

УДК 664.951

UDC 664.951

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКА ГОДНОСТИ
РЫБНЫХ ПРЕСЕРВОВ НА ОСНОВАНИИ
ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**FORECASTING OF THE EXPIRATION DATE
OF FISH PRESERVES ON THE BASIS OF
COMPLETE FACTORIAL EXPERIMENT**

Бочарова-Лескина Анна Леонидовна

Bocharova-Leskina Anna Leonidovna

Иванова Елена Евгеньевна
д.т.н., профессор

Ivanova Elena Evgenievna
Dr.Sci.Tech., professor

Косенко Ольга Викторовна
к.т.н., доцент
*Кубанский государственный технологический
университет, Краснодар, Россия*

Kosenko Olga Viktorovna
Cand.Tech.Sci., associate professor
*Kuban state technological university, Krasnodar,
Russia*

В статье проведен анализ нормативно-технических документов по производству рыбных пресервов. Установлены основные факторы, влияющие на продолжительность срока годности рыбных пресервов. Описана концепция построения математической модели прогноза срока годности рыбных пресервов

In the article the analysis of normative and technical documents of fish preserves production was made. The major factors influencing duration of an expiration date of fish preserves are established. The concept of creation of a mathematical forecasting model of the expiration date of fish preserves is described

Ключевые слова: РЫБНЫЕ ПРЕСЕРВЫ, СРОК ГОДНОСТИ, ФАКТОРЫ, ЭКСПЕРИМЕНТ, РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Keywords: FISH PRESERVES, EXPIRATION DATE, FACTORS, EXPERIMENT, REGRESSION ANALYSIS, MATHEMATICAL MODEL

Одним из видов рыбной продукции, пользующихся неизменным спросом у потребителя, в настоящее время являются пресервы из рыбы и морепродуктов. Их огромный ассортимент, удобная упаковка, максимальная подготовленность к употреблению продолжают привлекать потребителя.

По данным аналитического центра информационного агентства по рыболовству при производстве пресервов рыбоперерабатывающие предприятия применяют порядка 20 видов рыб, традиционно используемых для производства этого вида продукции: сельдь, сардины, салака, сардинелла, мойва, килька, путассу, и др. Самым популярным и массовым видом рыбы, являющимся для 95% предприятий основным сырьем, является сельдь. Основную долю структуре общего объема отечественного производства рыбных пресервов занимают пресервы рыбные из разделанной рыбы в различных заливках (73%), пресервы

рыбные пряного посола (17,5%), пресервы рыбные специального посола (7,5%).

За период I полугодие 2013 г. по сравнению с I полугодием 2012г. в динамике наибольший темп роста производства продемонстрировали рыба (кроме сельди) слабосоленая (+40,4%), филе мороженое (+ 26,9%), пресервы (+26,4%) [1].

Ассортимент пресервов постоянно растет и обогащается новыми видами продукции за счет расширения видового состава рыбного сырья, ранее не используемого в производстве пресервов, нетрадиционных видов овощного и растительного сырья, в качестве гарниров, многообразия заливок и соусов.

Производство пресервов, в связи с тем, что они не проходят термическую обработку, предполагает высокий уровень технологической и производственно-оперативной культуры, а качество включает в себя как пищевую ценность и органолептические характеристики, так и безопасность. Все эти показатели нормируются действующими в стране нормативными документами и Международной Комиссией по Продовольственному Кодексу (Codex Alimentarius ФАО/ВОЗ) [2].

Известно, что в процессе хранения продуктов питания, в том числе и рыбных пресервов, за счет физико-химических и микробиологических процессов происходящих в них снижается не только их качество, но и изменяются показатели безопасности. Пресервы в первые две-три недели хранения проходят потребительскую подготовку, то есть созревание.

Нормативные документы на производство пресервов устанавливают сроки хранения всех видов пресервов с даты изготовления, однако регламентируют их отправку в торговую сеть по достижении потребительской зрелости (созревания). Обычно сроки хранения пресервов колеблются в пределах от 1 до 6 мес. Сроки годности пресервов нормативными документами не нормируются [3].

