их соотношение в случаях устойчивого движения частиц.

Производство продукции мясоперерабатывающими предприятиями должно сопровождаться безотходностью производства. При этом не последняя роль должна быть отведена вопросам санитарии и защиты окружающей среды от вредных выбросов.

Безотходность производства достигается переработкой отходов на кормовые и технические цели. Вредные выбросы должны быть утилизированы.

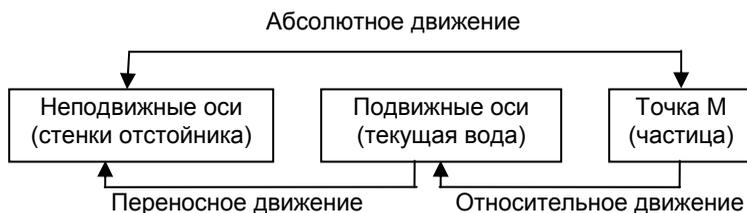
Каждое предприятие выбирает свои схемы утилизации отходов и очистки вредных выбросов. Из сточных вод удаляются крупные твердые включения с помощью решеток, сит, перфорированных желобов. Сточные воды отстаивают в песколовках и жироловках. Более полное

отделение растворенных примесей производят с помощью центрифуг, сепараторов и гидроциклонов. Очистление от мелких частиц производится флотационным способом (флотация, электрофлотация, электрофло-токоагуляция) и пенной сепарацией. После этого сточные воды подвер-гают биологической очистке, фильтрации и обезжириванию.

Использование перечисленных методов очистки и утилизации произ-водственных стоков мясокомбинатов и мясоперерабатывающих предпри-ятий обеспечивает охрану окружающей среды (водоемов, почвы, воздуха) от загрязнений, поддерживает экологическое равновесие в природе [1].

Рассмотрим движение взвешенных частиц коагулированной взвеси в от-стойнике и сравним с движением мутных вод, необработанных коагулянтном.

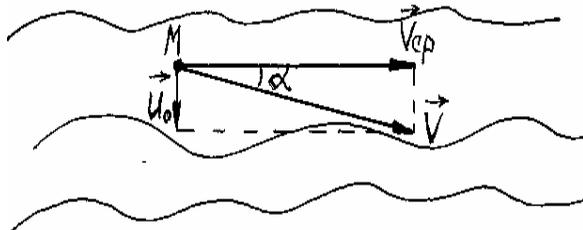
Каждая частица совершает сложное движение. Рассмотрим ее движение по отношению к двум системам отсчета, одну из которых (не-подвижную) свяжем с отстойником, а вторую (подвижную) с текущим потоком (схема).



Итак, сложное движение частицы сточных вод, обработанных коагулянтном введением двух систем отсчета, мы свели к совокупности двух простых движений, а именно к движению частицы относительно потока и движению самого потока.

По теореме о сложении скоростей абсолютная скорость частицы будет геометрической суммой скорости потока и скорости вертикально-го движения частицы:

$$\vec{V} = \vec{V}_{cp} + \vec{U}_0,$$



где \vec{V}_{cp} – средняя горизон- тальная скорость движения воды в отстойнике, \vec{U}_0 – скорость выпадения взвеси (рисунок).

Обратимся к табл. 1, по которой рекомендуется определять вертикальную скорость выпадения взвеси при различных горизонтальных скоростях движения воды в отстойнике [2].

Таблица 1

Скорость выпадения взвеси u_0 и средняя горизонтальная скорость движения воды в отстойнике V_{cp}

Характеристика обрабатываемой воды и способ обработки	Скорость выпадения взвеси u_0 , задерживаемой отстойником, мм/с	Средняя горизонтальная скорость движения воды в отстойнике V_{cp} , мм/с при значениях L/H , равны			
		10	15	20	25
Маломутные цветные воды с содержанием взвеси до 50 мг/л, обрабатываемые коагулянтом	0,35	2,6	3,5	4,2	4,7
	0,4	3,0	4,0	4,8	5,4
	0,45	3,4	4,5	5,4	6,1
Воды средней мутности с содержанием взвеси 50-250 мг/л, обрабатываемые коагулянтом	0,45	3,4	4,5	5,4	6,1
	0,5	3,8	5,0	6,0	6,8
Мутные воды с содержанием взвешенных веществ более 250 мг/л, обрабатываемые коагулянтом	0,5	3,8	5,0	6,0	6,8
	0,55	4,1	5,5	6,6	7,4
	0,6	4,5	6,0	7,2	8,1
Мутные воды, необрабатываемые коагулянтом	0,12	0,9	1,2	1,4	1,6
	0,13	1,0	1,3	1,6	1,8
	0,14	1,05	1,4	1,7	1,9
	0,15	1,1	1,5	1,8	2,0

Выполним расчет абсолютной скорости частицы и угла наклона ее к горизонтали, а результаты сведем в табл. 2, которая является аналогом табл. 1.

В таблице 2 отношение L/H есть отношение длины отстойника L к его высоте H . При $L/H = 10$ длина отстойника больше его высоты в 10 раз, при $L/H = 15$ – в 15 раз и т.д.

Средняя высота отстойника, т.е. средняя глубина зоны осаждения взвеси принимается в пределах 2,5-3,5 м.

Если длина отстойника в 15 раз больше его высоты, то $\alpha = 5^{\circ}43'$ при любых скоростях движения воды и скоростях выпадения взвеси по вертикали, почти то же самое мы наблюдаем при $L/H = 20$.

Таблица 2

**Абсолютная скорость выпадения взвеси и угол наклона
ее к горизонтали**

Характеристика обрабатываемой воды и способ обработки	Скорость выпадения взвеси U_0 , задерживаемой отстойником, мм/с	Абсолютная скорость выпадения взвеси V и угол наклона ее к горизонтали α при значениях L/H , равны			
		10	15	20	25
Маломутные цветные воды с содержанием взвеси до 50 мг/л, обрабатываемые коагулянтом	0,35	$\alpha=7^{\circ}40'$ $V=2,62$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=3,52$	$\alpha=4^{\circ}46'$ $V=4,21$	$\alpha=4^{\circ}15'$ $V=4,71$
	0,4	$\alpha=7^{\circ}36'$ $V=3,03$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=4,02$	$\alpha=4^{\circ}46'$ $V=4,82$	$\alpha=4^{\circ}14'$ $V=5,41$
	0,45	$\alpha=7^{\circ}32'$ $V=3,43$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=4,52$	$\alpha=4^{\circ}46'$ $V=5,42$	$\alpha=4^{\circ}13'$ $V=6,12$
Воды средней мутности с содержанием взвеси 50-250 мг/л, обрабатываемые коагулянтом	0,45	$\alpha=7^{\circ}32'$ $V=3,43$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=4,52$	$\alpha=4^{\circ}46'$ $V=5,42$	$\alpha=4^{\circ}13'$ $V=6,12$
	0,5	$\alpha=7^{\circ}30'$ $V=3,83$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=5,02$	$\alpha=4^{\circ}46'$ $V=6,02$	$\alpha=4^{\circ}12'$ $V=6,82$
Мутные воды с содержанием взвешенных веществ более 250 мг/л, обрабатываемые коагулянтом	0,5	$\alpha=7^{\circ}30'$ $V=3,83$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=5,02$	$\alpha=4^{\circ}46'$ $V=6,02$	$\alpha=4^{\circ}12'$ $V=6,82$
	0,55	$\alpha=7^{\circ}38'$ $V=4,14$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=5,53$	$\alpha=4^{\circ}46'$ $V=6,62$	$\alpha=4^{\circ}15'$ $V=7,42$
	0,6	$\alpha=7^{\circ}36'$ $V=4,54$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=6,03$	$\alpha=4^{\circ}46'$ $V=7,22$	$\alpha=4^{\circ}11'$ $V=8,12$
Мутные воды, необрабатываемые коагулянтом	0,12	$\alpha=7^{\circ}36'$ $V=0,91$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=1,21$	$\alpha=4^{\circ}54'$ $V=1,41$	$\alpha=4^{\circ}17'$ $V=1,605$
	0,13	$\alpha=7^{\circ}24'$ $V=1,01$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=1,31$	$\alpha=4^{\circ}39'$ $V=1,61$	$\alpha=4^{\circ}8'$ $V=1,805$
	0,14	$\alpha=7^{\circ}36'$ $V=1,06$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=1,41$	$\alpha=4^{\circ}43'$ $V=1,71$	$\alpha=4^{\circ}13'$ $V=1,91$
	0,15	$\alpha=7^{\circ}46'$ $V=1,11$	$\alpha=5^{\circ}43'$ $V=1,51$	$\alpha=4^{\circ}46'$ $V=1,81$	$\alpha=4^{\circ}17'$ $V=2,01$

Здесь $\alpha = 4^{\circ}46'$. Частица движется устойчиво по прямой. При $L/H = 10$ и 25 частица движется неустойчиво.

Следовательно, предпочтительное отношение $L/H = 15$ и 20 .

Если рассчитать точку выпадения частицы на дно отстойника, то при $L/H = 15$ точка выпадения определяется по формуле:

$$H/l = \operatorname{tg} 5^{\circ}43' = 0,1; \quad l = \frac{H}{\operatorname{tg} 5^{\circ}43'} = \frac{H}{0,1}.$$

При $H = 2,5$ м, $l = 25$ м; при $H = 3$ м, $l = 30$ м; при $H = 3,5$ м, $l = 35$ м.

С увеличением глубины отстойника на 0,5 м точка выпадения перемещается на 5 м в сторону течения.

Если длина отстойника в 20 раз больше высоты, то $\alpha = 4^{\circ}46'$. Точка выпадения находится по формуле

$$l = \frac{H}{\operatorname{tg} 4^{\circ}46'} = \frac{H}{0,0833}.$$

В этом случае точка выпадения перемещается каждый раз на 6 м в сторону течения при увеличении высоты отстойника на 0,5 м.

В результате приходим к выводу, что отстойник будет иметь устойчивое движение частицы при $L/H = 15$, т.е. когда длина больше высоты в 15 раз. Чем меньше глубина, тем быстрее частица осаждается на дно и ближе к началу движения, чем больше глубина, тем дальше от начала движения идет накопление осадка. Оптимальные размеры отстойника: $H = 2,5$ м, $L = 38$ м.

Библиографический список

1. *Файвишевский М.Л.* Переработка пищевых отходов мясоперерабатывающих предприятий. СПб.: ГИОРД, 2000. 248 с.
2. *Кожин В.Ф.* Очистка питьевой и технической воды. М.: Изд-во литературы по строительству, 1971. 302 с.

УДК 664.951:69.512

ОБОСНОВАНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ПРОЦЕССАХ ИХ ВОДНОГО ЭКСТРАГИРОВАНИЯ

В.М. Соколова, Ю.П. Маслюков, Дальрыбвтуз, Владивосток

Изучено влияние степени измельчения водоросли на процесс водного экстрагирования бурых водорослей. Выяснено, что с увеличением размера частицы водоросли от 3 до 100 мкм количество экстрагента возрастает более чем в 2 раза, а степень извлечения компонентов водорослей уменьшается более чем в 2,3 раза. Совместным рассмотрением процессов экстрагирования и удаления экстракта прессованием обосновано использование шинкованной водоросли ($L=3,5 \pm 0,5$ мм) при переработке водорослей в желеобразный продукт.

Бурые водоросли благодаря уникальному химическому составу широко используются для производства биологически активных веществ (БАВ), пищевых добавок функционального назначения. Также издавна водоросли используются для производства различных продуктов питания: кулинарной продукции, салатов или консервов. При термической обработке водорослей многие полезные вещества либо разрушаются, либо теряются с варочными водами.

Отмечено, что в технологиях производства БАВ из бурых водорослей теряется до 55-60 % минеральных солей, 7,0-12,0 % органических веществ (Огородникова и др., 1995; Ковалева, 1999; Вишневская, 2001).

В технологиях изготовления гелей из бурых водорослей («Модифилан», «Ламиналь») отсутствуют водорослевые отходы, но при производстве образуется от 70 до 100 дм³ технологических стоков на килограмм воздушно-сухой водоросли (Пат. РФ № 2030881; Пат. РФ № 2041656).

Ранее проведенными исследованиями была обоснована целесообразность проведения поэтапного водного экстрагирования, включающего предварительное экстрагирование (замачивание) воздушно-сухих водорослей и три экстракции (Маслюков, 2005; Маслюков, Соколова, 2006).

Целью данной работы явилось исследование влияния исходного размера водорослей на степень экстрагирования компонентов водоросли и последующее удаление экстракта из водорослевой массы.

В качестве исходного материала для исследований использовали ламинарию японскую сушеную (*Laminaria japonica* Aresh) двухлетнюю, добытую в Приморье в июне-августе, измельченную на куски размером от 100 мм до 3 мм и частицы эквивалентным диаметром 5 мм. В качестве экстрагента использовали воду. Процесс экстракции вели при массовом соотношении водоросль:экстрагент (гидромодуле) от 1:7 до 1:15; температуре 20±2 °С и продолжительности процесса до 12 ч.

Содержание сухих веществ в водорослях, экстрактах определяли стандартными методами (ГОСТ 26185-86), вязкость экстрактов – методом вискозиметрии на вискозиметрах типа ВПЖ-2 при диаметре капилляра вискозиметра (0,81-3,5)10⁻³ м.

Экспериментально получено, что степень измельчения водоросли в значительной степени влияет как на условия осуществления процессов экстрагирования, так и на выход сухих веществ в экстракт (табл. 1, 2).

С увеличением степени измельчения возрастает степень набухания водоросли и выход растворимых компонентов в экстракт, так как увеличивается удельная поверхность (поверхность водоросли в единице массы) водоросли и связанная с этим поверхность разрушенных клеточных мембран, которые, очевидно, обладают большей проницаемостью к экстрагенту и меньшим диффузионным сопротивлением, чем поверхностный слой слоевища.

