

**ИЗМЕНЕНИЕ УПРУГИХ И ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТКАНЕЙ РЫБЫ ПРИ ХРАНЕНИИ****А. Н. Головин, А. В. Славин**

Ткани рыбы по своим структурным и механическим свойствам занимают промежуточное положение между жидкими и твердыми телами и поэтому могут быть охарактеризованы такими показателями физического состояния тел, как эластичность, упругость, пластичность и прочность [1, 2].

Зависимость консистенции рыбы от структурных и механических свойств ее тканей послужила основанием для определения величин указанных выше показателей для тканей свежей рыбы и их изменения при хранении и консервировании (охлаждение, замораживание, посол).

О возможности объективной оценки консистенции рыбы по величине напряжения среза, определяемой при помощи прочномера ПМ-3, уже сообщалось [3]. Рекомендованный метод заслуживает внимания, так как может быть использован в заводских лабораториях, особенно в тех случаях, когда необходимо разрешить разногласия среди экспертов или между лицами, осуществляющими приемо-сдаточные функции.

Недостаток этого метода — необходимость вырезать кусочки из тушки.

Настоящая работа посвящена исследованию возможности определения консистенции рыбы при помощи автоматического пенетрометра АР-4/1 (фирма «Labof», Венгрия) и усовершенствованного нами консистометра ТИПРО ИУТР.

Принцип действия пенетрометра АР-4/1 основан на измерении глубины погружения пуансона в исследуемый материал под действием постоянной нагрузки (100 г) в течение определенного промежутка времени (5 с). К достоинствам прибора следует отнести его небольшие габариты (200×250×600 мм).

Методика проведения анализа довольно проста.

Исследуемый образец рыбы (неразделанная, разделанная) укладывают на подставку и при помощи регулировочного винта доводят до соприкосновения с наконечником (пуансоном) падающего стержня. При нажатии кнопки пуска срабатывает электромеханическое устройство, представляющее собой катушку с намагниченным сердечником, и шток падает под действием силы тяжести. По истечении заданного времени падающий шток заклинивается (зажимается) при помощи того же электромеханического держателя. В этот момент прекращается деформирующее воздействие штока на исследуемый материал (образец).

Величину деформации отсчитывают по градуированной рейке, жестко скрепленной с падающим штоком и спроецированной на матовый экран. Цена деления шкалы 0,1 мм. Это позволяет с большой точностью измерять величину общей деформации (сумма упругой и пластической деформаций) тканей анализируемой рыбы.

Общая деформация тканей рыбы может быть измерена и при помощи консистометра ТИПРО ИУТР-01 (рис. 1) [4].

Усовершенствованная модель состоит из трех основных частей: штанги-штатива с кронштейном; индикатора измеряемых величин; стола измерений.

Для измерения величин деформаций служат «индикаторные часы», выпускаемые ленинградским заводом «Красный инструменталист», с ценой деления 0,01 мм.

Измерение величины общей деформации тканей рыбы при помощи описываемого консистометра аналогично измерению этого показателя автоматическим пенетрометром. Роль пускового механизма выполняет пружинный затвор-фиксатор, при помощи которого регулируется действие нагрузки (50 г) на исследуемый образец.

Конструкция прибора позволяет измерять не только величину общей деформации тканей рыбы, но и величины упругой и остаточной деформации, что дает возможность судить об упругости тканей рыбы по величине, названной «коэффициентом упругости».

Методика проведения определений на консистомере заключается в следующем. Исследуемый образец укладывают на стол измерения (см. рис. 1), затем с помощью регулировочных винтов 2 пуансон индикатора 3 доводится до соприкосновения с поверхностью объекта анализа в установленной точке. Одновременно с включением контрольного секундомера открывается затвор-фиксатор 4, в результате чего под действием нагрузки, равной весу падающего стержня индикатора и весу пири, установленной на чашке для грузов, начинается деформирование тканей анализируемой рыбы.

Величина общей деформации отсчитывается по показаниям индикаторных часов через 15 с с момента освобождения падающего стержня от сцепления. Предварительные исследования показали, что за указанный промежуток времени, как правило, устанавливается динамическое равновесие между деформирующей силой нагрузки и так называемым механическим напряжением деформированного тела, характеризующимся взаимодействием внутренних сил, векторы которых зависят от особенностей структуры исследуемого материала.