Срок годности пищевых продуктов, в том числе и пресервов, как известно, это ограниченный период времени, в течение которого продукты должны полностью отвечать предъявляемым к ним требованиям в части органолептических, физико-химических показателей, в т. ч. в части пищевой ценности, и установленным нормативными документами требованиям к допустимому содержанию химических, биологических веществ и их соединений, микроорганизмов и других биологических организмов, представляющих опасность для здоровья человека.

Сроки хранения пищевых продуктов - период времени, в течение которого продукты сохраняют свойства, установленные в нормативной и/или технической документации, при соблюдении указанных в документации условий хранения.

Таким образом, вероятно срок годности и срок хранения для пресервов должны различаться на период их созревания, т. е. приобретения продуктом потребительской готовности.

Анализ нормативно-технических документов (ГОСТ, ТУ, ТИ) на производство пресервов показывает, что рекомендуемые сроки хранения пресервов практически не зависят от ассортимента, и вида рыбы, а зависят в первую очередь от температуры хранения. Вид тары также мало влияет на сроки и температурный режим хранения пресервов.

Однако при рассмотрении сроков хранения и годности пресервов важно понимать, что пресервы – это многокомпонентные, активные системы, в которых одновременно протекают разнообразные микробиологические, биохимические и физико-химические реакции и срок хранения и годности их зависит от многих факторов.

«Методические указания по санитарно-эпидемиологической оценке обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» определяют порядок, требуемые показатели и периодичность их контроля при установлении сроков годности новых видов продукции и постановке

их на производство [4]. Коэффициент резерва для пресервов составляет 1,15-1,2. А это значит, что для определения сроков годности необходимо 7-8 месяцев при контроле нормируемых показателей не менее 3 раз: в начале хранения, на момент окончания срока годности и через промежуток времени, определенный соответствующим коэффициентом резерва. Таким образом, на получение результата уходит до 10 месяцев работы, что в условиях рынка невыгодно, так как существенно повышает себестоимость продукции за счет длительного и трудоемкого исследования.

Использование методов математического моделирования позволяет в ряде случаев прогнозировать состояние объекта исследования в процессе хранения в стандартных условиях по результатам, полученным при хранении в экстремальных условиях [5]. В основе такого подхода лежит изучение механизма и кинетики процессов, определяющих снижение качества объекта испытания в процессе хранения.

В целях ускорения постановки новых видов продукции на производство разработана концепция построения и оценки качества регрессионной модели на основании математического планирования и обработки результатов активного эксперимента [6,7]. Согласно этой концепции в настоящее время разрабатывается математическая модель прогноза срока годности рыбных пресервов.

Для установления математической зависимости между сроком годности рыбных пресервов и влияющими на него факторами применяется полный факторный двухуровневый эксперимент (ПЭФ 2^n), состоящий из $N = 2^n$ опытов, в различных опытах такого эксперимента реализуются все возможные сочетания уровней n факторов, оказывающих влияние на отклик. Функцией отклика в данном случае является величина Y , принимающая значения y_1, y_2, y_3, \dots и определяющая период (в сутках), соответствующий сроку годности пресервов. Опытные образцы пресервов считаются годными с того момента, когда фиксируется факт их

созревания, и до момента начала ухудшения органолептических (запах, консистенция, прозрачность и цвет заливки и т.п.) и микробиологических показателей. На основании ранее проведенных исследований установлено, что основными факторами, влияющими на продолжительность срока годности рыбных пресервов, являются температурные условия хранения, вид рыбы и соответственно способность ее мышечной ткани к созреванию, рецептура (кислотность заливки, доля рыбной составляющей от общего количества содержимого условной банки, содержание соли, содержание консерванта и пр.), способ упаковки. Безусловно, существенное влияние оказывают также качество сырья (срок хранения, способ хранения: замораживание, охлаждение и др.), из которого изготавливаются пресервы. Однако для реализации эксперимента и последующей математической обработки его результатов необходимо, чтобы факторы были управляемыми, операциональными, однозначными, совместимыми, независимыми и обладали достаточно высокой точностью замера. Управляемость означает, что выбранное значение (уровень) фактора может поддерживаться постоянным на протяжении всего эксперимента. Операциональность фактора определяется как указание последовательности операций, с помощью которых устанавливаются его конкретные значения (уровни). С операциональным определением фактора связаны выбор его размерности и точность его фиксирования. Под однозначностью фактора понимается непосредственность его воздействия на отклик. Иначе говоря, фактор не должен быть функцией других факторов. Совместимость факторов означает, что все их комбинации осуществимы и безопасны. Независимость факторов равносильна отсутствию между ними корреляционной связи. В процессе исследования было установлено, что совокупность факторов, отвечающих вышеперечисленным требованиям, состоит из величин: $X_1(\tilde{N}^0)$ – температуры хранения опытных образцов, X_2 (ед/г) – протеолитической активности мышечной ткани рыбы,

x_3 (%/100) – доли рыбного сырья от общего количества содержащегося в опытном образце и x_4 (%) – кислотности заливки [8,9].