Таблица 1

Влияние степени измельчения на выход растворимых компонентов водоросли в экстракт на стадии предварительного экстрагирования (гидро модуль 1:15, продолжительность 12 ч)

Сырье	Содержание сухих веществ, %		Масса водоросл. остатка, кг	Степень извлечения, %	Вязкость экстракта, η , 10^{-3} Па·с
	Экстракт	Водоросл. остаток			
Исходная водоросль	-	1,0	1,2	-	
Куски слоевищ длиной, мм					
- 100		24,5	3,7	9,9	1,8
- 50		21,4	4,2	14,2	1,8
- 30		20,3	4,4	17,7	1,9
Водоросль:					
- шинкованная (3 мм)	4,8	18,0	5,0	24,7	2,4
- дробленая ($d_{\text{экв}} = 5$ мм)	4,9	17,2	5,2	25,8	2,5

Вязкость экстрактов изменяется от 0,0018 до 0,0025 Па·с и не оказывает значительного влияния на процесс удаления экстракта. Но степень измельчения водоросли влияет на содержание водорослевых частиц размером менее 1,2 мм в экстракте, которое увеличивается пропорционально степени измельчения от 0,1 до 2,5-3,0 % для водоросли длиной 100 мм и шинкованной или дробленой ($L = 3$ мм, $d_{\text{экв}} = 5$ мм).

В задачу исследований входила минимизация расхода экстрагента для уменьшения количества жидких технологических стоков. Экспериментально установлено значение минимального гидро модуля и выход растворимых компонентов водорослей в экстракт (табл. 2).

При экстрагировании из целых слоевищ или кусков слоевищ (длина 30-100 мм) удельный объем водорослевой массы значительно возрастает за счет увеличения гидро модуля до 1:15, что приводит к возрастанию рабочего объема камеры экстрагирования. Кроме того, затруднено перемешивание ввиду значительной неоднородности смеси. Выход экстрагируемых веществ составляет от 12,7 до 9,9 %. Также происходит возрастание расхода экстрагента, необходимого для покрытия им водорослей (минимального гидро модуля) с $7 \text{ дм}^3/\text{кг}$ водоросли до $15 \text{ дм}^3/\text{кг}$ водоросли при увеличении длины куска водоросли с 3 до 100 мм. Вязкость экстрактов, полученных на этапе предварительного экстрагирования, осложненным набуханием водорослей, зависит от массы экстрагента, концентрации сухих веществ и составляет $0,0056 \pm 0,0018$ Па·с для частиц водоросли от 5 до 100 мм.

Таблица 2

Влияние степени измельчения на значения минимального гидромодуля и выхода растворимых компонентов водоросли в экстракт на стадии предварительного экстрагирования

Сырье	Условие обработки		Содержание сухих веществ, %		Масса водоросл. остатка, кг	Степень извлечения, %	Вязкость экстракта η , 10^{-3} Па.с
	$G_{\text{мин}}$	t , ч	Экстракт	Водоросл. остаток			
Исходная водоросль	-	-	-	-	1,2		
Куски слоевищ длиной							
- 100 мм	15	10		9,9	3,7	9,9	1,8
- 50	10	10		12,2	4,1	12,2	2,7
- 30	10	9		12,7	4,3	12,7	2,9
Водоросль							
- шинкованная (3 мм)	7,0	6	4,8	16,7	4,6	16,7	5,1
- дробленая ($d_{\text{экс}} = 5$ мм)	7,0	6	4,9	17,2	4,7	16,8	5,6

При отделении экстракта прессованием происходит закупорка отдельных объемов жидкости, а также значительная деформация и разрушение слоевищ в местах излома.

При использовании дробленой водоросли с размером частиц 3-8 мм набухание водорослевой массы и экстрагирование происходит значительно быстрее (4-6 ч) за счет увеличения поверхности массообмена, выход сухих веществ составляет до 16,7-16,8 %.

Увеличивается выход в экстракт некоторых веществ, например, йода экстрагируется в 2,5-3,2 раза больше. Однако при этом в экстракт переходит большое количество нерастворимых веществ, в том числе частиц клеточных стенок, тонкоизмельченных фрагментов водоросли. Затруднено разделение жидкой и твердой фаз, так как происходит запрессовка мелких частиц в свободные объемы, сокращение в связи с этим сечения для движения жидкой фазы. Мелкие частицы засоряют фильтрующую перегородку, снижая ее пропускную способность; требуется частая ее промывка и замена. Значительный выход сухих веществ также отмечается на стадиях нейтрализации (до 12,8 %).

Частицы измельченной на волчке водоросли сильно деформированы. При таком измельчении происходит их сильное сжатие и скручива-

ние и, как следствие, нарушение клеточных оболочек, что ухудшает условия экстрагирования.

Наилучшие результаты достигаются при использовании водоросли, шинкованной на полоски шириной 5 мм. Выход экстрагируемых веществ составляет 40-43,5 %, причем в экстракт переходят преимущественно растворимые вещества. Отделение жидкой фазы прессованием происходит достаточно эффективно. Продолжительность процесса больше, чем для мелкодробленой водоросли (экстрагирование происходит в течение 10-12 ч), но качество экстракта при этом выше.

Библиографический список

1. Вишневецкая Т.И., Аминина Н.М., Гурулева О.Н. Разработка технологии йодсодержащих продуктов из *Laminaria japonica*: // Изв. ТИНРО. 2001. С. 163-170.

2. Ковалева Е.А., Вишневецкая Т.И., Подкорытова А.В. Разработка технологии вкусовой быстрорастворимой приправы из *Laminaria japonica* // Изв. ТИНРО. 1999. Т. 125. С. 62-67.

3. Маслюков П.Ю. Исследование процесса экстрагирования при комплексном использовании компонентов бурых водорослей: Науч. тр. Дальрыбвтуза: Владивосток: Дальрыбвтуз. 2005. Вып. 17. С. 60-64.

4. Маслюков П. Ю., Соколова В.М. Обоснование технологических регламентов при переработке бурых водорослей // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 145. С. 369-375.

5. Огородникова А.А., Подкорытова А.В., Кушева О.А. и др. Технология переработки бурых водорослей – комплексная, экологически чистая // Химические и биологические основы обработки гидробионтов // Изв. ТИНРО. 1995. Т. 118. С. 142-146.

6. Патент РФ № 2030881 от 25.06.91 Способ переработки водорослей с получением продукта, содержащего альгинат натрия.

7. Патент РФ № 2041656 от 20.08.95 Способ получения пищевого полуфабриката из ламинариевых водорослей.

УДК 664. 951 (075.8)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ЛИНИЙ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Е.А. Супрунова, Ю.В. Поспелов, Дальрыбвтуз, Владивосток

Уточняется понятие коэффициента надежности машин и линий, приводятся формулы и примеры его расчета, рассматривается прогнозирование надежности технологической техники при ее проектировании.

Проблема надежности является одной из основных при создании любой техники. Надежность – это свойство машины или группы машин, соединенных в линию, сохранять свою работоспособность в течение продолжительного времени и производить качественный продукт в соответствии с заданным технологическим процессом. Надежность любого полуавтомата, автомата или линии определяется надежностью составляющих элементов – узлов, деталей и машин.

Основным показателем надежности является безотказность работы машины и линии, которая выражается в сохранении работоспособности техники в течение некоторого периода времени. Работоспособная техника может давать качественную продукцию, а неработоспособная либо простаивает из-за поломки деталей и узлов, либо не способна выпускать качественную продукцию. Показателем надежности машины или линии является вероятность их безотказной работы $P(t)$ (коэффициент надежности), которая характеризуется отношением времени безотказной работы к общему запланированному времени использования техники. Например, если вероятность безотказной работы машины в течение $t = 1000$ часов равна 0,95, это означает, что в среднем около 5 % машин такого типа потеряют свою работоспособность в течение запланированного времени, вероятность безотказной работы $P(1000) = 0,95$.

С точки зрения надежности линия или многооперационная машина обладает как отрицательными, так и положительными свойствами. К отрицательным факторам относятся большое число деталей и узлов, отказ которых может привести к отказу всей системы в целом. Кроме того, индивидуальные особенности отдельных машин и линий влияют на качество выпускаемой продукции.

Основное положительное свойство сложных систем заключается в том, что для правильно сконструированной линии или полуавтомата высокой производительности возможно восстановление работоспособности по частям без прекращения функционирования всей системы. Например, в сложном технологическом комплексе допускается временное отключение отдельных участков для их ремонта и наладки.

Теоретически любую машину или линию можно разделить на определенное число узлов и деталей. Каждая деталь или узел может характеризоваться своими особенностями, так или иначе влияющими на надежность системы. При анализе надежности линии или машины, составляющие их узлы или детали целесообразно разделить на следующие группы:

1) детали и узлы, отказ которых практически не влияет на работоспособность системы (деформация кожуха и др.). Такие неисправности рассматриваются изолированно от системы;

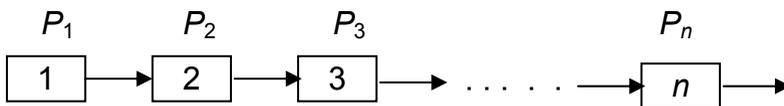
2) элементы, работоспособность которых за рассматриваемый промежуток времени практически не изменяется, т.е. $P(t = T) \rightarrow 1$ (станины, корпусные детали узлов, малонагруженные детали и узлы с большим запасом прочности);

3) элементы, ремонт и регулировка которых возможны при работе системы или во время остановок, не влияющих на эффективность использования техники (например, во время остановки из-за отсутствия сырья). К таким элементам можно отнести гидро- или вакуум-насадок, в котором возможна регулировка давления струи, разрезания во время работы;

4) детали и узлы, отказ которых приводит к отказу всей системы.

Рассмотрим в первую очередь элементы четвертой группы. Их отказ влечет за собой простой техники в ремонте, работу техники на пониженных режимах или с ухудшенными параметрами, в результате чего наносится экономический ущерб. Например, если разделочный полуавтомат не выпускает качественный полуфабрикат, необходимы дополнительные трудовые затраты на его доработку. Если экономический ущерб является значительным, то допустимая вероятность безотказной работы технологического оборудования должна быть высокой (например, $P(t)=0,99$), при незначительном экономическом ущербе вероятность безотказной работы может быть снижена до $P(t) \leq 0,9$.

Для расчета надежности, которая определяется надежностью составных элементов (деталей, узлов, машин), составляются структурные схемы. Допустим, машина включает в себя n -е число последовательно соединенных элементов четвертой группы (рисунок), надежность которых в отдельности характеризуется значениями P_1, P_2, P_3 и т.д. Обычно отказ любого элемента влечет за собой отказ машины в целом. Так, если в разделочной машине линейного типа разорвалось одно звено втулочно-роликовой цепи, то машина вышла на некоторое время из строя.



Структурная схема для расчета надежности машины

Очевидно, что вероятность безотказной работы машины зависит от вероятности безотказной работы всех элементов:

$$P(t) = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_i,$$

При одинаковой надежности всех элементов формула принимает вид:

$$P(t) = P_i^n,$$

где i – любой элемент системы.

Аналогично при последовательном соединении машин в линию вероятность ее безотказной работы зависит от безотказной работы машин:

$$P_n = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot \dots \cdot P_n(t).$$

Если все машины, входящие в линию, имеют одинаковую надежность, формула принимает вид:

$$P_n = P_n^i.$$

Машина, состоящая из большого числа деталей и узлов четвертой группы, может обладать низкой надежностью, несмотря на то, что надежность всех деталей достаточно высока. Например, надежность одного звена цепи линейной разделочной машины $P_1 = 0,9999$. Машина имеет четыре цепи с одинаковым числом звеньев, равным 125. В этом случае надежность цепей машины

$$P(t) = (0,9999)^{500} = 0,95.$$

Если учесть, что разделочная техника включает ряд однотипных элементов (например, захваты для головы сайры в машине типа ИРПС), которые не обладают 100%-й надежностью, становится ясно, что вероятность отказа даже при высокой надежности составляющих элементов резко увеличивается.

Если в одну линию или агрегат последовательно соединяется несколько машин, вероятность отказа сложной новой системы увеличивается. Допустим, в одну линию последовательного агрегатирования собраны следующие машины: элеватор для загрузки сырья, ориентатор, поштучный разделитель и разделочная машина. Пусть вероятность безотказной работы всех машин в отдельности одинакова и составляет $P(t) = 0,95$. Тогда вероятность безотказной работы линии

$$P_n(t) = 0,95^4 = 0,815.$$

Надежность машины закладывается при ее проектировании. Рассмотрим последовательность подхода к прогнозированию надежности по рабочим чертежам. Первым этапом является анализ рабочих чертежей машины, оценка сложности технического исполнения и разбивка деталей и узлов на группы. Элементы четвертой группы разбиваются на подгруппы: к первой подгруппе относятся наиболее ответственные детали, ко второй все прочие, выход из строя которых ухудшает работу машины и в течение некоторого времени не приводит к отказу. Например, в разделочной машине к деталям первой подгруппы относятся звенья цепи, на которых устанавливаются колодки для рыбы; детали, передающие вращение от двигателя; рабочие органы в виде ножей, щеток и т.д. Ко второй подгруппе относятся всевозможные резиновые

прокладки, уплотнительные кольца и т.п. Кроме того, следует учитывать наличие пар трения, а также особенности крепежа. Крепеж, в результате поломки которого может произойти отказ, относится к первой подгруппе, а менее ответственный – ко второй.

Очевидно, что детали первой подгруппы должны обладать большей надежностью по сравнению с деталями второй подгруппы. Этим обусловлены величины вероятности безотказной работы машины по деталям первой и второй подгрупп. Если при отказе деталей второй подгруппы машина продолжала работать нормально, то условно можно говорить о безотказной работе машины, ориентируясь только на детали первой подгруппы. Однако отказы деталей второй подгруппы приводят впоследствии к интенсивному износу и отказу деталей первой подгруппы. Например, при отказе маслоудерживающего кольца выходного вала редуктора через определенное время уровень масла в картере снижается, происходит интенсивный нагрев передач, в результате чего увеличивается износ зубцов шестерен и следует отказ элементов этого узла.

Прогнозируемый расчет вероятности безотказной работы проектируемой машины выполняется согласно приведенной структурной схеме (см. рисунок). Условный срок для оценки надежности техники должен характеризоваться продолжительностью путины и длительностью межремонтного периода. Например, для сайроразделочных машин срок для оценки надежности равен 110-120 дням, в течение которых происходит интенсивный лов и обработка рыбы. Если отсутствуют статистические данные по вероятности безотказной работы отдельных элементов по подгруппам деталей за этот период, то, исходя из опыта эксплуатации техники, необходимо задаться их значениями. Очевидно, что вероятность безотказной работы машины будет зависеть от вероятности безотказной работы элементов двух подгрупп четвертой группы. Расчет надежности проектируемой техники выполняется согласно структурной схеме (см. рисунок) по известной формуле.