После измерения величины общей деформации образец в течение 5 с выдерживается в напряженном состоянии с фиксированным положением падающего стержня индикатора. Затем стержень возвращается в исходное (нулевое) положение. Через 15 с — время, достаточное для частичного восстановления деформированного материала, — наконец падающего стержня вновь доводится до соприкосновения с поверхностью анализируемой рыбы в точке измерения величины общей дефор-

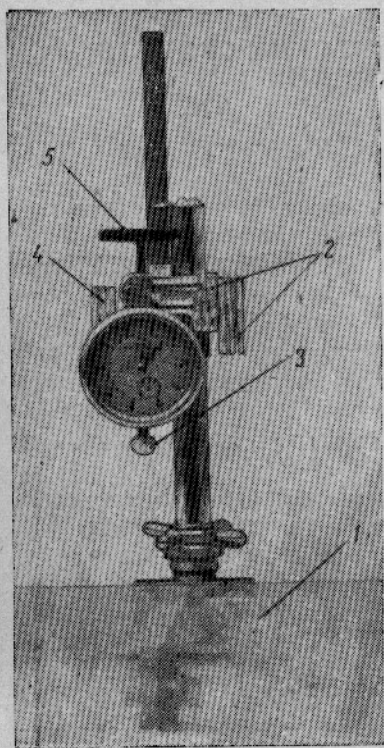


Рис. 1. Усовершенствованная модель консистометра типа ИУТР:

1 — стол измерения; 2 — регулировочный винт; 3 — пуансон индикатора; 4 — затвор-фиксатор; 5 — чашка для грузов.

мации ее тканей и по индикаторным часам измеряется величина остаточной деформации.

Величина упругой деформации определяется как разность между величинами общей и остаточной деформаций, а значение коэффициента упругости тканей рыбы вычисляется по формуле

$$K_y = \frac{l_{\text{упр}}}{l_{\text{общ}}} \cdot 100 = \frac{l_{\text{общ}} - l_{\text{ост}}}{l_{\text{общ}}} \cdot 100,$$

где $l_{\text{общ}}$ — величина общей деформации, мм;
 $l_{\text{ост}}$ — величина остаточной деформации, мм;
 $l_{\text{упр}}$ — величина упругой деформации, мм;
 K_y — коэффициент упругости, %.

Объектами исследований были свежая, охлажденная и мороженая балтийская треска различного срока хранения и соленая атлантическая сельдь.

Органолептическую оценку консистенции анализируемой рыбы производили специалисты Московского и Лиепайского рыбокомбинатов.

Величины различных деформаций на испытуемых приборах измерялись в строго установленных точках — для трески в точке пересече-

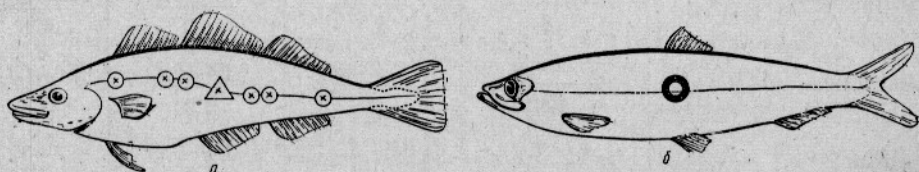


Рис. 2. Точки измерения деформаций тканей трески (а) и сельди (б).

ния боковой линии с линией, проходящей через середину второго дорзального плавника, а для сельди — в точке пересечения боковой линии с линией, проходящей через середину спинного плавника (рис. 2). Эти точки находятся на участках с хорошо развитой мускулатурой, что уменьшает вероятность появления случайных величин при выполнении контрольных замеров.

Следует отметить, что при выборе формы пуансона необходимо учитывать топографию (форму) и анатомию анализируемой рыбы. Так, при определении консистенции рыб веретенообразной и стреловидной форм (скумбрия, щука, треска и т. д.) целесообразнее применять пуансон такой формы, чтобы площадь соприкосновения его с поверхностью исследуемого образца была бы наименьшей, а при анализе камбалообразных рыб (камбала, палтус и т. д.) — пуансон с большей площадью соприкосновения. В нашем конкретном случае при исследовании структурно-механических свойств тканей трески применялся пуансон, имевший форму конуса, а для сельди — пуансон с шарообразным наконечником (рис. 3).

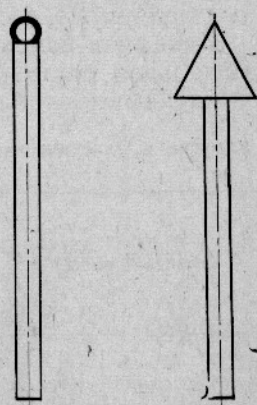


Рис. 3. Формы пуансонов.

По полученным данным величина общей деформации охлажденной трески ослабевшей и слабой консистенции на 20—60% больше, чем

у рыбы плотной консистенции, и в 3—5 раз больше, чем у рыбы, находящейся в стадии посмертного ооченения (табл. 1).