Одной из предпосылок применения регрессионного анализа является необходимость распределения моделируемой случайной величины по нормальному закону. Поэтому на основании изучения выборки, содержащей 300 контрольных образцов, с помощью критерия s^2 с вероятностью 95% была принята гипотеза о нормальном распределении величины Y .

Прогноз срока годности рыбных пресервов предполагается осуществить с помощью уравнения регрессии - неполного полинома четвертой степени.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{123}x_1x_2x_3 + b_{124}x_1x_2x_4 + b_{134}x_1x_3x_4 + b_{234}x_2x_3x_4 + b_{1234}x_1x_2x_3x_4$$

Для определения неизвестных коэффициентов этого уравнения в настоящее время реализуется полный факторный двухуровневый эксперимент (ПФЭ) с равномерным 5-кратным дублированием опытов в каждой строке плана эксперимента. Основные характеристики плана эксперимента приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНА ЭКСПЕРИМЕНТА

Характеристики	Факторы X_j			
	Температура хранения, X_1	Протеолитическая активность мяса рыбы, X_2	Кислотность заливки, X_3	Доля рыбного сырья, X_4
Основной уровень (центр эксперимента)	-1,5	0,08	0,5	1,6
Интервал варьирования Δ_j	6,5	0,05	0,2	1
Нижний уровень	-8	0,03	0,3	0,6
Верхний уровень	+5	0,13	0,7	2,6
Обозначения кодированных факторов	x_1	x_2	x_3	x_4

Число серий опытов такого эксперимента $N = 2^4 = 16$.

Переход от действительных значений факторов к кодированным безразмерным величинам осуществляется по формуле:

$$x_j = \frac{X_j - X_j^0}{\Delta X_j}, \tag{1}$$

где

x_j – кодированное значение фактора;

X_j – действительное значение фактора;

X_j^0 – значение основного уровня;

ΔX_j – интервал варьирования.

Таким образом, для каждого фактора кодированное значение нижнего уровня соответствует (-1), а верхнего – (+1). Матрица планирования эксперимента имеет вид, представленный Таблицей 2.

Таблица 2 – МАТРИЦА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

i	X_1	X_2	X_3	X_4	x_1	x_2	x_3	x_4
1	-8	0,03	0,6	0,3	-1	-1	-1	-1
2	-8	0,03	0,6	0,7	-1	-1	-1	+1
3	-8	0,03	2,6	0,3	-1	-1	+1	-1
4	-8	0,03	2,6	0,7	-1	-1	+1	+1
5	-8	0,13	0,6	0,3	-1	+1	-1	-1
6	-8	0,13	0,6	0,7	-1	+1	-1	+1
7	-8	0,13	2,6	0,3	-1	+1	+1	-1
8	-8	0,13	2,6	0,7	-1	+1	+1	+1
9	5	0,03	0,6	0,3	+1	-1	-1	-1
10	5	0,03	0,6	0,7	+1	-1	-1	+1
11	5	0,03	2,6	0,3	+1	-1	+1	-1
12	5	0,03	2,6	0,7	+1	-1	+1	+1
13	5	0,13	0,6	0,3	+1	+1	-1	-1
14	5	0,13	0,6	0,7	+1	+1	-1	+1
15	5	0,13	2,6	0,3	+1	+1	+1	-1
16	5	0,13	2,6	0,7	+1	+1	+1	+1