Приведенное прогнозирование вероятности безотказной работы является приближенным, однако в какой-то мере может характеризовать уровень проектируемой техники. Ясно, что для технологической линии, состоящей из машин последовательного действия, вероятность безотказной работы уменьшится.

Один из простых приемов повышения надежности техники – уменьшение числа элементов и пар трения четвертой группы в машине или линии. Это возможно сделать даже без уменьшения общего числа узлов и деталей машины, если часть элементов четвертой группы перевести в другие группы элементов, которые не влияют на работоспособность системы. С этой целью необходимо тщательно проанализировать действующие на элементы нагрузки, возможность быстрой подналадки и регулировки некоторых элементов. Однако необходимо учитывать, что перевод элементов четвертой группы в другие группы возможен после полного обоснования их безотказной работы. В некоторых

моделях машин детали четвертой группы иногда заменялись. Так, в первых разделочных машинах рыбы при обработке зажимались движущимися створками (захватами), которые были ненадежны в работе. В последующих моделях серийно выпускаемых машин захваты почти не применяются, их заменили колодки из различных пластмасс.

При проектировании техники конструктор должен учитывать, что значительное повышение ее надежности при эксплуатации достигается за счет стандартизации и унификации деталей и узлов, резервирования элементов машины или линии. В этом случае значительно повышается ремонтпригодность оборудования, а следовательно, время его безотказной работы. Резко увеличивает вероятность безотказной работы линии параллельное или параллельно-последовательное резервирование машин, способных в случае необходимости полностью заменить вышедшую из строя технику.

Библиографический список

1. *Поспелов Ю.В.* Машины, автоматы, поточные линии и их проектирование. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. 234 с.
2. *Труханов В.М.* Надежность технических систем типа подвижных установок на этапе проектирования и испытания опытных образцов. М.: Машиностроение, 2003. 216 с.

УДК 664. 951 (075.8)

ПРОГРЕССИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ

Ю.В. Поспелов, Е.А. Супрунова, Дальрыбвтуз, Владивосток

Обосновывается понятие прогрессивного технологического процесса, приводятся примеры его совершенствования по мере развития научно-технического прогресса, формулируются необходимые условия для проектирования технологического оборудования, обобщается развитие техники.

Прогрессивные машинно-аппаратурные схемы производства продукции в первую очередь должны иметь прогрессивные технологические процессы обработки сырья и полуфабриката. Обычно очень сложно выбрать прогрессивный технологический процесс из большого количества вариантов его выполнения, так как он должен органически вписываться в производственную линию [1].

Технологический процесс, который является прогрессивным на данном этапе, через некоторое время может устареть и уступить место более совершенному с точки зрения достижения высокого качества

выпускаемого полуфабриката и продукции, большей производительности и экономичности. Например, разделку мелких и средних рыб до недавнего времени производили без сортирования, что отрицательно отражалось на качестве разделанного и процентном выходе полуфабриката (по отношению к обрабатываемой массе). Это объясняется тем, что ножи для отрезания головы и хвостового плавника рыб при разделке в современных машинах встречают сырье в определенной позиции, а не совершают внутри нее относительного перемещения с целью обработки сырья различного размерного состава. Во всех серийно выпускаемых машинах ножи для отрезания головы и хвостового плавника имеют определенную плоскость реза, поэтому при базировании сырья головой или хвостом до упорной планки у рыб того же вида, но различных размеров вместе с головой и плавником отрезается и попадает в отходы значительная часть мяса.

Кроме того, при удалении внутренностей, например, с помощью вакуума или подрезанием головы с последующим отводом ее вместе с содержанием брюшной полости в сторону, для несортированной рыбы качество разделки резко снижается. Это объясняется тем, что при разделке рыб различных размерных фракций желательнее, чтобы проходные отверстия вакуум-насадков имели разные диаметры, а колодки для сырья различного размерного состава были соразмерны [2].

Попытки устранить указанные недостатки и увеличить выход пищевой продукции путем модернизации разделочной техники не привели к желаемому результату, и возникла необходимость создания сортировочных машин. Новые машины для сортирования рыб занимают достойное место в производстве. Выход пищевой продукции увеличивается, и внедрение данной техники экономически оправдано. Данный технологический процесс на этом этапе развития техники можно считать прогрессивным.

Но сортировочные машины, которые находятся в стороне от технологической линии разделки сырья, могут стать тормозом при создании более прогрессивных технологий процесса. Эти машины имеют промежуточные транспортные связи между собой и связи для подвода сырья и отвода различных размерных фракций. Такой набор техники можно характеризовать как сортировочную линию со своим технологическим процессом. При сортировании рыбы на три размерные фракции и более производительность разделочных машин, настроенных на обработку рыб определенного размерного состава (диапазона), резко снижается. Это связано с тем, что размерный состав добытого сырья ежедневно колеблется, и в отсортированных фракциях трудно иметь одинаковое количество рыбы.

В итоге прогрессивным может быть процесс, при котором операция сортирования органически связана с процессом разделки, а транспортные нетехнологические связи, существующие на технологических линиях, ликвидируются. Такой процесс обмера сырья перед его разделкой и дальнейшим филетированием использует немецкая фирма «Баадер».

Не всегда три основных параметра (высокое качество полуфабриката, большая производительность и экономичность) являются преобладающими при определении прогрессивности технологического процесса. Если лучший по данным параметрам процесс выполнения технологической операции плохо komponуется в создаваемой машинно-аппаратурной схеме линии и является тормозом при конструкторской проработке технологической техники, его необходимо заменить другим. Следующий процесс может иметь, допустим, меньшую производительность технологической операции, но качество обработки продукта всегда должно быть высоким.

На обоснование прогрессивного технологического процесса в значительной степени влияет уровень механизации и автоматизации участков и линий в целом. Если новый процесс подбирается для линии автоматизированного производства, то многие дополнительные требования, предъявляемые к нему, будут другими по сравнению с требованиями при использовании техники в механизированной линии. Появляются дополнительные условия, связанные с изменением функций обслуживающего персонала и работой автоматической линии. Сюда относятся повышенные требования надежности, ремонтпригодности технологических систем, унификации и стандартизации элементов машин и линий, металлоемкости и компактности конструкций. Прогрессивность машинно-аппаратурных схем технологических линий характеризуется их универсальностью при обработке сырья различного вида, отсутствием крайне лимитирующих операций, способных резко уменьшить производительность линии или качество выпускаемого продукта.

Обслуживающий персонал автоматической линии должен свободно контролировать систему технологических процессов и влиять на качественное выполнение технологических операций и производственного процесса в целом. Это требует рационального расположения освещительной индикации и органов управления технологическими процессами, а также основных рабочих органов, выполняющих различные операции.

Анализируя прогрессивность технологических процессов для автоматических линий, нельзя недооценивать синхронизацию работы последовательно расположенных машин и устройств, а также межоперационное технологическое транспортирование сырья и полуфабриката.

Для любых линий производства продукции нельзя считать прогрессивной систему процессов, при работе которой суммарный уровень шума и вибраций на рабочих местах превышает допустимые нормы. В этом случае необходимо выявлять отдельные технологические процессы машинно-аппаратурной схемы производства продукции, которые отрицательно влияют на всю систему. В целом прогрессивная система процессов должна быть приспособлена к человеку с точки зрения экономики, безопасной для здоровья, не должна быть источником производственных вредностей (шума, вибрации, повышенной температуры, влажности и др.).

Понятие прогрессивности технологических процессов и машинно-аппаратурных схем линий производства продукции для малых предприятий может быть несколько другим по сравнению с большими предприятиями. Основными требованиями наряду с качеством выпускаемой продукции и экономичности процессов могут быть требования универсальности, быстрой переналаживаемости на выпуск другой продукции, малогабаритности техники, а также ее небольшой энергоемкости.

Выбор метода обработки сырья и полуфабриката базируется на знании технологии, которая непрерывно совершенствуется, а вместе с ней может совершенствоваться обработка, появляться новые рабочие органы. Обоснование физической сущности процесса, в основе которой лежит взаимодействие между рабочими органами машины и обрабатываемым объектом, является творческой задачей, нередко граничащей с изобретательством. При этом необходимо знакомиться с последними отечественными и зарубежными достижениями в данной области, заимствуя их по мере возможностей из смежных отраслей промышленности.

Совершенствование процесса связано с глубоким познанием его физической сущности. Например, процесс резанья головы рыбы зависит от угла заточки режущей кромки ножа, скорости относительного движения, материала ножа и т.д. При изучении процесса необходимо точно знать величину усилий, возникающих при резании, что позволяет правильно запроектировать размеры звеньев механизмов из условий требуемой прочности, выбрать электродвигатель.

Перед началом проектирования технологической техники необходимо:

- 1) тщательно изучить процесс, обрабатываемое сырье или полуфабрикат;
- 2) проанализировать возможные варианты выполнения процесса машинным способом;
- 3) исследовать взаимодействие рабочих органов с обрабатываемым объектом;
- 4) обосновать прогрессивный технологический процесс;
- 5) выбрать рабочие и исполнительные механизмы;
- 6) предложить принципиальную (технологическую) схему машины.

При оценке конструкции той или иной машины, прежде всего, необходимо выяснить, насколько осуществляемый ею технологический процесс соответствует последним достижениям науки и техники. На стадии предпроектных исследований можно не принимать во внимание конструктивное оформление приводных механизмов и компоновку машины в целом. Важно установить закономерности самого технологического процесса и выявить оптимальные условия его протекания, а также значение усилий при взаимодействии рабочих органов с обрабатываемым объектом.

Однако полностью отрывать технологический процесс от его конструктивного оформления нельзя. Производительность, работоспособность, надежность, экономичность и другие показатели реальных ма-

шин зависят не только от того, как организовано технологическое взаимодействие между рабочим органом и обрабатываемым объектом, но и от того, насколько рациональна конструкция всей машины в целом и насколько качественно она изготовлена. При выборе технологической схемы многооперационной поточной машины необходимо понимать, что схема может быть лучше и проще, если путь внутримашинного транспортирования обрабатываемого объекта меньше.

Развитие технологических схем находится в прямой зависимости от научно-технического прогресса в области современной технологии производства различной продукции, уровня автоматизации и механизации производственных процессов. Для поточных линий всегда сохраняются тенденции создания технологической техники и систем в целом более совершенных, которые обладают высокой надежностью, являются более производительными и экономически выгодными. Например, механизированные линии выпуска определенной продукции. Желательно стремиться на следующем этапе их совершенствования сделать комплексно-механизированными, комплексно-механизированные классом выше.

Если рассматривать отдельные производственные процессы, то следует заострять внимание на наиболее трудоемких, имеющих не столь высокие значения показателей уровня механизации и автоматизации. Технологическая техника для обеспечения новых современных технологий может быть самой разнообразной, в том числе различного класса. Однако для обеспечения перспективного технологического процесса производственной автоматической линии компоновое оборудование не может быть выше второго класса.

Перспективным направлением для разработчиков техники является создание оборудования высокого класса (преимущественно третьего) с использованием средств компьютерной и микропроцессорной техники. Такую технику (разделочную, филетировочную и т.д.) можно выпускать для малых и крупных предприятий с различными технико-экономическими характеристиками (габариты, потребляемая мощность, производительность и др.).

Проблему создания производственных автоматических линий можно решить путем научно-обоснованного параллельно-последовательного агрегатирования технологической техники, выполняющей лимитирующие операции. Эти части общей производственной линии должны иметь четко выраженную геометрическую ось, по возможности прямоугольную компоновку в плане. К основным требованиям по созданию такой техники относятся ее универсальность (например, при обработке сырья разного вида), унификация и стандартизация узлов, надежность и ремонтпригодность, компактность и модульное (блочное) построение. Под модулями в данном случае понимается часть линии, способная работать самостоятельно и полностью выполнить технологический процесс. Дифференциация и концентрация разноименных и одноименных операций должны быть обоснованы так, чтобы отдельный

модуль (в случае необходимости) работал как автоматическая линия (или ее часть) на малых и средних предприятиях или резервировался на случай отказа одного из работающих.

Развитие системы прогрессивных технологических процессов и машинно-аппаратурного оборудования производственных линий может корректироваться с появлением новых видов продукции, более современных способов обработки сырья и полуфабриката.

Библиографический список

1. *Панфилов В.А., Ураков О.А.* Технологические линии пищевых производств: создание технологического потока. М.: Пищ. пром-сть, 1996. 472 с.

2. *Поспелов Ю.В.* Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2005. 328 с.

УДК 664.95

О КАЧЕСТВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ РЫБНЫХ И ГОЛОТУРИЕВЫХ КОРМОВ

В.Я. Комбаров, Ю.В. Каклюгин, А.А. Мисаковский, А.В. Перебейнос, Дальрыбвтуз, Владивосток

Рассматривается необходимость уточнения требований к кормовой продукции, используемой в производстве комбикормов для объектов аквакультуры: тихоокеанских лососей и голотурий. Продукция, изготовленная предприятиями Дальневосточного региона, недостаточно соответствует требованиям к кормовым ингредиентам для культивируемых объектов.

Использование в Дальневосточном регионе рыбных кормов, приготовленных по традиционным рецептам, применяемых в качестве голотуриевых кормов на протяжении всего XIX в., в различных районах страны, показало, что они не всегда имели достаточно хорошие качественные показатели [1]. Это связано с низким качественным показателем стандартной кормовой продукции из морского сырья, которая предназначается для выращивания сельскохозяйственных животных и птиц, а не для использования ее в качестве ингредиентов кормов для аквакультуры.

Корма для молоди трепанга – это одна из нерешенных проблем аквакультуры. Для пополнения запасов этого важного объекта необходимо решить вопрос обеспечения кормами молоди на индустриальном уровне, а именно, за счет высококачественных искусственных кормов собственных разработок с учетом международного опыта.

Испытательный центр оценки качества продукции (Дальрыбвтуз) провел обработку образцов импортного корма для трепанга с целью получения ряда важных показателей: содержание макро- и микроэлементов (табл. 1); содержание жирных кислот (табл. 2); микробиологическая оценка.