Таблица 1

Упругие и пластические свойства тканей охлажденной трески и соленой сельди

Консистенция рыбы (определена органолептическим методом)	Показания пенетрометра АР-4/1 общая деформация, мм	Показания консистометра типа ИУТР		
		общая деформация, мм	остаточная деформация, мм	коэффициент упругости, %
Треска				
Плотная	<u>4,2—5,2</u>	<u>3,6—5,3</u>	<u>0,4—1,4</u>	<u>78,4—92,7</u>
	4,9	4,6	0,7	83,9
Ослабевшая	<u>6,0—7,8</u>	<u>5,1—7,2</u>	<u>1,1—3,0</u>	<u>54,6—77,9</u>
	7,0	6,5	1,9	67,2
Слабая	<u>8,0—10,3</u>	<u>6,4—8,6</u>	<u>1,9—4,1</u>	<u>48,7—62,3</u>
	8,9	7,8	3,1	55,5
Сельдь				
Плотная	<u>1,4—3,5</u>	<u>1,5—2,8</u>	<u>0,4—1,7</u>	<u>23,6—73,4</u>
	2,8	2,3	1,0	45,8
Ослабевшая	<u>3,4—5,6</u>	<u>2,8—4,8</u>	<u>1,4—2,4</u>	<u>35,6—60,7</u>
	4,3	3,6	1,9	47,8
Слабая	<u>4,7—6,6</u>	<u>3,5—5,3</u>	<u>1,6—3,2</u>	<u>38,7—55,4</u>
	5,7	4,0	2,2	48,5

Примечание. В знаменателе указано среднее арифметическое (из 16 определений) значение анализируемого параметра.

Разница между величинами общей деформации тканей сельди плотной и ослабевшей консистенции несколько меньше, чем у трески, и составляет 15—35%.

Динамика изменения упругих и пластических свойств тканей рыбы в начальной стадии посмертных изменений характеризуется данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Упругие и пластические свойства тканей балтийской трески в начальных стадиях посмертных изменений

Состояние рыбы	Показания пенетрометра АР-4/1 общая деформация, мм	Показания консистометра типа ИУТР		
		общая деформация, мм	остаточная деформация, мм	коэффициент упругости, %
До наступления стадии трупного ооченения	<u>6,5—7,7</u>	<u>5,8—6,5</u>	<u>0,1—0,4</u>	<u>94,3—98,1</u>
	7,1	6,2	0,2	96,9
В стадии трупного ооченения	<u>1,7—4,3</u>	<u>1,9—3,8</u>	<u>0,1—0,5</u>	<u>90,8—96,4</u>
	3,3	2,7	0,3	92,9
После снятия (разрешения) трупного ооченения	<u>4,2—5,2</u>	<u>3,6—5,3</u>	<u>0,4—1,2</u>	<u>78,4—92,7</u>
	4,6	4,6	0,7	83,9

Примечания: 1. В знаменателе указано среднее арифметическое (из 12 определений) значение анализируемого параметра.

2. Консистенция рыбы, определенная органолептическим методом, — плотная.

Таблица 3

Связь между консистенцией рыбы и величиной общей деформации ее тканей

Консистенция рыбы (определена органолептическим методом)	Величина общей деформации тканей рыбы, мм (по показаниям пенетрометра AP-4/1)	
	пуансон—конус	пуансон—шар (диаметр 3,6 мм)

Балтийская треска (охлажденная)

Плотная	До 6,0	—
Ослабевшая	От 6,0 до 7,5	—
Слабая	Более 7,5	—

Атлантическая сельдь (соленая)

Плотная	—	До 3,5
Ослабевшая	—	От 3,5 до 5,5
Слабая	—	Более 5,5

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в период посмертного окоченения величина общей деформации тканей рыбы значительно меньше, чем у свежей рыбы до стадии посмертного окоченения.

Таблица 4

Изменения упругих и пластических свойств тканей балтийской трески при ее замораживании и хранении

Состояние рыбы и срок ее хранения	Консистенция рыбы (определена органолептическим методом)	Показания пенетрометра AP-4/1 общая деформация, мм	Показания консистометра типа ИУТР		
			общая деформация, мм	остаточная деформация, мм	коэффициент упругости, %
Свежая	Плотная	4,2—5,2	3,6—5,4	0,4—1,4	78,4—91,7
		4,6	4,6	0,7	83,9
	Ослабевшая	6,0—7,8	5,1—7,2	1,1—3,0	54,6—77,9
		7,0	6,5	1,9	67,2
Свежемороженая	Плотная	4,8—6,5	4,3—5,8	0,8—1,5	73,8—81,4
		5,7	5,1	1,2	77,2
	Ослабевшая	7,4—9,4	7,5—8,6	—	—
		8,3	7,9	—	—
Мороженая хранения при минус 18 — минус 20° С после 3 месяцев	Плотная	3,4—3,8	2,5—2,9	0,6—1,0	65,2—77,0
		3,7	2,6	0,8	70,8
	Ослабевшая	4,7—5,8	3,3—4,3	0,6—1,9	55,2—62,0
		5,0	4,0	1,7	58,4
после 6 месяцев	Плотная	4,0—4,3	3,1—3,3	1,3—1,6	52,3—61,1
		4,1	3,2	1,4	57,8
	Ослабевшая	2,7—6,0	1,5—4,8	1,0—2,1	35,8—53,0
		4,3	3,5	1,4	47,5

Примечание. В знаменателе указано среднее арифметическое (из 15 определений) значение анализируемого параметра.