По результатам опытов ПФЭ 2^4 можно найти коэффициенты уравнения регрессии, где в качестве переменных выступают кодированные значения факторов:

$$y = \tilde{b}_0 + \tilde{b}_1 x_1 + \tilde{b}_2 x_2 + \tilde{b}_3 x_3 + \tilde{b}_4 x_4 + \tilde{b}_{12} x_1 x_2 + \tilde{b}_{13} x_1 x_3 + \tilde{b}_{14} x_1 x_4 + \tilde{b}_{23} x_2 x_3 + \tilde{b}_{24} x_2 x_4 + \tilde{b}_{34} x_3 x_4 + \tilde{b}_{123} x_1 x_2 x_3 + \tilde{b}_{124} x_1 x_2 x_4 + \tilde{b}_{134} x_1 x_3 x_4 + \tilde{b}_{234} x_2 x_3 x_4 + \tilde{b}_{1234} x_1 x_2 x_3 x_4.$$

Коэффициенты линейных членов этого уравнения указывают на силу влияния факторов. Чем больше численная величина коэффициента, тем большее значение на срок годности пресервов оказывает рассматриваемый фактор. Если коэффициент положителен, то с увеличением значения фактора срок годности увеличивается, в противном случае – уменьшается.

Коэффициенты при произведениях переменных x_j определяют эффекты взаимодействия факторов. Например, если коэффициент при произведении двух кодированных факторов положителен, то для увеличения срока годности пресервов требуется одновременное увеличение или уменьшение значений этих факторов, а для уменьшения срока годности факторы должны изменяться в разных направлениях. Если этот коэффициент имеет отрицательный знак, то для увеличения срока годности факторы должны изменяться в разных направлениях, а для его уменьшения требуется одновременное увеличение или уменьшение значений факторов. Аналогично интерпретируются знаки эффектов взаимодействия высших порядков.

Неизвестные коэффициенты при безразмерных переменных x_1, x_2, x_3, x_4 уравнения регрессии можно найти по формулам:

$$\tilde{b}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{16} \bar{y}_i}{16}; \tag{2}$$

$$\tilde{b}_j = \frac{\sum_{i=1}^{16} x_{ij} \cdot \bar{y}_i}{16}, \quad j = 1, 2, 3, 4; \tag{3}$$

$$\tilde{b}_{ju} = \frac{\sum_{i=1}^{16} x_{ij} \cdot x_{iu} \cdot \bar{y}_i}{16}, \quad j < u, \quad j, u = 1, 2, 3, 4; \quad (4)$$

$$\tilde{b}_{juv} = \frac{\sum_{i=1}^{16} x_{ij} \cdot x_{iu} \cdot x_{iv} \cdot \bar{y}_i}{16}, \quad j < u < v, \quad j, u, v = 1, 2, 3, 4; \quad (5)$$

$$\tilde{b}_{1234} = \frac{\sum_{i=1}^{16} x_{i1} \cdot x_{i2} \cdot x_{i3} \cdot x_{i4} \cdot \bar{y}_i}{16}, \quad (6)$$

где

\bar{y}_i – среднее значение срока годности, рассчитанное по результатам 5 повторностей i -ой серии опытов;

$x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}$ – кодированные значения факторов, соответствующие i -ой серии опытов.

Если измеряемая случайная величина (срок годности пресервов) распределена по нормальному закону во всём исследованном диапазоне, то независимо от средних значений \bar{y}_i , полученных по 5 повторностям каждой из 16 серий опытов, её дисперсия (так называемая дисперсия воспроизводимости) не будет изменять своей величины. Следовательно, построчные оценки S_i^2 этой дисперсии в различных сериях опытов должны быть однородными.

Для проверки гипотезы об однородности дисперсий S_i^2 применяется статистический критерий Кохрена. Если согласно этому критерию нет оснований отвергать гипотезу об однородности построчных оценок, то опыты считаются воспроизводимыми.

Если опыты невоспроизводимы, то можно попытаться достигнуть воспроизводимости путём выявления и устранения источников нестабильности эксперимента, а также использованием более точных методов и средств измерений. Например, в случае, если среди m повторностей серии опытов встречаются результаты, значительно

отличающиеся от других результатов той же серии, определение грубых ошибок («промахов») можно проводить по статистическому r -критерию максимального отклонения. Выявленный с помощью такой проверки результат должен исключаться из дальнейшего анализа. На практике стараются при наличии «промахов» поставить дополнительный опыт (опыты) с тем, чтобы эксперимент был осуществлён при $m_i = m = const$.

