

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОЛЕННОСТИ РЫБЫ ПО ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ТКАНЕЙ

И. М. Маршак

DETERMINING THE SALT CONTENT OF FISH BY THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE TISSUES

By J. Marshak

Введение

Одним из наиболее часто применяемых в контрольных лабораториях рыбной промышленности определений является установление содержания хлористого натрия в различных рыбных продуктах.

Все известные методы химического определения хлористого натрия в рыбных продуктах сложны по способу подготовки материала и требуют значительной затраты времени. Кроме того, взятие проб для анализа связано с частичной или полной потерей товарной ценности отобранных образцов.

Поэтому весьма желательно выработать такие методы, с помощью которых можно было бы быстро и без предварительной обработки материала определять непосредственно в рыбе содержание соли.

Здесь, очевидно, выгодно обратиться к электро-химическим методам исследования, открывающим к тому же громадные перспективы в области организации непрерывного контроля производства и его автоматизации, а также в деле организации дистанционного управления технологическим процессом.

Применение метода измерения электропроводности в исследованиях пищевых продуктов

На основе применения метода измерения электропроводности у нас в СССР, так же как и за границей, проделано довольно много работ по исследованию пищевых продуктов, имеющих различный характер и назначение.

1. Дорошевский, исследуя электропроводность воды, пришел к выводу о возможности этим методом судить о качестве питьевой воды и обнаруживать различные изменения в самом ее составе (Журнал Физико-химического о-ва, т. XIV, гл. II, вып. 6-й).

2. Хлопин и Васильева на основе изучения электропроводности натуральных и искусственных красок, делают заключение о возможности разработать простой и быстрый метод определения фальсификации пи-

щевых продуктов и напитков искусственными красками (проф. Хлопин, «Методы исследования пищевых продуктов и напитков», вып. 3-й, 1917).

3. Проф. Перов применял метод определения электропроводности для обнаружения фальсификации молока путем разбавления водой, подсыпания сливок и т. п. (Перов, «Электропроводность молока как способ для открытия прибавления воды и консервирующих веществ», «Труды ВМХИ», т. I, № 2).

4. Цонев и Кохановский пытались применить метод электропроводности для определения воды в некоторых масличных семенах. (Цонев и Кохановский, «Определение влажности в семенах масличных», «Масло-бойно-жировое дело» № 2, 1934).

5. Иванов изучал по электропроводности факторы, влияющие на морозоустойчивость капусты, с целью создания искусственных условий для защиты растений от мороза.

6. Шустров (ЦНИЛКИП), изучая электропроводность томата и продуктов его переработки (томатное пюре, томатная паста), приходит к заключению, что метод электропроводности вполне приемлем для контроля содержания сухих веществ и влаги как в сырых, так и в уваренных томатных продуктах (Шустров, «Изучение электропроводности продуктов пищевой промышленности». Отчет о работе).

7. Во Франции Дютуа и Дюбу установили, что электропроводность вина зависит от содержания в нем минеральных веществ и от вязкости и разработали метод определения зольности вина по электропроводности (Фролов-Багреев «Химия и методы определения продуктов переработки винограда», стр. 325, 1933).

8. Спенглер, Тэдт и Виганд (Германский институт сахарной промышленности), изучая по электропроводности процесс варки сахаристых соков, установили зависимость электропроводности последних от содержания в них сухих веществ и заключают, что заводской контроль варки сахарных соков по электропроводности приемлем для практики («Zeitschrift des Vereins der Deutschen Zuckerindustrie», Bd. 62, 1932, Bd. 83, 1933).

9. Бэнфильд и Каллоу изучали электропроводность мускульной ткани свинины и бекона и разработали быстрый метод контроля содержания соли и скорости просаливания свинины и бекона («Journ. of the Soc. of chem. Ind», 1935, № 50, стр. 411).

Кроме того, на принципе электропроводности и на основе разработанных по этому принципу методов сконструирован и выпущен целый ряд приборов как у нас, так и за границей. Например, Всеукраинский институт зерна выпустил прибор для электрометрического определения влажности в зерне с точностью до $\pm 0,5\%$.

ЦНИЛКИП выпустил прибор для быстрого и точного определения зольности в продуктах сахарной промышленности.

В США выпущен портативный карманный прибор для определения степени спелости плодов при их созревании.

Фирма Leeds и Northrup (Филадельфия) выпускает портативные приборы для определения зольности в продуктах сахарной промышленности.

Английская фирма Evershed и Vignoles выпустила прибор для определения содержания соли в мясе свинины и бекона, изготовленный ею на основании указанных выше работ Бэнфильда и Каллоу.

Из перечисленных работ небезынтересно остановиться вкратце на работах Бэнфильда и Каллоу ввиду их сходства как по назначению, так и по методу исследования с этой работой.

Бэнфильд и Каллоу производили контроль посола свинины разнообразным путем:

- 1) путем добавления к воде известного количества соли;
- 2) с помощью агар-агаровых гелей;
- 3) с помощью желатиновых гелей;
- 4) путем измельчения свинины и последующего измерения в ней электрического сопротивления;
- 5) путем измерения сопротивления непосредственно в кусках свинины.