Таблица 1
Содержание макро- и микроэлементов в корме для трепангов

Наименование показателя	Фактическое количество, мг/кг	Предполагаемые ПДК, мг/кг
Hg	не определен	0,3
Cd	0,75	2,0
Pb	17,75	10,0
Cu	11,75	10,0
Zn	61,50	200,0
Fe	4705	не нормируется
Cr	27,75	не нормируется
Ni	12,50	не нормируется
Ca	4882	не нормируется
K	26760	не нормируется
Na	38187	не нормируется
Mg	3399	не нормируется
As	не определен	5,0

Таблица 2
Содержание жирных кислот в корме для трепанга

Кратко	Название жирной кислоты	Содержание, % в корме	Содержание, % в сельди
14:0	Миристиновая	4,14	8,18
16:0	Пальмитиновая	26,87	12,04
18:0	Стеариновая	1,71	0,8
16:1 ω 7	Пальметоолеиновая	6,32	10,46
18:1 ω 9	Олеиновая	13,71	17,83
18:2ω6	Линолевая*	5,5	0,42
18:3ω3	Линоленовая*	9,21	3,79
20:4ω6	Арахидоновая *	0,64	0,17
20:5 ω 3	Эйкозапентаеновая	0,45	6,14
22:6 ω 3	Докогексаеновая	-	6,06

* Незаменимая жирная кислота

О предельно допустимых концентрациях (ПДК) для трепанга в доступных нам источниках информации нет данных. Поэтому оценка сделана в сравнении с известными сырьевыми продуктами: ракообразны-

ми, моллюсками, водорослями, являющимися естественными источниками питания в природе. Из табл. 1 видно превышение ПДК по свинцу и меди. Возможно, для голотурий (трепанг) это и допустимо.

В связи с отсутствием критериев качества кормов для трепанга и необходимостью их разработки целесообразно провести апробации предлагаемых показателей на *Tetrachumena ryuriphormis* известными методами по оценке качества продукции из гидробионтов.

Также проведена микробиологическая оценка корма. Из полученного заключения следует:

1. Отбор и обработка результатов анализа проводились стандартными методами, принятыми в рыбной промышленности.

2. В результате исследования выявлено, что КМАФАМ корма $2,4 \times 10^5$ – это на порядок выше нормативного (10^4), принятого для рыбной муки. На чашке Петри высеялось споровая аэробная микрофлора.

Микромицеты присутствуют в количестве $6,0 \times 10^2$. Это *Penicillium digitatum*, вызывающий аллергию, бронхиты, пневмонию. Их воздействие на трепанга предстоит еще исследовать.

Чтобы убрать большое число спорных микроорганизмов в корме, его можно обработать карбамидом, аскорбиновой кислотой. Возможна дробная стерилизация, в результате которой споровые прорастут в вегетативные формы и погибнут.

Не располагая достоверными данными хранения корма от момента его изготовления и до времени использования, можно предположить следующее. При неоптимальном режиме хранения корма необходим микробиологический анализ.

Рассмотрим четыре вида компонентов, являющихся значимыми в рецептуре кормов для объектов аквакультуры. Рыбная кормовая мука – основной компонент в кормах для лососей, также используется для голотурий (трепанг). Водорослевая мука – основной компонент в кормах для голотурий (трепанг). Рыбный кормовой фарш эффективен при подращивании лососевых в условиях низких температур воды. Рыбный ветеринарный жир – важнейший источник энергии искусственных кормов, в том числе для трепангов. Эти виды продукции, изготовленные предприятиями ДВ региона и хранившиеся в пределах сроков, гарантированных соответствующей документацией, имели следующие качественные показатели липидов как основного лимитирующего ингредиента. Кислотное число жира (в мг КОН) соответственно: от 28,1 до 57,8; от 43,6 до 84,1; от 24,0 до 41,4; от 0,8 до 6,4. Йодное число (в % I_2), соответственно: от 145,1 до 163,6; от 98,3 до 154,1; от 63,0 до 149,7; от 107,5 до 137,2. Перекисное число от 0,1 до 0,8 % йода во всех образцах в зависимости от различных способов переработки, вида сырья и сроков хранения компонентов комбикормов заметно отличались общим химическим составом и содержанием аминокислот.

Были изготовлены опытные корма с использованием кормовой продукции одного наименования, но выработанной из различного сырья

[4, 5]. Предлагаемые для рассмотрения показатели выбраны на основе требований к готовым рыбным комбинированным кормам [2, 3].

Возникла необходимость уточнения требований к кормовой продукции, используемой для производства кормов для объектов аквакультуры. По результатам исследований представлены проекты требований к компонентам кормов из морского сырья (табл. 3-6).

Таблица 3

Требования к качеству рыбной муки

Показатель	Характеристика и норма	
	для стартовых кормов	для производционных кормов
Наименование продукции	Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих и ракообразных и беспозвоночных	
Назначение продукции	Для подрачивания молоди	Для товарного выращивания лососей и содержания производителей трепанга для нереста
Цвет	От белого до светло-коричневого, желтого, розового, светло-серого	От серого до коричневого; черный не допускается
Запах	Свойственный доброкачественной продукции	Допускается слабый запах окисленного жира
Крупность помола	Остаток на сите Ø0,3 мм – не более 10 %	Остаток на сите Ø0,6 мм – не более 10 %
Массовая доля, %:		
влаги, не более	10	12
жира не более	8	12
минеральных веществ, не более	20	30
протеина, не менее	55	48
В том числе из:	50	42
ракообразных антиоксидантов (ионола или дилудина)	0,02-0,05	0,05+0,1
Качество липидов муки:		
перекисное число (% I ₂), не более	0,2	0,5
кислотное число (мг КОН), не более	40	70
йодное число (% I ₂), не менее	80	70
Срок хранения с момента выработки (мес.), не более	5	10

Таблица 4

Требования к качеству кормовой муки из водорослей

Показатель	Характеристика и норма	
	для стартовых кормов	для продукционных кормов
Наименование продукции	Порошок пищевой из ламинарии	
Назначение продукции	Для подращивания молоди	Для товарного выращивания лососей и содержания производителей трепанга для нереста
Цвет	От светло-зеленого до зеленого, светло-серого и светло-бурого	От серого до буро-коричневого; коричнево-черный не допускается
Запах	Свойственный доброкачественной продукции	Допускается специфический водорослевый
Крупность помола	Остаток на сите Ø 0,3 мм – не более 10 %	Остаток на сите Ø 0,6 мм – не более 10 %
Массовая доля, %: Влаги, не более	10	12
липидов экстрагируемых эфиром, не более	1	1
минеральных веществ, не более	20	30
углеводов, не менее	45	35
протеина, не менее	20	10
антиоксидантов (ионола или дилудина)	0,02-0,05	0,05-0,1
Качество липидов муки: перекисное число (% I ₂), не более	0,2	0,5
кислотное число (мг КОН), не более	40	70
йодное число (% I ₂), не менее	80	70
срок хранения с момента выработки (мес.), не более	6	12

Таблица 5

**Требования к качеству фаршей кормовых
рыбных и крилевых**

Показатель	Характеристика и норма	
	для стартовых кормов	для производственных кормов
Наименование продукции	Фарш кормовой	
Назначение продукции	Для подращивания молоди лососевых рыб	Для товарного выращивания лососевых рыб
Цвет	От серого до светло-коричневого	От коричневого до темно-серого
Запах	Свойственный свежей рыбе	Допускается специфический
Крупность помола	Пастообразная однородная густая масса Ø частиц менее 0,3 мм	Слегка разжиженная однородная масса с Ø частиц менее 0,6 мм
Массовая доля, %: влаг, не более жира, не более минеральных веществ, не более протеина, не менее антиоксидантов (ионола или дилудина)	80 5 10 12 0,02-0,05	85 10 14 8 0,05-0,1
Качество липидов муки: перекисное число (% I ₂), не более кислотное число (мг КОН), не более йодное число (% I ₂), не менее	0,2 40 80	0,5 70 70
Допустимый срок хранения с момента изготовления при -18 °С, мес.	2-3	6-7

Таблица 6

Требования к качеству жира из морского сырья

Показатель	Характеристика и норма	
	для стартовых кормов	для продукционных кормов
Наименование продукции	Жир ветеринарный из рыбы и морских млекопитающих	
Назначение продукции	Для подращивания молоди	Для товарного выращивания лососей и содержания производителей трепанга для нереста
Цвет	От светло-желтого до желтого, оранжевого и красного	От светло-коричневого до коричневого; черный не допускается
Запах	Специфический	Допускается слабый запах окисленного жира
Крупность помола	При 30 °С прозрачная жидкость	Слегка опалесцирующая при 30 °С жидкость
Массовая доля, %:		
влаги, не более	Не допускается	1
неомыляемых веществ, не более	2	6
витамина А, и.е., не менее	500	350
витамина D ₂ и D ₃ , и.е., не менее	100	50
антиоксидантов (ионола или дилудина)	0,02-0,05	0,05-0,1
Качество липидов муки:		
перекисное число (% I ₂), не более	0,2	0,5
кислотное число (мг КОН), не более	2	5
йодное число (% I ₂), не менее	80	70
Допустимый срок хранения с момента изготовления, мес.	8	10

Поскольку содержание и качество различных питательных ингредиентов в кормовой продукции обусловлено многими факторами: видом сырья, режимами и сроками хранения, технологией изготовления, то для каждого вида компонентов кормов оно оговаривается специально.

Но такой показатель, как качество липидов, нормируется минимально допустимым значением (для обеспечения высокого качества ингредиентов или готовых кормов при хранении). При этом предлагается применение антиоксидантов, доза которых нуждается в уточнении.

Очевидно, что для приготовления кормов предпочтительнее использовать свежие компоненты, но это не всегда возможно, как это видно из предварительных исследований качества кормовой продукции при хранении в течение гарантированных изготовителем сроков. Поэтому нами предложены сокращенные сроки хранения кормовых продуктов (см. табл. 2-5).

Таким образом, при сравнении предлагаемых требований к компонентам кормов в аквакультуре и реальных показателей качества продукции ГОСТ 2116-2000. «Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих и ракообразных и беспозвоночных», ТУ 15-01 90-96. «Порошок пищевой из ламинарии», ОСТ 15-110-96. «Фарш кормовой», ГОСТ 9393-82. «Жир ветеринарный из рыбы и морских млекопитающих» установлено, что нужна более высококачественная кормовая продукция из гидробионтов, особенно для молоди лососевых рыб и трепанга. Более того, продукция с другим содержанием питательных компонентов, в том числе незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, углеводов, эссенциальных микро- и макроэлементов в минеральных веществах не соответствует той продукции, которую обычно производит промышленность. Необходимо установить с помощью компьютерного моделирования соответствующие режимы переработки гидробионтов и уточнить предельно допустимые сроки хранения кормовой продукции, используемой в качестве компонентов в рыбных и голотуриевых кормах.

Решение этих задач актуально на фоне уменьшения объемов вылова водных биологических ресурсов, снижения доли производства из них кормовой продукции, изменения видового состава уловов, ориентировании большей части живого или охлажденного производства сырья за рубеж и, как следствие, снижения качества продукции, поступающей на внутренний рынок.

Таким образом, необходимо уточнить требования к кормовой продукции из гидробионтов, используемой в производстве комбикормов, для объектов аквакультуры: тихоокеанских лососей и голотурий.

Библиографический список

1. *Валова В.Н., Комбаров В.Я.* Развитие липоидной дегенерации печени у культивируемой молоди кеты: Матер. IV всесоюз. конф. по марикультуре. Владивосток, 1983. С. 121-122.

2. *Канидьева А.Н., Гамыгин Е.А.* Руководство по кормлению радужной форели полноценными гранулированными кормами. М.: ВНИИПРХ, 1977. 91 с.

3. *Козлов В.И., Никифоров-Никишин А.Л., Бородин А.Л.* Аквакультура. М.: Изд-во «Колосс», 2006. 448 с.

4. Комбаров В.Я., Перебейнос А.В. Результаты испытаний искусственных кормов при культивировании кеты / Состояние и очередные этапы развития марикультуры в Приморье. Владивосток: ОНТИ ЦПКТБ Дальрыбы, 1982. С. 18-24.

5. Перебейнос А.В. О получении гранулированных кормов для тихоокеанских лососевых рыб: Сб. «Рыбохозяйственное использование ресурсов Мирового океана». М.: ЦНИИТЭИРХ, 1980. С. 13-16.

УДК 664.95

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ОБРАБОТКЕ ГИДРОБИОНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ВЫРАЩЕННОЙ МОРСКОЙ КАПУСТЫ)

А.А. Мисаковский, А.В. Перебейнос, Дальрыбвтуз, Владивосток

Приведен метод компьютерного моделирования для выбора лучшего режима обработки объектов аквакультуры на примере вареной морской капусты.

Общий вылов рыбы и нерыбных биоресурсов в России на 2006-2007 гг. составляет около 4 млн т в год при потенциальной базе 9 млн т. Соответственно это обусловило снижение потребления населением России морепродукции с 20 до 9-10 кг при физиологической норме более 23 кг в год. Причем в общем объеме пищевой продукции из гидробионтов около 3 млн т до 70 % составляет мороженая рыба и только 7 % свежая и охлажденная [1], которая, как известно больше ценится своими свойствами, чем мороженое сырье. Аквакультура, на данный момент, – это хорошо развивающаяся отдельная отрасль в рыбной промышленности, и в Дальрыбвтузе ей уделено большое внимание.

Сырье из объектов аквакультуры (ОА) однозначно отличается от традиционного вида не только по химическому составу (содержание воды, эссенциальных белков, жиров, макро- и микроэлементов), но и по структурно-механическим свойствам рыбы, что ведет к изменению технологических параметров при переработке (температуры, времени), расхода сырья и выхода готовой продукции, влияющих на рентабельность предприятия [1].

Применяемые нормы расчета выхода готовой продукции для традиционного (дикого) сырья в рыбной промышленности, а также регулирования и создания технологической линии были разработаны еще в 60-70-х гг., представляющие на данный момент как примерные.

Использование новых видов сырья из ОА требует иных подходов в разработке технологических режимов, поэтому целесообразно в качестве инструмента исследования использовать методы компьютерного моделирования (КМ) [2].