Поскольку определение продолжительности срока годности опытных образцов и обеспечение заданного уровня факторов в каждом опыте осуществляется неточно, с какой-то ошибкой, то с какой-то ошибкой будут определяться и коэффициенты уравнения регрессии. Статистический анализ уравнения имеет своей целью показать с наперёд заданной вероятностью, что полученные оценки коэффициентов уравнения по модулю либо больше, либо меньше ошибки в их измерении. В первом случае они значимо отличаются от нуля, во втором – незначимо и должны быть из уравнения исключены.

Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии осуществляется при помощи статистического критерия Стьюдента. Слагаемые с незначимыми коэффициентами исключают из уравнения.

Причиной получения незначимого линейного коэффициента какого-либо фактора может являться одна из следующих ситуаций:

- данный фактор на срок годности не влияет;
- выбран слишком малый интервал варьирования, в связи с чем изменение отклика, обусловленное изменением фактора, соразмерно случайным отклонениям, вызываемым влиянием неучтённых факторов;
- значение данного фактора в центральной точке эксперимента (см. табл. 1) соответствует его оптимальной величине, поэтому одинаковое его увеличение или уменьшение на Δ_j уменьшит значение отклика примерно на одну и ту же величину.

Если в уравнении после проверки значимости коэффициентов остаются все N коэффициентов, то проверка адекватности модели теряет смысл, поскольку рассчитанное по такому уравнению значение срока годности пресервов для условий какой-либо i -ой серии опытов должно в пределах точности округления совпадать с величиной \bar{y}_i , принятой к расчёту.

Если же число значимых коэффициентов хотя бы на единицу меньше числа серий опытов, то появляется необходимость статистической проверки адекватности полученного уравнения экспериментальным данным. Эта проверка осуществляется с использованием критерия Фишера. При этом выявленная неадекватность модели может быть обусловлена как неоправданно точным описанием экспериментальных данных этим уравнением, так и тем, что точность описания процесса значимо ниже той точности, с которой получены экспериментальные данные. В первом случае уравнение может служить основой для поиска оптимальных условий, но не может использоваться для проверки той или иной гипотезы о механизме исследуемого процесса.

Для того чтобы сделать возможным определение срока годности рыбных пресервов с помощью полученного уравнения регрессии в случае, когда факторы принимают действительные значения, следует осуществить преобразование кодированных факторов по формуле (1). Коэффициенты регрессии изменятся. При этом пропадает возможность интерпретации влияния факторов по величинам и знакам коэффициентов регрессии, поскольку в силу обстоятельств, обусловленных свойствами матрицы планирования эксперимента, коэффициенты уравнения будут определяться зависимо друг от друга. Однако в задаче получения интерполяционной формулы такой приём допустим. Поэтому, заменяя в найденном уравнении регрессии переменные x_1, x_2, x_3, x_4 с учётом данных табл. 1 на величины

$\frac{X_1 + 1,5}{6,5}$, $\frac{X_2 - 0,08}{0,05}$, $\frac{X_3 - 0,5}{0,2}$ и $\frac{X_4 - 1,6}{1}$ соответственно, получим интерполяционную формулу, позволяющую по конкретным значениям температуры хранения, протеолитической активности мяса рыбы, доли рыбной составляющей от общего количества содержимого условной банки и кислотности заливки, обусловленных рецептурой, прогнозировать продолжительность срока хранения пресервов.

Таким образом, разработанный способ прогнозирования срока годности рыбных пресервов на основании полного факторного эксперимента позволит быстро и без дополнительных исследований определять сроки годности при разработке и постановке на производство новых видов пресервов.