ния, а значение коэффициента упругости изменяется при этом не так существенно. Снятие (разрешение) напряженного состояния тканей рыбы сопровождается резким увеличением их деформируемости.

Результаты исследований (см. табл. 1 и 2) были обработаны при помощи методов математической статистики, которая подтвердила их достоверность и установила достаточно хорошую корреляцию между значениями величины общей деформации тканей рыбы с органолептической оценкой ее консистенции. Эта зависимость показана в табл. 3.

При хранении рыбы в замороженном состоянии общая деформация тканей рыбы уменьшается, что, по-видимому, связано с подсыханием поверхностных слоев тканей рыбы и с частичной денатурацией содержащихся в них белков. Наиболее интенсивно этот процесс протекает в первые 3 месяца хранения рыбы (табл. 4).

Анализируя результаты, полученные при изучении структурно-механических свойств тканей мороженой трески можно сказать о том, что наиболее объективным показателем консистенции этого вида рыбной продукции является коэффициент упругости, динамика изменения которого носит наиболее постоянный характер. Вероятно, целесообразно определить значения коэффициента упругости тканей различных видов рыб разной консистенции, а также разных режимов и сроков их хранения в охлажденном и мороженом состояниях.

Однако уже сейчас можно определять консистенцию целой рыбы инструментальным методом по величине общей деформации ее тканей и по их упругости.

ВЫВОД

Для определения величины общей деформации тканей рыбы самым удобным для эксплуатации в условиях производственных лабораторий следует признать автоматический пенетрометр АР-4/1, отличающийся малыми габаритами, а также быстротой и точностью определения с достаточно хорошей корреляцией его показаний с органолептической оценкой консистенции свежей и охлажденной рыбы. Целесообразно изготовить малую серию пенетрометров и после производственной проверки внедрить их в практику производственных лабораторий рыбообработывающих предприятий в качестве контрольных приборов при определении консистенции рыбы. Для инструментальной оценки консистенции мороженой рыбы необходимо продолжить разработку новых и усовершенствование существующих приборов, позволяющие контролировать коэффициент упругости тканей рыбы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ребиндер Л. А. Новые методы характеристики упруго-пластических и вязких свойств структурированных дисперсных систем и растворов высокополимеров, новые методы физико-химических исследований поверхностных явлений. — Труды ИРХ АН СССР, 1950.

2. Воскресенский И. А. Посол, копчение и сушка рыбы. М., «Пищевая промышленность», 1966, с. 55—75.

3. Головин А. Н., Славин А. В. О возможности объективной оценки консистенции рыбы и рыбных продуктов. — «Рыбное хозяйство», 1971, № 7, с. 73—75.

4. Гордиевская В. С., Борисова Т. И. Измерение механических свойств мяса рыб на приборе ИУТР-01. — Сборник работ по технологии рыбных продуктов. Владивосток, 1969, вып. 1, с. 13—22.

SOME DATA ON CHANGES IN ELASTIC AND PLASTIC PROPERTIES OF FISH TISSUES DURING STORAGE

A. N. Golovin, A. V. Slavin

SUMMARY

Results of studies on textural and mechanical properties of fish tissues using an automatic penetrometer AP-4/1 and a modified model of consistometer UITP-01 are presented. Values are given of deformation in tissue elasticity and plasticity of fresh, refrigerated and frozen fish with different texture, and of various storage time and preservation methods. The results obtained confirm the possibility of an objective evaluation of fish texture with the help of proven instruments.

QUELQUES DONNÉES SUR LES VARIATIONS DES PROPRIÉTÉS ÉLASTIQUES ET PLASTIQUES DU TISSU DE POISSON PENDANT LE STOCKAGE

A. N. Golovine, A. V. Slavine

RÉSUMÉ

Les résultats des études des propriétés structurales et mécaniques des tissus de poisson au moyen d'un pénétromètre automatique AP-4/1 et d'un modèle perfectionné du consistomètre UITP-01 sont présentés.

On indique les valeurs des déformations élasto-plastiques des tissus des poissons réfrigérés et congelés selon la consistance, le délai de stockage et de la méthode de conservation. Les résultats d'études confirme qu'il est possible de déterminer d'une façon objective la consistance du poisson au moyen des appareils spéciaux approuvés.