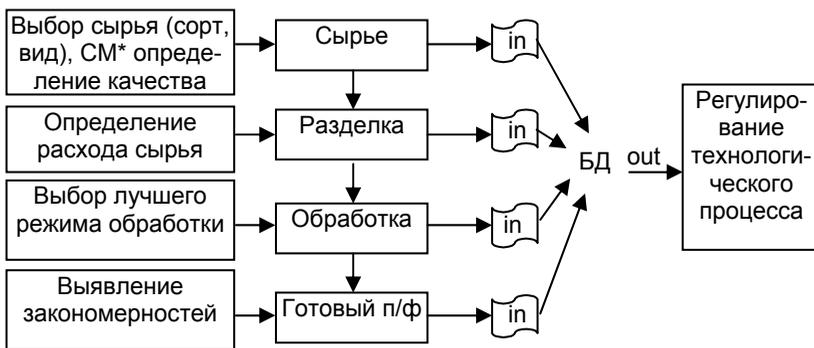
Целью работы является установление влияния температуры и времени обработки на выход, качество и структурно-механические свойства (СМС) морской капусты (*Laminaria japonica*), выращенной и дикой, найти закономерности обработки различных видов сырья математическим методом с применением логики и создать компьютерную модель технологического процесса.

КМ технологического процесса представляет собой комплекс или одну программу, имеющую базу данных (БД) нормативных документов для выбора лучшего режима обработки при производстве моделируемого продукта, что позволяет оценить предполагаемые показатели: выход, стоимость продукции, способ хранения готовой продукции и т.д., а в итоге сделать упор на значимые характеристики моделируемого продукта (рис. 1) [2].

Функциональный продукт – это изделие, которое выполняет полезные функции для организма человека, но не является лечебным [3].

Для КМ технологического процесса необходимо использовать программу, имеющую БД физико-химических, структурно-механических свойств (СМС) гидробионтов для комбинирования продуктов и получения функциональных пищевых изделий [2].

Программа должна иметь не только БД, но и возможность регулировать выход и качество продукта для сохранения и повышения биологической ценности сырья. Метод полного факторного эксперимента позволит решить проблему регулирования термообработки [2].



*СМ – структурно-механическое

Рис. 1. Схема моделирования технологической линии из ОА

В настоящее время все больше внедряются современные (инструментальные) методы определения реологических свойств продуктов. Реология существует как отдельная наука, изучающая деформации и течения различных тел способом определения СМС сырья, п/ф и функциональных продуктов приборами для регулирования технологических процессов (ТП) и контроля качества на всех стадиях производства [4].

Определение СМС приборами в ТП позволяет определить качество сырья п/ф и функционального продукта, контролировать технологический процесс с применением микропроцессорной системы, выполняющей функцию определения времени и температуры обработки сырья для получения наиболее высокого выхода с заданными консистенцией и вкусом продукта [5].

Существует большое количество реологических приборов: полуавтоматический пенетрометр (ПП-4) – для определения предельного напряжения сдвига, структуромер (СТ-1), реометр – для определения структурно-механических свойств, ИДК-1М – для определения клейковины, РВ-8 и КП-3 – для определения СМС сырья, полуфабрикатов и функциональных продуктов, а также прибор военного назначения, применяемый для определения качества смазок, но используемый для определения качества пищевых и технических жиров [4].

Реологические приборы позволяют полностью автоматизировать поточную линию производства продукции, например, при термообработке морской капусты позволяет варьировать подачу пара для регулирования температуры, а также контролировать продолжительность обработки. Вследствие этого получается высококачественный продукт, возможно, даже с содержанием йода в морской капусте.

Для создания БД и КМ технологического процесса, а также регулирования вышеперечисленных показателей были проведены эксперименты на мороженой морской капусте, выращенной и естественной, гребешке живом и мороженом, выращенном и диком, рыбах разных видов (к сожалению, экспериментальные данные приводятся только по морской капусте) [5].

Имеются различные методы моделирования ТП. Например, метод Парето-оптимального решения, используемый для создания технологий комбинированных продуктов из мясного фарша. С помощью данного метода и программы Arrol были проведены эксперименты с заранее выбранными температурными режимами от 30 °С до 90 °С с шагом в 30 °С и с множеством факторов: количество фарша, влажность, продолжительность кутирования и т.д. Тем самым экспериментально был получен лучший режим обработки для получения наибольшего выхода продукта с коэффициентом корреляции 0,95 %, но не было указано закономерностей влияния: какие факторы снижают выход или наоборот повышают его [4].

Хотелось бы отметить, что программа Arrol, используемая как инструмент для проведения эксперимента, недостаточно совершенна в связи с низкой скоростью обработки данных: от 1,2 терафлопа/с (1 триллион операций с плавающей запятой в секунду) до 1,5 терафлопа/с, так как на данный момент существуют процессоры, скорость которых составляет 40-60 терафлоп/с, 1 терафлоп/с (1014 бит/с – эквивалент человеческого мозга) [2].

Выбранный метод полного факторного эксперимента использовался для проведения анализа полученных данных с дальнейшим приме-

нением в микропроцессорных системах управления или в программно-комплексном обеспечении для расчета расхода сырья с учетом логистического подхода и маркетингового представления [4, 5].

Метод двухфакторного эксперимента в моделировании лучших решений по переработке гидробιονтов в виде уравнения отрезка ряда Тейлора имеет следующий вид:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 \dots B_nX_n,$$

где B_n – значение, полученное в результате проведенного эксперимента; X_n – фактор, определяющий B_n (температура, время, давление и т.д.); Y – функция отклика (выход, качество, СМС и т.д.).

Для нахождения показателей B_0 , B_1X_1 , B_2X_2 и т.д. используют уравнения регрессии:

$$B_0 = \frac{1}{4} (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4),$$

где B_0 – средние значения результатов, может быть как выход, качество и другие факторы; Y_n – полученные экспериментальные данные с различных технологических параметров.

$$B_1 = \frac{1}{4} (-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4),$$

где B_1 – показатель степени влияния на выход, качество или другую функцию отклика в зависимости от X_n .

$$B_2 = \frac{1}{4} (-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4),$$

где B_2 – то же, что и B_1 .

Определение зависимости в технологическом процессе производства готовой продукции из морской капусты различного происхождения, т.е. выращенной в аквакультуре и естественного ареала ее обитания, было проведено опытным путем, описанного ниже.

Для определения СМС вареной морской капусты использовался «СТ-1» с конусом диаметром 1,5 см и ПП-4 с конусом 60° и массой подвижной части (без учета трения) 0,04762 кг. Полный факторный эксперимент и полученные результаты представляем в табл. 3.

Эксперимент ставился на морской мороженой капусте (*Laminaria japonica*), выловленной в естественном месте обитания и выращенной специалистами. Вся капуста отвечала ТУ 15-01 1534-90 «Капуста морская мороженая для промышленной переработки» и СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». Данные приведены в табл. 1-2.

Был сделан микробиологический анализ мороженой морской капусты в лаборатории Дальрыбвтуза. Показатели качества представлены в табл. 1.

Таблица 1

Микробиологические показатели

Сырье	КМАФАМ	БГКП в 0,001 г	St. aureus в 0,01 г	Salmonella в 25 г
<i>Морская капуста (Laminaria japonica)</i>				
Мороженая естественная	4,5x10 ⁴	отсутствие	отсутствие	отсутствие
Мороженая выращенная	4,5x10 ⁴	отсутствие	отсутствие	отсутствие
СанПиН 2.3.2.1078 – 01	5,0x10 ⁴	в 0,01 г	в 0,01 г	в 25 г

Требования к качеству капусты морской мороженой определялись согласно ТУ 15-01 1534-90. Полученные органолептические показатели приведены в табл. 2.

Из табл. 1 и 2 видно, что капуста отвечает нормативным документам и может быть использована для производства функциональной продукции.

Таблица 2

Органолептические показатели капусты морской мороженой

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид Мороженая После размораживания	Поверхность блока чистая со снежным налетом Поверхность капусты чистая Капуста в виде полосок шириной от 2 до 5 мм, длиной от 20 до 70 мм
Консистенция	Плотная, эластичная
Цвет	От зеленовато-бурого до темно-коричневого
Порядок Укладывания	Шинкованная капуста уложена насыпью
Массовая доля песка, %, не более	0,01
Наличие посторонних примесей	Не допускается

Капусту обрабатывали при двух факторах: X_1 – температура и X_2 – время. Верхний предел температуры составлял «+100», а нижний соответственно «-80». Время находилось в верхнем пределе +30 мин, а нижний -15 мин. Определяли три функции отклика: Y_1 – выход продукта от температуры и времени, Y_2 – качество, Y_{3-4} – СМС.

Полученные данные обрабатывались на программах Корреляция, Тех-2 и Matlab. Для выбора лучшего режима обработки составили уравнения регрессии. Рассчитали достоверность опыта программой для расчета корреляции.

Таблица 3

Результаты эксперимента

№ п/п	Фактор X1	Фактор X2	Функция отклика У1		Функция отклика У2		Функция отклика У3		Функция отклика У4	
			Выход, %	Органолептическая оценка, баллы	СМС, F _к , г	на приборе СТ-1	СМС, Па	на приборе ПП-4		
			дикая	выращенная	дикая	выращенная	дикая	выращенная	дикая	выращенная
1	-80	-15	112; 120; 108; 116	98; 105; 100; 110	2,0; 2,5; 2,1; 2,0	2,4; 2,0; 2,2; 2,5	820; 798; 812; 794	854; 899; 866; 874	1500; 1450 1360; 1510	1300; 1250; 1350; 1200
2	+100	-15	120; 125; 135; 118	120; 115; 125; 122	4,1; 4,5; 4,3; 4,0	4,3; 4,1; 4,5; 4,2	500; 480; 488; 490	455; 445; 470; 446	1200; 1100; 1150; 1120	1100; 1050; 1060; 1001
3	-80	+30	145; 140; 135; 146	140; 135; 148; 135	5,0; 4,8; 4,9; 5,0	5,0; 4,9; 5,0; 5,0	291; 300; 258; 266	284; 276; 300; 259	980; 970 950; 980	760; 790; 750; 740
4	+100	+30	102; 110; 105; 104	110; 115; 108; 106	3,1; 2,9; 3,3; 3,0	3,3; 3,2; 3,4; 3,0	153; 145; 145; 130	149; 136; 142; 138	670; 650; 640; 665	550; 555; 510; 500

«-» – минимальное значение, взятое для эксперимента; «+» – максимальное значение.

Результаты эксперимента

Уравнения зависимости выхода от технологических факторов:

Дикая: $Y_{1д} = 121,31 - 6,44X_1 + 2,06X_2$.

Выращенная: $Y_{1в} = 118,25 - 3,13X_1 + 6,38X_2$.

Коэффициент корреляции составил: $\mu = 0,95$.

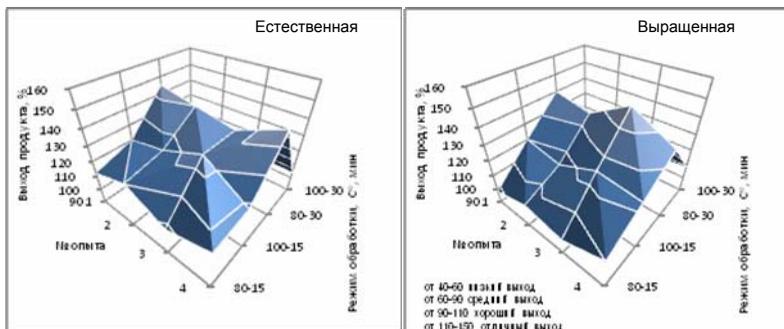


Рис. 2. Зависимость выхода от температуры и времени обработки

Уравнения зависимости качества от технологических факторов:

Дикая: $Y_{2д} = 3,6 + 0,06X_1 + 0,40X_2$.

Выращенная: $Y_{2в} = 3,7 + 0,03X_1 + 0,36X_2$.

Коэффициент корреляции составил: $\mu = 0,96$.

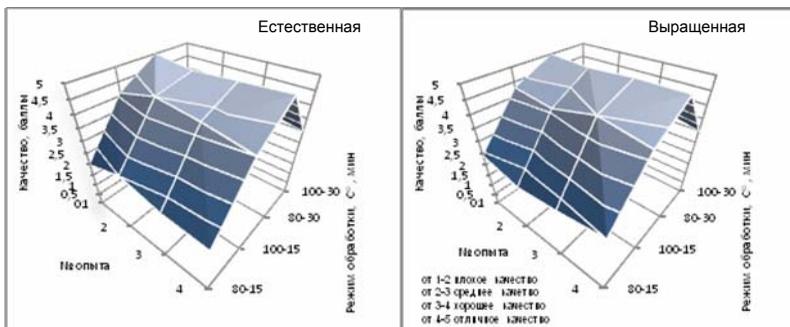


Рис. 3. Зависимость качества от температуры и времени обработки

Уравнения зависимости СМС от технологических факторов на «Структурометре»:

Дикая: $Y_{зд} = 426,88 - 115,50X_1 - 215,88X_2$.

Выращенная: $Y_{зв} = 437,06 - 139,44X_1 - 226,56X_2$.

Коэффициент корреляции составил: $\mu = 0,99$.

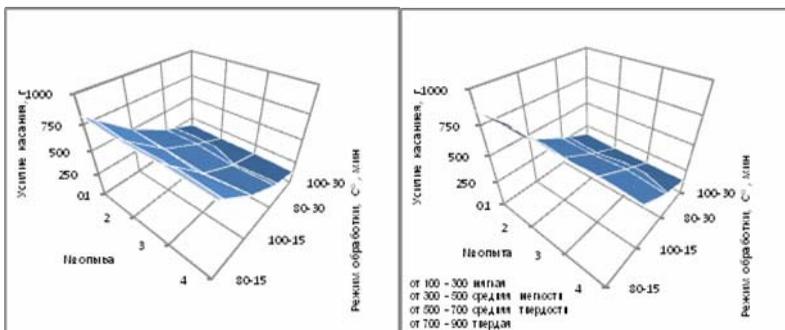


Рис. 4. Зависимость СМС от температуры и времени обработки

Уравнения зависимости СМС от технологических факторов на «ПП-4»:

Дикая: $Y_{4д} = 1055,94 - 156,56X_1 + 242,81X_2$.

Выращенная: $Y_{4в} = 904,13 - 113,38X_1 + 259,75X_2$.

Коэффициент корреляции составил: $\mu = 0,95$.