Литература

1. Статистика и аналитика отраслевой деятельности рыбохозяйственного комплекса РФ [Электронный ресурс] // Федеральное агентство по рыболовству: сайт. – URL: [http:// fish.gov.ru](http://fish.gov.ru)
2. Dhamija O.P. Codex Alimentarius Commission and its work relating to standards for fish and fishery products // *Seafood Export J.* - 1984. - V.16, N.4. -P. 13-17.
3. Иванова Е.Е., Бочарова-Лескина А.Л., Толмасова О.И. – Пресервы. Качество. Сроки хранения. Перспективные технологии производства продукции из сырья животного и растительного происхождения: Сборник материалов международной научно-технической Интернет - конференции, 20 мая 2013 г.- Краснодар: Изд. КубГТУ, 2013.- 279 с.
4. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания. МУК 4.2.1847-04.
5. Стеле Р. Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытание/ Р.Стеле; [пер. с англ. В.Широкова под общ. ред. Ю.Г.Базарновой]. – СПб.: Профессия, 2008. – 480 с., ил., табл., сх.
6. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
7. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 200с.
8. Иванова Е.Е. Факторы, определяющие продолжительность хранения пищевых продуктов / Иванова Е.Е., Лазорская А.С., Бочарова-Лескина А.Л. // Труды VIII международной научной конференции «Инновации в науке и образовании», Калининград, 19-21 окт. 2010. – 2010. – Ч.2. – с.136-139.
9. Бочарова-Лескина А.Л. Применение математического моделирования в определении сроков годности пищевых продуктов / Бочарова-Лескина А.Л., Иванова Е.Е., Одинец Н.А. // Материалы международной научно-технической Интернет-

конференции «Актуальные проблемы выращивания и переработки прудовой рыбы», Краснодар, 15-20 июня. 2012. – 2012. – с.110-113.

10. Amanatidou A., Baranyi J., Gorris L.G.M., Smid J.M. BARANYI, J., GORRIS, L. Coexistence of spoilage microorganisms in a food system can be quantified by means of mathematical models //Proceedings Food Micro., 17th International Symposium of the International Committee on Food Microbiology and Hygiene, Veldhoven, 13-17 Sept. 1999. – 1999. – P.885-887.

References

1. Statistika i analitika otraslevoj dejatel'nosti rybohozajstvennogo kompleksa RF [Elektronnyj resurs] // Federal'noe agentstvo po rybolovstvu: sajt. – URL: [http:// fish.gov.ru](http://fish.gov.ru)

2. Dhamija O.R. Codex Alimentarius Commission and its work relating to standards for fish and fishery products // Seafood Export J. - 1984. - V.16, N.4. -P. 13-17.

3. Ivanova E.E., Bocharova-Leskina A.L., Tolmasova O.I. – Preservy. Kachestvo. Sroki hranenija. Perspektivnye tehnologii proizvodstva produkci iz syr'ja zhivotnogo i rastitel'nogo proishozhdenija: Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy Internet - konferencii, 20 maja 2013 g.- Krasnodar: Izd. KubGTU, 2013.- 279 s.

4. Sanitarno-jepidemiologicheskaja ocenka obosnovanija srokov godnosti i uslovij hranenija pishhevych produktov. Metodicheskie ukazanija. MUK 4.2.1847-04.

5. Stele R. Srok godnosti pishhevych produktov: Raschet i ispytanie/ R.Stele; [per. s angl. V.Shirokova pod obshh. red. Ju.G.Bazarnovoj]. – SPb.: Professija, 2008. – 480 s., il., tabl., sh.

6. Adler Ju.P., Markova E.V., Granovskij Ju.V. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij. – M.: Nauka, 1976. – 279 s.

7. Grachev Ju.P. Matematicheskie metody planirovanija jeksperimentov. – M.: Pishhevaja promyshlennost', 1979. – 200s.

8. Ivanova E.E. Faktory, opredelajushhie prodolzhitel'nost' hranenija pishhevych produktov / Ivanova E.E., Lazorskaja A.S., Bocharova-Leskina A.L. // Trudy VIII mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Innovacii v nauke i obrazovanii», Kaliningrad, 19-21 okt. 2010. – 2010. – Ch.2. – s.136-139.

9. Bocharova-Leskina A.L. Primenenie matematicheskogo modelirovanija v opredelenii srokov godnosti pishhevych produktov / Bocharova-Leskina A.L., Ivanova E.E., Odinec N.A. // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy Internet-konferencii «Aktual'nye problemy vyrashhivaniya i pererabotki prudovoj ryby», Krasnodar, 15-20 ijun. 2012. – 2012. – s.110-113.

10. Amanatidou A., Baranyi J., Gorris L.G.M., Smid J.M. BARANYI, J., GORRIS, L. Coexistence of spoilage microorganisms in a food system can be quantified by means of mathematical models //Proceedings Food Micro., 17th International Symposium of the International Committee on Food Microbiology and Hygiene, Veldhoven, 13-17 Sept. 1999. – 1999. – P.885-887.