Исследуемые пробы помещались в стеклянные банки (до половины банки), после чего банки герметически закупоривались притертыми стеклянными пробками.

Пробы изготовлялись следующим образом. Для агар-агаровых и желатиновых гелей — некоторое количество соли добавлялось к известному количеству горячего зюля, который тщательно перемешивался, после чего охлаждался и осаждался. Для измельченной свинины — из мышечных тканей удалялся весь видимый глазом жир и все соединительные ткани. После этого проба измельчалась три раза с помощью мясорубки и тщательно перемешивалась. Затем к измельченной свинине добавлялись известные количества соли, пробы перемешивались лопаткой и полученная масса плотно укладывалась на дно стеклянных банок.

Пробы агар-агара и желатиновых гелей и измельченной свинины исследовались на содержание воды, кроме того свинина исследовалась на содержание жира.

Все банки с содержимым оставались при постоянной температуре в течение 24 час., по прошествии которых измерялось сопротивление содержимого между двумя пластинками из нержавеющей стали при помощи мостика Уитстона.

На основании целого ряда определений Бэнфильд и Каллоу делают следующие выводы.

1. Добавление с каждым разом увеличиваемых количеств хлористого натра прогрессивно снижало электросопротивление растворов, гелей, измельченной свинины и целых ее кусков.

2. При любом электрическом сопротивлении концентрация хлористого натра в теле агар-агара равнялась приблизительно 1,2 концентрациям соответствующего раствора NaCl .

В гелях желатины этот коэффициент равнялся приблизительно 1,5, а в измельченной свинине он повышался с 2,0 до 2,9 при повышении концентрации хлористого натра с 2 до 10 г на 100 г воды. Таким образом, хотя добавление хлористого натра и снижало сопротивление измельченной свинины, оно, кроме того, содействовало повышению внутреннего сопротивления тканей.

3. При изменении электрического сопротивления с концентрацией хлористого натра электрическое сопротивление смесей измельченной свинины с хлористым натром снижалось при прибавлении воды, пови́димому, в связи с увеличением благодаря присутствию воды количества плохо проводящих веществ.

4. При добавлении к свинине азотнокислого калия (бенгальской селитры) электрическое сопротивление снижалось в таком же размере, как при добавлении к ней химически эквивалентного количества хлористого натра.

5. Электрическое сопротивление снижалось при повышении температуры.

6. Присутствие жира в свинине повышало электрическое сопротивление последней.

7. Электрическое сопротивление измельченной свинины, содержащей хлористый натр, ниже, чем таковое цельных кусков свинины или бекона, что нужно объяснить наличием в цельных кусках большого количества соединительных тканей и жира.

На основании полученных при описанных опытах величин были построены кривые, иллюстрирующие отношение электрического сопротивления мяса к содержанию соли при известной температуре. Эти соотношения легли в основу сконструированного фирмой Evershed и Vignoles специального прибора для определения соли («Салинити-тестер»), работающего по принципу Меггера. Для работы с этим прибором следует поворачивать его рукоятку примерно с быстротой в 160 оборотов в минуту до тех пор, пока скользящий зажим не будет приведен в действие и на градуированной шкале не будет отмечена величина содержания соли в пробе, выраженная в процентах.

Этот прибор откалиброван для температур — 5°, 10° и 15°, почему им можно пользоваться в различной обстановке, присущей мясосольной промышленности.

Зонд, между электродами которого измеряется сопротивление мяса, снабжен приспособлением, позволяющим точно определять глубину его погружения, что облегчает исследование внутренней части пробы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

I. Порядок исследования

Настоящей работой предполагалось разрешить поставленную по теме задачу конструирования образцового прибора для быстрого определения солености по электропроводности.

Хотя зависимость электропроводности рыбы от содержания в ней соли предполагалась, возникали опасения, что влияние других компонентов, присутствующих в рыбе (влага, жир и т. п.), или самой структуры тканей рыбы может оказаться столь значительным, что практическое применение этого метода для определения солености непосредственно в рыбе оказалось бы невозможным.

Поэтому всю работу подразделили на несколько этапов, не предвзяв вопроса, на каком из них придется остановиться. Вначале исследовалась электропроводность солевых растворов, промышленных тузлуков и водных вытяжек из рыбы, затем — электропроводность измельченной и смешанной с водой рыбы, фарша и, наконец, электропроводность самой рыбы.

Целью являлось определение содержания хлористого натра непосредственно в рыбьем мясе без дополнительной обработки, однако и некоторые промежуточные этапы могут иметь самостоятельное значение, как например, определение по электропроводности хлористого натра в водных вытяжках из рыбы и т. п.

Таким образом, работа следовала в порядке постепенного перехода от жидких фаз через среды, имеющие густую консистенцию, к «твердой» фазе — рыбе.

Соответственно, с этим приспособлялась и усовершенствовалась аппаратура применительно к каждому этапу работы.

Контролем получаемых результатов во всех случаях служило определение хлористого натра химическим путем по способу Мора в водных вытяжках. При чем для разрабатываемого метода была признана приемлемой ошибка в определении 0,3% при содержании соли от 3 до 5%, 0,5% — при содержании соли от 5 до 10% и в 1% — при содержании соли от 10% и выше.