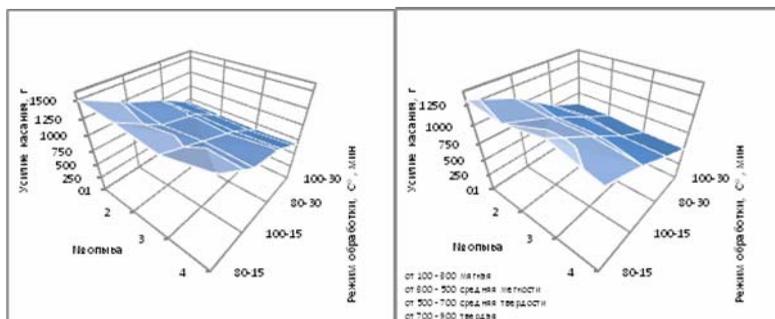


Рис. 5. Зависимость СМС от температуры и времени обработки

Выводы

Полученные уравнения регрессии показали, что выход продукта уменьшается от температуры обработки в диком сырье на 6,44 %, а в выращенном – на 3,13 %. Этим доказывается разное влияние режимов

обработки на сырье. Время обработки увеличило выход в диком сырье и составило 2,06 %, а в выращенном – 6,38 %. Органолептические и СМС показатели остались без значимых изменений от вида сырья.

Регулирование режимов обработки является целесообразным для различного вида сырья, так как есть возможность повысить выход до 3 %, что достаточно целесообразно в экономическом плане для предприятия.

При обзоре результатов было установлено, что температура обработки уменьшает выход, ухудшает качество и делает капусту недостаточно мягкой. Следовательно, для выращенной капусты нижний уровень температуры выбираем 80 °С, для естественной необходимо уменьшить температуру до 60 °С. Время обработки увеличивает выход и органолептические показатели и делает капусту мягкой, с приятным хрустом свежей морской капусты. Выбираем время обработки – верхний уровень (30 мин).

Из эксперимента получены данные по СМС. Установили, что вареная капуста, имеющая усилие касания от 260–300 г, соответствует качеству 4,5–5 балла и выходу от 130–150 % готовой продукции. Структура продукта несет в себе информацию. Полученные данные о СМС вареной морской капусты будут внесены в базу данных и использованы в создании компьютерной модели. Таким образом, применение математического аппарата в производстве продуктов из гидробионтов не является основным для производства экологически чистых продуктов из ОА, следовательно, необходимо применять логистические системы.

Библиографический список

1. *Бочаров Л.Н.* Перспективный подход к обеспечению населения продуктами рыболовства // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 138. С. 3-18.
2. *Касьянов Г.И., Запорожский А.А., Юдина С.Б.* Технология продуктов питания для людей пожилого и преклонного возраста. Ростов-н/Д: Изд. центр «Март», 2001. 192 с.
3. ГОСТ Р 52349-2005. Функциональные пищевые продукты. 7 с.
4. *Перебейнос А.В., Мисаковский А.А., Сахарова О.В., Баштовой А.В., Буторина Т.Е., Попков А.А.* Методологические аспекты биотехнологии функциональных продуктов из живых гидробионтов: Сб. матер. I междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых «Актуальные проблемы технологии живых систем». Владивосток: ТГЭУ, 2005. 444 с.
5. *Перебейнос А.В., Мисаковский А.А., Сахарова О.В., Баштовой А.В., Буторина Т.Е., Попков А.А., Губеева Т.А.* Методологические аспекты производства функциональных продуктов из живых гидробионтов: Сб. матер. регион. студ. науч.-техн. конф. «Научная работа основа качества подготовки специалистов». Владивосток: Дальрыбвтуз, 2005. С. 171-176.

6. Бураго В.А. Математические принципы оптимизации аминокислотного состава композиционных продуктов питания // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 138. С. 381-388.

7. Бураго В.А. Алгоритм проектирования сбалансированных продуктов и рационов питания // Изв. ТИНРО. 2005. Т. 140. С. 329-338.

8. Тче Тхе Сен, Мисаковский А.А., Перебейнос А.В. Варианты моделирования качества продуктов из гидробионтов: Регион. студ. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. С. 4-5.

УДК 664.95

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ КОПЧЕНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Е.В. Глебова, Э.Н. Ким, Дальрыбвтуз, Владивосток

Использование системно-комплексного подхода в проблемах решения качества и безопасности пищевых продуктов является наиболее перспективным. Управление качеством копченой продукции на основе моделирования технологических процессов ее производства позволяет научно обосновать рациональные параметры процессов производства рыбы с применением коптильных препаратов с учетом комплексного показателя качества копченой продукции.

В настоящее время среди множества проблем, связанных с обеспечением населения страны полноценным и рациональным питанием, в центре внимания науки и производства находится проблема качества и безопасности пищевых продуктов.

Одним из наиболее перспективных подходов к решению указанной проблемы в области производства копченых рыбных продуктов является разработка системно-комплексного метода управления качеством на основе моделирования технологических процессов применения коптильных препаратов при обработке сырья водного происхождения (Ким Э.Н. и др., 2005).

Основными этапами создания такого метода управления являлось:

- определение наиболее перспективных современных коптильных препаратов для рыбной отрасли;
- разработка комплексного показателя качества для основных групп копченых рыбных продуктов;
- разработка алгоритма комплексного показателя качества и программы его автоматизированного расчета;
- разработка математических моделей технологических процессов обработки сырья современными коптильными препаратами;
- определение оптимальных параметров копчения и реализация результатов исследований в производство.

Исследование химического состава и технологических свойств копильных препаратов позволило определить в качестве наиболее перспективных с точки зрения обеспечения безопасности и формирования специфических свойств копченых рыбных продуктов следующие копильные препараты: «Scansmoke PB 1145», «Scansmoke PB 2110», «ВНИРО», «Smoke Ez Supreme Poly C», «Smoke EZ PN 9» и «Жидкий дым».

Вследствие проведенного анализа нормативно-технической документации на основные виды копченой продукции в качестве составляющих модели комплексного показателя качества выбраны те, которые оказывают наибольшее влияние на качество копченой продукции (Холоша О.А., 2006; Глебова Е.В., 2006).

Учитывая многочисленность определяющих частных факторов, выбранный метод их обобщения представлен в табл. 1.

Состав комплексного показателя качества требует уточнений в зависимости от группы оцениваемой продукции путем исключения отдельных незначимых факторов. Оценка каждого частного показателя качества копченого продукта проводилась известными методами, рекомендованными для указанных целей (Методы анализа ... Ким и др., 2004).

На основании проведенного анализа номенклатуры показателей качества и безопасности рыбной продукции предложена формула для расчета оценки качества в виде комплексного показателя:

$$КПК = \sqrt[n]{\prod_i X_i}, \quad (1)$$

где X_i – оценка частных показателей качества; i – номер показателя; n – количество показателей.

С целью приведения всех составляющих $КПК$ к безразмерным величинам использовали функцию желательности Харрингтона (рисунк) (Адлер Ю.П., 1976):

$$X_i = \exp(-\exp(-y)). \quad (2)$$

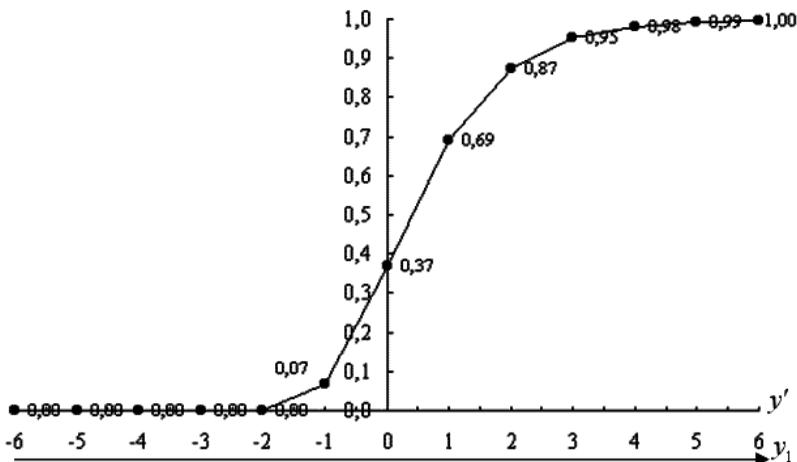
Значение частного отклика, переведенное в безразмерную шкалу желательности d_u ($u = 1, 2, \dots, n$), называется частной желательностью. Обобщенная функция желательности задается как среднее геометрическое частных желательностей.

Для автоматизации расчета $КПК$ разработан авторский программный комплекс «Расчет комплексной оценки качества копченой продукции из гидробионтов», зарегистрированный в Национальном информационном фонде неопубликованных документов (Ким Э.Н., Глебова Е.В., Осипов Е.В., 2006).

Таблица 1

Алгоритм расчета КПК

Уровень	Формулы расчета	Показатели
I	$KPK = \sqrt[2]{X_1 \times X_2}$	X_1 – качество продукции X_2 – безопасность продукции
II	$X_1 = \sqrt[3]{Y_1 \times Y_2 \times Y_3}$ $X_2 = \sqrt[2]{Y_4 \times Y_5}$	Y_1 – органолептическая ценность продукта Y_2 – пищевая ценность продукта Y_3 – степень сохранности первоначальных свойств продукции Y_4 – химическая безвредность продукта Y_5 – микробиологическая безвредность продукта
III	$Y_1 = \sqrt[5]{y_1 \times y_2 \times y_3 \times y_4 \times y_5}$ $Y_2 = y_6$ $Y_3 = \sqrt[3]{y_7 \times y_8 \times y_9}$	Y_1 – наружные повреждения Y_2 - оценка вкуса продукции Y_3 - оценка внешнего вида продукции Y_4 - оценка запаха продукции Y_5 - оценка консистенции продукции Y_6 - питательная ценность продукта Y_7 - оценка степени накопления гистамина при хранении Y_8 - оценка степени накопления продуктов окисления липидов при хранении Y_9 - оценка изменения органолептической ценности продукта при хранении
	$Y_4 = \sqrt[11]{y_{10} \dots \times \dots \times y_{19}}$ $Y_5 = \sqrt[8]{y_{21} \dots \times \dots \times y_{27}}$	Y_{10} – свинец Y_{11} – мышьяк Y_{12} - кадмий Y_{13} – ртуть Y_{14} – гистамин Y_{15} – бенз(а)пирен Y_{16} – полихлорированные бифенилы Y_{17} – радионуклиды Y_{18} – нитрозамины Y_{19} – олово Y_{20} - уровень колониеобразующих единиц дрожжей Y_{21} - уровень КМАФАнМ Y_{22} - уровень БГКП Y_{23} - уровень E.coli Y_{24} - уровень S.aureus Y_{25} - уровень Proteus Y_{26} - уровень сальмонеллы и L.monocytogenes Y_{27} - уровень колониеобразующих единиц плесени



Функция желательности

С учетом механизма формирования специфических свойств копченых изделий в процессе обработки сырья современными копильными препаратами (Ким Э.Н., 1998) были определены определяющие параметры копчения для различных способов копчения.

В качестве математических моделей процессов обработки полуфабрикатов копильными препаратами использовали уравнение регрессии второго порядка:

$$КПК = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_{12}x_1x_2 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2, \quad (3)$$

где $a_0, a_1, a_2, a_{12}, a_{11}, a_{22}$ – коэффициенты уравнений; x_1, x_2 – параметры процессов копчения; $КПК$ – комплексный показатель качества копченой продукции.

Для построения математической модели процесса холодного копчения рыбного филе иммерсионным способом в соответствии с ортогональным композиционным центральным планом (ОКЦП) эксперимента, при различных параметрах обработки копильной средой (температура (X_1) 5, 15, 25 °С; продолжительность (X_2) 1, 3, 5 мин) были изготовлены образцы подкопченного филе терпуга.

Значения коэффициентов регрессии (табл. 2) позволяют представить процесс производства подкопченного филе терпуга иммерсионным способом с использованием различных копильных препаратов в виде уравнений, описывающих данный технологический процесс.

Таблица 2

**Значения коэффициентов регрессии математической модели
процесса холодного копчения иммерсионным способом**

№ п/п	Коптильный препарат	a_0	a_1	a_2	a_{11}	a_{22}	a_{12}
1	«Scansmoke PB 1145»	0,91	-0,02	-0,047	0,047	-0,025	0,001
2	«Scansmoke PB 2110»	0,774	0,037	0,0363	0,021	-0,09	-0,006
3	«ВНИРО»	0,831	0,038	0,0135	-0,004	-0,045	0,031
4	«Smoke Ez Supreme Poly C»	0,746	0,012	-0,086	0,037	-0,07	-0,05
5	«Smoke EZ PN 9»	0,653	-0,025	-0,008	-0,07	-0,067	-0,013
6	«Жидкий дым»	0,697	0,115	0,052	-0,032	-0,02	-0,022

Аналогично при различных параметрах подсушки и копчения (температура (X_1) 14, 18, 22 °С; продолжительность подсушки (X_2) 60, 90, 120 мин) были изготовлены образцы подкопченного филе терпуга дисперсионным способом.

Для получения подкопченной продукции осуществляли 10 циклов распыления коптильного препарата, продолжительность каждого цикла распыления составляла 20 с, а продолжительность последующей рециркуляции – 5 мин, при этом общий расход коптильного препарата за весь цикл копчения составляет 2-2,5 % от массы обрабатываемого полуфабриката в камере.

Значения коэффициентов регрессии (табл. 3) являются коэффициентами уравнений описывающих данный технологический процесс.

Таблица 3

**Значения коэффициентов регрессии математической модели
процесса холодного копчения дисперсионным способом**

№ п/п	Коптильный препарат	a_0	a_1	a_2	a_{11}	a_{22}	a_{12}
1	«Scansmoke PB 2110»	0,708	0,062	0,033	-0,07	-0,02	-0,02
2	«ВНИРО»	0,8	0,03	-0,009	-0,12	-0,03	0,011
3	«Smoke Ez Supreme Poly C»	0,81	-0,072	-0,025	-0,028	-0,02	0,003
4	«Smoke EZ PN 9»	0,705	0,057	0,004	-0,06	0,015	0,03
5	«Жидкий дым»	0,729	0,094	0,024	-0,003	-0,018	-0,036

Оценка эффективности применения коптильных препаратов в технологии горячего копчения проводилась при различных параметрах подсушки и копчения (температура (X_1) 80, 90, 100 °С; продолжительность подсушки (X_2) 20, 60, 100 мин) дисперсионным способом. Количе-

ство циклов распыления копильного препарата составляло 3-5, продолжительность каждого цикла составляла 20 с, а продолжительность последующей рециркуляции – 5 мин, при этом общий расход копильного препарата за весь цикл копчения составляет 3 % от массы обрабатываемого полуфабриката в камере.

Рассчитанные коэффициенты регрессии математических моделей технологических процессов производства рыбы горячего копчения дисперсионным способом с использованием различных копильных препаратов (табл. 4) позволяют представить этот процесс в виде полинома второго порядка, который показывает зависимость уровня качества готовой продукции от применяемых технологических параметров.

Таблица 4

Значения коэффициентов регрессии математической модели процесса горячего копчения дисперсионным способом

№ п/п	Копильный препарат	a_0	a_1	a_2	a_{11}	a_{22}	a_{12}
1	«Scansmoke PB 2110»	0,775	0,135	0,044	0,035	0,017	0,05
2	«ВНИРО»	0,88	0,48	0,0064	-0,039	-0,064	0,005
3	«Smoke EZ Supreme Poly C»	0,824	0,002	0,008	-0,12	-0,15	0,07
4	«Smoke EZ PN 9»	0,759	0,033	0,01	-0,035	0,046	не зн.
5	«Жидкий дым»	0,79	0,17	0,05	-0,033	1,59	0,03

В соответствии с математическим планом эксперимента при различных параметрах ароматизации масла копильными препаратами (температура ароматизируемого масла (X_1) 20, 30, 40 °С; и соотношением в системе масло: копильный препарат (X_2) 1:1, 2:1. 3:1) были изготовлены образцы пресервов. Ароматизацию масла осуществляли при перемешивании компонентов в течение 20 мин и нагреванием, после чего масляную фазу отделяли от водной отстаиванием или центрифугированием.

Значения коэффициентов регрессии, математической модели процесса производства пресервов с использованием копильных препаратов представлены в табл. 5.

Проверка адекватности уравнений (табл. 2-5) реальным процессам производства показала, что расчетное значение критерия Фишера (Fp) меньше табличного и доказывает приемлемость полученных уравнений для реальных технологических процессов.

Для оценки эффективности копильных препаратов при производстве копченой продукции различных ассортиментных групп осуществляли математический анализ полученных моделей процессов копчения. С этой целью использовали пакет прикладных программ MS Excel с надстройкой «поиск решения», что позволило произвести нахождение

корней действительного уравнения при заданных значениях функции. Полученные значения *КПК* математических моделей процессов представлены в табл. 6.

Таблица 5

Значения коэффициентов регрессии математической модели процесса производства пресервов

№ п/п	Коптильный препарат	a_0	a_1	a_2	a_{11}	a_{22}	a_{12}
1	«Scansmoke PB 2110»	0,74	0,074	0,021	-0,07	-0,18	-0,024
2	«ВНИРО»	0,728	0,048	0,139	0,0095	0,148	0,390
3	«Smoke EZ Supreme Poly C»	0,78	0,11	0,02	-0,08	-0,095	0,053
4	«Smoke EZ PN 9»	0,74	0,069	0,081	0,003	-0,183	0,11
5	«Жидкий дым»	0,88	0,17	0,05	0,023	-0,05	-0,03
6	«Scansmoke PB 1145»	0,739	0,102	0,0059	-0,087	0,0346	0,042

Таблица 6

Значения *КПК* процессов копчения

№ п/п	Коптильный препарат	Технологический процесс			
		Холодное копчение, иммерсионный способ	Холодное копчение, дисперсионный способ	Горячее копчение, дисперсионный способ	Производство пресервов с ароматом копчения
1	«ВНИРО»	0,8793	0,8999	0,9634	0,9127
2	«Жидкий дым»	0,7826	0,8463	0,8694	0,7723
3	«Scansmoke PB 2110»	0,7763	0,8393	0,9900	0,7438
4	«Scansmoke PB 1145»	0,9900	-	-	0,7945
5	«Smoke EZ Supreme Poly C»	0,7984	0,8649	0,7820	0,9784
6	«Smoke EZ PN 9»	0,8634	0,8513	0,7604	0,9631

С учетом того, что требуемое качество копченой продукции соответствует значению *КПК* от 0,8 до 1,0, данные табл. 6 позволяют рекомендовать для производства копчения различными способами следующие коптильные препараты:

- для холодного копчения иммерсионным способом коптильные препараты «ВНИРО», «Smoke EZ PN 9», «Scansmoke PB 1145» (значения *КПК* составляют 0,8793, 0,8634 и 0,9900 соответственно);

- для холодного копчения дисперсионным способом копильные препараты «ВНИРО», «Scansmoke PB 2110», «Smoke EZ Supreme Poly C», «Smoke EZ PN 9» и «Жидкий дым» (значения *КПК* составляют 0,8999, 0,8393, 0,8469, 0,8513 и 0,8463, соответственно);

- для горячего копчения дисперсионным способом копильные препараты «ВНИРО», «Жидкий дым» и «Scansmoke PB 2110» (значения *КПК* составляют 0,9634, 0,8694 и 0,9900, соответственно);

- для производства пресервов из разделанной рыбы в масле с ароматом копчения копильные препараты «ВНИРО», «Smoke EZ PN 9» и «Smoke EZ Supreme Poly C» (значения *КПК* составляют 0,9127, 0,9631 и 0,9784, соответственно).

Использование копильных препаратов: «Scansmoke PB 2110», «Жидкий дым», «Smoke EZ Supreme Poly C» в процессе холодного копчения иммерсионным способом малоэффективно, так как значение *КПК* готовой продукции ниже 0,8. Копильные препараты «Smoke EZ PN 9» и «Smoke EZ Supreme Poly C» не позволяют получить продукцию высокого качества в процессе горячего копчения дисперсионным способом. В технологии изготовления пресервов в процессе ароматизации масла не рекомендовано использование копильных препаратов: «Жидкий дым», «Scansmoke PB 2110» и «Scansmoke PB 1145».

Проведенные исследования позволили обосновать выбор копильных препаратов, обеспечивающих максимальный уровень качества готовой продукции для конкретного технологического процесса, и обосновать рациональные параметры их использования.

Определение рациональных параметров проводили при значении *КПК* для конкретного копильного препарата (см. табл. 6) и минимальном, равном 0,8, которое соответствует нижней границе уровня качества «очень хорошо». Результаты определений приведены в табл. 7.

Промышленная апробация установленных рациональных режимов производства продукции и пресервов с применением копильных препаратов, проведенная в условиях производственных участков ЗАО «Рыбозавод Большекаменский» (г. Большой Камень) и ООО «Усадьба» (г. Хабаровск), подтвердила результаты экспериментальных и теоретических исследований. Вся продукция соответствовала значениям *КПК* от 0,8 до 1,0 и отвечала требованиям нормативной документации.

Таким образом, проведенные исследования позволили разработать системно-комплексный метод управления качеством на основе моделирования технологических процессов применения копильных препаратов при обработке сырья водного происхождения. Определены оптимальные и рациональные параметры применения современных копильных препаратов при производстве копченой продукции. Разработана нормативная документация на группу копченых рыбных продуктов.

Таблица 7

Рациональные параметры технологических процессов

Процесс	Коптильный препарат	Рациональные параметры		КПК
Холодное копчение, иммерсионный способ		Температура коптильной среды, °С	Продолжительность обработки, мин	
	«Scansmoke PB 1145»	22-25	3-4	0,8000-0,9900
	«ВНИРО»	12-15	3-4	0,8000-0,8793
	«Smoke EZ PN 9»	12-15	3-3,5	0,8000-0,8634
Холодное копчение, дисперсионный способ		Температура подсушки и копчения, °С	Продолжительность подсушки, мин	
	«ВНИРО»	16-18,5	60-74	0,8000-0,8999
	«Smoke EZ Supreme Poly C»	14-18	60-69	0,8000-0,8649
	«Жидкий дым»	20-22	60-70	0,8000-0,8463
	«Smoke EZ PN 9»	20-22	60-65	0,8000-0,8513
	«Scansmoke PB 2110»	18-20	60-64	0,8000-0,8393
Горячее копчение		Температура подсушки и копчения, °С	Продолжительность подсушки, мин	
	«ВНИРО»	93-95	58-60	0,8000-0,9634
	«Scansmoke PB 2110»	90-94	62-65	0,8000-0,9900
	«Жидкий дым»	93-96	60-62	0,8000-0,8694
Ароматизация масла		Температура ароматизации масла, °С	Соотношение в системе масло : коптильный препарат	
	«ВНИРО»	29-34	1,8 : 1-1,4 : 1	0,8000-0,9127
	«Smoke EZ PN 9»	32-35	1 : 1	0,8000-0,9631
	«Smoke EZ Supreme Poly C»	25-27	2,8 : 1-2,4 : 1	0,8000-0,9784

Библиографический список

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с.
2. Воробьев В.В. Новые подходы к оценке качества пищевой продукции из гидробионтов // Рыб. хоз-во. 2002. № 4. С. 62-63.
3. Глебова Е.В., Ким Э.Н., Лаптева Е.П., Холоша О.А. Пищевые добавки для рыбной отрасли: Справ. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. 117 с.
4. Глудкин О.П., Горбунов И.Н. Всеобщее управление качеством. М.: Радио и связь, 1999. 00 с.
5. Ким Э.Н. Основы бездымного копчения гидробионтов: Моногр. Владивосток: Дальрыбвтуз, 1998. 180 с.
6. Ким Э.Н., Холоша О.А., Лаптева Е.П., Глебова Е.В. Методология рационального использования пищевых добавок в рыбной отрасли: Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2004. Вып. 16. С. 74-78.
7. Ким Э.Н., Холоша О.А., Лаптева Е.П., Глебова Е.В. Влияние комплексной оценки эффективности на выбор оптимальных технологических параметров. Матер. 3-й междунар. науч. конф. «Рыбохозяйственные исследования Мирового океана». Владивосток: Дальрыбвтуз, 2005. С. 23-24.
8. Ким Э.Н., Холоша О.А., Лаптева Е.П., Глебова Е.В. Использование пищевых добавок в рыбной отрасли // Изв. ТИНРО, 2006. Т.145. С. 328-337.
9. Глебова Е.В., Ким Э.Н., Осипов Е.В. Программный комплекс расчета комплексной оценки качества копченых продуктов. М.: ВНИЦ, 2006. № 50200602085.

УДК 664.951

ТЕХНОЛОГИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СТРУКТУРИРОВАННОЙ РЫБНОЙ МАССЫ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ СОИ

Л.П. Ольховая, Л.Д. Петрова, Дальрыбвтуз, Владивосток

Исследованы соевые белковые экструзионные продукты (СБЭП) отечественно производства, в частности, текстурированная мука и текстурат в виде гранул. Установлено, что массовая доля белка в СБЭП составляет 48 %, благодаря чему их можно применять в качестве белковых обогатителей при производстве продуктов питания. Текстурированная мука и текстурат в виде гранул характеризуются широким спектром функционально-технологических свойств: водо-, жиропоглощительной способностью, эмульсионной емкостью, агре-

гатиной и кинетической стабильностью. Исследованные экструзионные соевые продукты представляют интерес для практического применения их в производстве продуктов питания, в частности, формованных изделий.

Одним из основных направлений государственной политики в области питания является разработка технологии качественно новых пищевых продуктов с направленным изменением химического состава на основе принципов структурной совместимости и комплетарности двух или трех соединений дисперсных систем.

В соответствии с приоритетными направлениями пищевой и перерабатывающей промышленности в производстве комбинированных продуктов питания необходимо сохранять максимальное воспроизводство потребительских свойств, присущих традиционным. Ключевое значение в производстве комбинированных пищевых продуктов приобретают вопросы получения белковых текстуратов с необходимыми функциональными свойствами.

Пищевые продукты представляют собой многокомпонентные системы, в которых белки и полисахариды являются основными макромолекулярными компонентами, выполняющими в них структурные функции. Одним из наиболее экономически эффективных вариантов вовлечения продуктов переработки сои в рацион питания населения является производство на их основе структурированных многокомпонентных пищевых систем и получение структурных матриц, имитирующих природные биообъекты по внешнему виду, составу, структуре.

Наиболее интенсивные процессы структурирования расплава биополимеров происходят в головке и фильере экструдера. При переходе биополимеров в вязко-текучее состояние, когда происходит денатурация белков и желатинизация крахмалов, макромолекулы биополимеров разворачиваются и преимущественно ориентируются под действием сил сдвига в направлении течения расплава биополимеров. Ориентация цепей преимущественно протекает в последней трети экструдера, головке и фильере. При охлаждении расплава происходит сшивание макромолекул и образование протяженных агрегатов. В основе предлагаемой концепции лежит явление ориентации макромолекул под действием сил сдвига. При охлаждении расплава биополимеров, обладающего такой структурой, то есть ее фиксации, структурная анизотропия в экструдатах возможна и на более высоком уровне организации макромолекул.

Необходимыми условиями получения экструзионных продуктов питания являются увлажнение и пластификация сырья, получение расплавов биополимеров, денатурация белков и клейстеризация крахмалов, структурирование расплава под действием сил сдвига и растяжения, его охлаждение и формование.

В последние годы при производстве продуктов питания с заданной структурой широкое применение получили текстурированные продукты,

выделяемые из соевых бобов. В отличие от порошкообразных добавок, вводимых в пищевые системы в ограниченных количествах, белковые текстураты, имитирующие природные объекты по внешнему виду, создают возможность их введения в пищевые системы до 25-35 % от массы закладываемого сырья [1, 2, 3] .

В связи с этим предоставляется возможность изучения свойств соевого белкового экструзионного сырья отечественного производства и его применения в комбинированных формованных продуктах питания, так как в Приморском крае находятся обширные посевы сои.

В качестве объектов исследования использовали текстурированный продукт в виде муки и в виде гранул, соответствующий по составу и физико-химическим требованиям ТУ 9196-001-42079317-98, изготовленный на базе ООО «Экстрабин» г. Владивостока; непромытый мороженый фарш минтая, изготовленный в рыболовецком колхозе «Тихий океан» пос. Ливадия, соответствующий ОСТ 15-378-91, хранившийся при температуре минус 18 °С не более 3 месяцев.

Текстурированный продукт получали из соевой обезжиренной муки методом термопластической экструзии. Метод экструзии включает в себя комбинированное воздействие давления, температуры и интенсивной механической обработки на белковое сырье с последующим формованием путем принудительного пропускания через фильеры. Предварительно увлажненное и перемешанное сырье попадало в зону питания, где оно нагревалось до температуры 60-80 °С. При такой температуре и содержании воды до 30 % биополимеры пластифицировались и переходили из стеклообразного состояния в высокоэластичное. В зоне плавления, в которой температура поддерживалась 150-190 °С, материал переходил в вязко-текучее состояние, образуя расплав биополимеров. Интенсивное структурообразование расплавов биополимеров протекало под действием сил сдвига и растяжения в головке экструдера и фильере. При получении экструдатов пористой макроструктуры использовали короткие неохлаждаемые фильеры. При выходе расплавов биополимеров через такие фильеры происходил резкий сброс давления, что приводило к «взрывному» испарению воды и образованию пористой макроструктуры. Полученный продукт нарезали на небольшие куски и подвергали дополнительной сушке. Текстурированную муку получали путем измельчения текстурата до порошкообразного состояния.

Стоимость 1 тонны экструзионных соевых продуктов, изготовленных на базе ООО «Экстрабин», составляет 667 долл. США, тогда как цены на зарубежные соевые изоляты и концентраты варьируют от 2500 до 3500 долл. США за 1 тонну.

Для выяснения целесообразности использования экструзионных соевых продуктов при производстве формованных изделий изучены их физико-химические показатели (табл. 1).

Таблица 1

**Химический состав соевого текстурированного продукта
(в виде муки и гранул), %**

Показатели	Содержание	
	Исследуемый образец	Величина показания ТУ 9196-001- 42079317-98
Вода	7	не более 9
Белок	48	не менее 42
Липиды	8	не менее 6
Углеводы	32	-
Зола	5	-

Анализируя данные табл. 1, необходимо отметить, что соевый текстурированный продукт является превосходным источником ценных, с пищевой точки зрения, веществ: растительных белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ. Массовая доля белка в муке и текстурате составляет 48 %, благодаря чему их можно применять в качестве белковых обогатителей при производстве пищевой продукции.

Для обоснования рекомендаций по использованию экструзионных соевых продуктов при производстве формованных изделий важно знать не только их химический состав, но и функционально-технологические свойства, в частности, водо-, жиропоглолительную способность, эмульсионную емкость, агрегативную и кинетическую стабильность.

Определение водопоглолительной способности соевых белковых компонентов проводили по методу Смита [4], согласно которому пробу отвешивали в центрифужную пробирку, добавляли дистиллированной воды, перемешивали и оставляли на 15 мин для набухания соевых белков. После чего центрифугировали, сливали надосадочный раствор и определяли количество воды, связанные соевыми белками.

Для определения жиропоглолительной способности [5] в центрифужную пробирку отвешивали пробу, добавляли рафинированного масла, перемешивали и оставляли стоять на 15 мин. Затем смесь центрифугировали, после чего масло сливали в мерный цилиндр и измеряли его объем.

Результаты исследования водопоглолительной способности представлены в виде диаграмм на рис. 1.

Соевые экструзионные продукты обладают высокими показателями водопоглолительной способности. Текстурированная мука поглощает воды 343 %, а текстурат в виде гранул – 329 %, что очевидно связано с тем, что он в сравнении с мукой имеет меньшую величину удельной поверхности соприкосновения с водой.

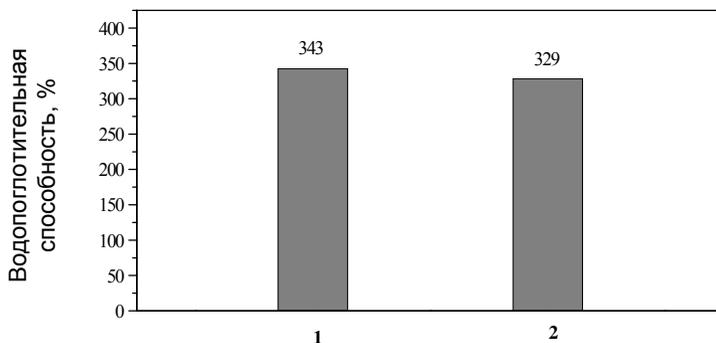


Рис. 1. Водопоглотительная способность СБЭП: 1 – текстурированная мука; 2 – текстурат в виде гранул

Проведенные исследования водопоглотительной способности соевых экструзионных продуктов указывают на перспективность их использования в качестве водопоглотительного компонента. Однако при применении соевых ингредиентов в технологии формованных продуктов необходимо знать продолжительность их набухания, в связи с чем исследовали динамику набухания текстурированной муки и текстурата в виде гранул во временном факторе. Результаты исследования динамики набухания соевых белковых продуктов представлены на рис. 2.

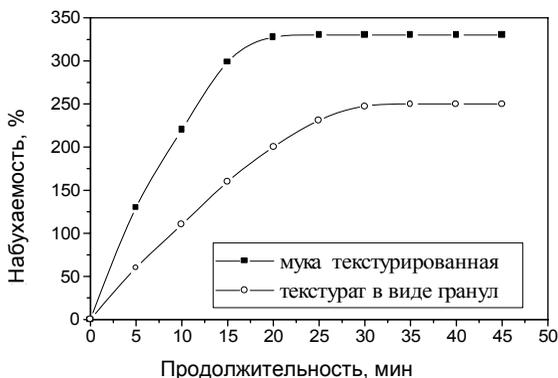


Рис. 2. Динамика набухания СБЭП во временном факторе

Анализируя приведенные на рис. 2 данные, следует отметить, что скорости набухания текстурированной муки и текстурата в виде гранул отличаются друг от друга. Так, продолжительность набухания текстурированной муки, представленной в виде порошка, составляет 20 мин, тогда как аналогичный показатель текстурата в виде гранул – 30 мин. Очевидно, это можно объяснить различными размерами частиц у соевых белковых компонентов. Текстурированная мука в виде порошка имеет меньшие размеры частиц, которые способствуют большей удельной поверхности соприкосновения воды с белком; текстурат в виде гранул имеет большие размеры частиц, способствующие меньшей удельной поверхности соприкосновения, вследствие чего набухаемость текстурата происходит медленнее.

Проводились исследования жиропоглощительной способности СБЭП (рис. 3).

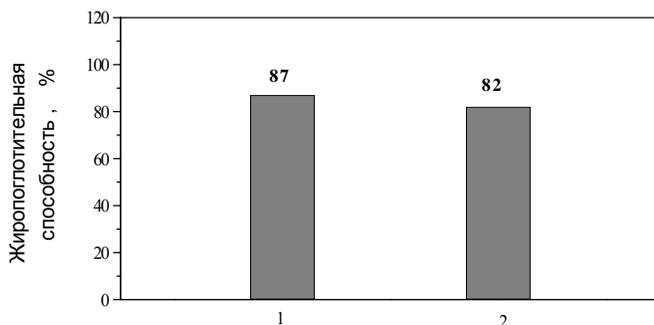


Рис. 3. Жиропоглощительная способность СБЭП:
1 – текстурированная мука; 2 – текстурат в виде гранул

Анализируя данные рис. 3, необходимо отметить, что СБЭП имеют высокие показатели жиропоглощительной способности, что, очевидно, объясняется тем, что молекулы белка сои наряду с гидрофильными имеют и гидрофобные функциональные группы, которые способны удерживать, захватывать и связывать молекулы липидов. Жиропоглощительная способность текстурированной муки и текстурата в виде гранул практически одинаковая и составляет соответственно 87 и 82 %. Из исследуемых данных можно сделать вывод, что максимальное количество поглощаемого масла на 1 г текстурированной муки – 0,87 г, текстурата в виде гранул – 0,82 г.

При производстве формованных изделий процесс эмульгирования является одним из главных этапов в последовательной технологической цепочке. В связи с этим проводились исследования эмульгирующих свойств, в частности, эмульсионной емкости, агрегативной и кинетической стабильности СБЭП.

Для определения эмульсионной емкости белка эмульсию готовили в режиме непрерывного добавления масла в раствор белка при перемешивании до точки инверсии фаз эмульсии, отвечающей переходу эмульсии в системе *вода : масло*. Точкой инверсии фаз являлась максимальное количество масла, эмульгированного в растворе белка [6].

Определение агрегативной и кинетической стабильности проводили центрифужным методом. Эмульсию, полученную для определения эмульсионной емкости, нагревали в течение 5 мин при температуре 90 °С, охлаждали и центрифугировали [7].

Результаты исследования эмульсионной емкости, агрегативной и кинетической стабильности представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели эмульсионной емкости, агрегативной и кинетической стабильности

Наименование СБЭП	Эмульсионная емкость, мл/г	Агрегативная стабильность, %	Кинетическая стабильность, %
Текстурированная мука	14	0,6	0,92
Текстурат в виде гранул	12	0,9	1,0

Результаты сравнительной оценки эмульгирующих свойств СБЭП (табл. 2) свидетельствуют о том, что они обладают высокими эмульсионными свойствами и способны хорошо удерживать воду и масло даже после нагревания и центрифугирования. СБЭП характеризуются широким спектром функциональных свойств, в результате чего их можно рекомендовать в качестве эмульгирующего, стабилизирующего, водо- и жиропоглощающего компонента в технологиях продуктов питания, в частности, при производстве формованных изделий, и их использование значительно повлияет на реологические характеристики полуфабрикатов и качество готовых изделий.

В связи с этим необходимо исследовать влияние СБЭП на функционально-технологические свойства (ФТС) непромытого мороженого фарша минтая: вязкость, эластичность, прочность (рис. 4). Для приготовления модельных образцов в исследуемый фарш вводили СБЭП в количестве от 1 до 10 % от массы основного сырья.

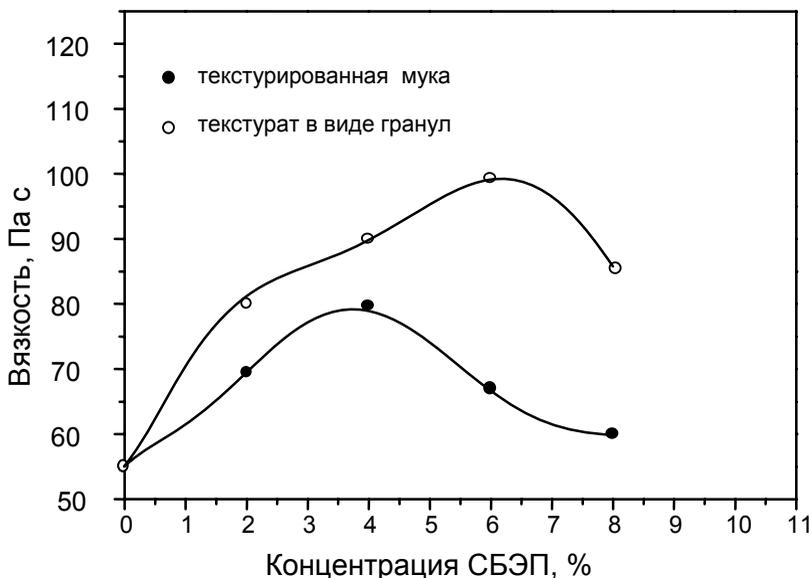


Рис. 4. Влияние СБЭП на вязкость непромытого фарша минтая

В результате в экспериментальных образцах происходят изменения ФТС фарша минтая, улучшающие его характеристики. Максимальных значений ФТС фарша достигают при введении 4 % текстурированной муки и 6 % текстурата в виде гранул.

Для выяснения, не ухудшает ли специфический вкус и запах бобовых органолептические характеристики готовых изделий из фарша минтая, в них вносили различное количество СБЭП (от 1 % до 10 %). Анализ полученных данных показал, что при введении в фаршевые системы до 4 % текстурированной муки и не более 6 % гранулированного текстурата от массы фарша вкусовые качества формованных изделий не ухудшаются.

В результате проведенных функционально-технологических и органолептических исследований разработан состав комбинированной рыбной массы (КРМ) (табл. 3), являющейся основой для производства продукции полифункционального назначения [7].

На основе КРМ разработан широкий ассортимент формованных изделий, в частности, колбасных и замороженных полуфабрикатов, различной степени готовности [8].

Исследуемые СБЭП отечественного производства благодаря химическому составу и высоким функциональным свойствам могут найти широкое применение в качестве белковых и структурорегулирующих добавок при производстве продуктов питания.

Таблица 3

Состав комбинированной рыбной массы

Наименование сырья	Нормы расхода сырья, кг на 100 кг комбинированной массы	
	Рецептура 1	Рецептура 2
Фарш минтая	82,7	77,7
Текстурированная мука	4	-
Текстурат в виде гранул	-	6
Соль	1,2	1,2
Перец черный молотый	0,1	0,1
Вода	12	15

Применение СБЭП в сочетании с непромытым фаршем минтая улучшает его функционально-технологические свойства, позволяет расширять ассортимент изделий, выпускать готовую продукцию улучшенного качества, а также увеличивает коэффициент использования перерабатываемого минтая в пищевых целях.

Библиографический список

1. Толстогузов В.Б. Искусственные продукты питания. М.: Наука, 1978. 212 с.
2. Толстогузов В.Б. Новые формы белковой пищи. М.: Агропромиздат, 1987. 303 с.
3. Толстогузов В.Б. Экономика новых форм производства пищевых продуктов. М.: Экономика, 1986. 176 с.
4. Water absorption capacity / Smith G. C., Hyunil J., Carpenter K. L. et al. J. Food. Sci., 1973, № 38. P. 849-852.
5. Central Soya Co., Inc. Analytical Methods, Fat absorption method-centrifuge, 1973, 563 572 p.
6. Grabowska J., Goray I., Sikorski Z. Objektiwna metoda oznaczenia zdolności emulgującej białek mieszmowych. Przem. spoż., 1971, No. 25, 412.
7. Swift C.E., Lockett C.F., Fryar P.G. Comminuted meat emulsions. The capacity of meat for emulsifying fats. Food. Technol., 1961, 15, 468-470.
8. Пат. № 2255611 (РФ). Способ приготовления комбинированной рыбной массы (В.Д. Богданов, Л.П. Ольховая, Л.Д. Петрова); Бюл. № 19.
9. Пат. № 2255612 (РФ). Формованное рыбное изделие (В.Д. Богданов, Л.П. Ольховая, Л.Д. Петрова); Бюл. № 19.