II. Электропроводность тузлуков, отмочных вод и вытяжек из рыбы

Этот раздел настоящей работы мыслился как промежуточный этап, целью которого было исследование влияния на электропроводность раствора хлористого натрия тех минеральных и органических соединений, которые присутствуют в тузлуках, отмочных водах и вытяжках из рыбы. Попутно проверялась возможность использования имеющихся в лаборатории приборов и приспособлений для предстоящей работы.

Хотя и можно было предположить, что присутствие в исследуемых жидкостях очень незначительных количеств минеральных и органических соединений не окажет большого влияния на электропроводность этих жидкостей, все же уточнение влияния этих факторов представлялось необходимым для выработки методики дальнейших исследований электропроводности соленой рыбы.

Работа по этому разделу подтвердила высказанное выше предположение в большей мере, чем это можно было ожидать. Исследования показали, что тузлук, отмочные воды и вытяжки из рыбы в отношении зависимости электропроводности их от содержания в них хлористого натрия ведут себя почти так же, как чистые растворы хлористого натрия.

Так как определение концентрации чистых растворов хлористого натрия по электропроводности производится хорошо известными и весьма простыми, быстрыми и точными методами, то применение этих методов к определению содержания соли в тузлуках и отмочных водах, а также в рыбе по электропроводности ее водных вытяжек может разрешить вопрос быстрого контроля солености на некоторых стадиях технологического процесса обработки рыбы.

Таким образом, значение результатов этого раздела работы выходит за пределы первоначально намеченной цели. В соответствии с этим и объем этого раздела несколько увеличился. Мы не останавливаемся здесь на методах и порядке проведенных исследований, так как эти вопросы разбираются в статье ст. научн. сотрудника Т. И. Макаровой, проводившей этот раздел работы.

III. Электропроводность икры

Методика

Электропроводность икры исследовалась с целью:

а) выявить возможность определения содержания в ней соли путем смешивания соленой икры с водой в определенных пропорциях и последующего измерения сопротивления таких смесей;

б) выявить возможность определять содержание соли непосредственно в икре.

Исследованию подвергалась икра частиковых и осетровых (зернистая), полученная из базы Союзрыбсбыта.

Для опытов «а» икра тщательно растиралась в ступке до получения однородной полужидкой массы и затем смешивалась с водой в следующих пропорциях:

I. 1:100	—	2,5 г икры	на 250 см ³ воды
II. 1: 50	—	5,0 " "	" 250 " "
III. 1: 10	—	25 " "	" 250 " "
IV. 1: 5	—	50 " "	" 250 " "
V. 1: 2	—	125 " "	" 250 " "

Пробы помещались в химические стаканы емкостью 200 см³ до постоянного уровня так, чтобы последний был выше верхней кромки электродов на 2,5 см. Так как по мере уменьшения пропорции воды

сопротивление значительно уменьшалось, доходя до величины порядка 25 ом, пользоваться прибором ЦНИЛКИП'а, как для предыдущих опытов, оказалось невозможным, потому что последний рассчитан на измерение сопротивления не ниже 60 омов.

Чтобы уложиться в пределы измерения прибором ЦНИЛКИП'а, можно было пойти по пути увеличения емкости электродного сосуда за счет

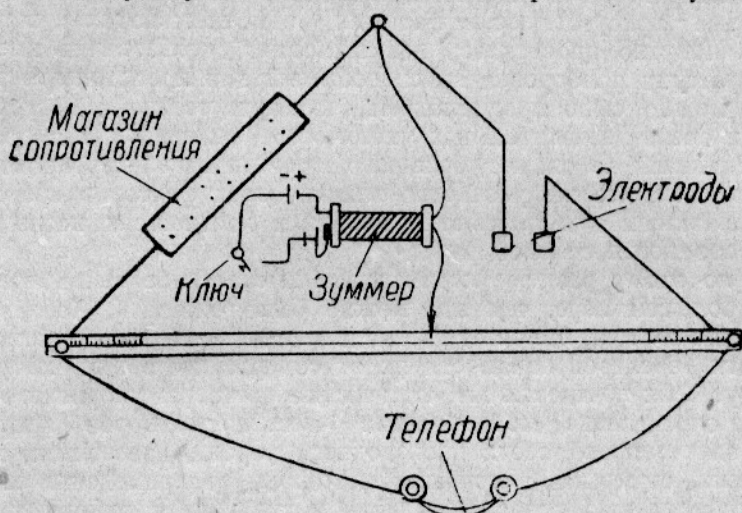


Рис. 1. Схема прибора для измерения электропроводности икры

увеличения расстояния между электродами и уменьшения площади электродов. Однако ввиду значительной вязкости проб икры, особенно мало разбавленных водой и тем более неразбавленных, закрытые сосуды вообще представляют много неудобств для наших целей. Поэтому для измерения электропроводности икры был собран прибор по схеме мостика с магазином сопротивления от 0,1 до 50 тыс. омов (рис. 1).

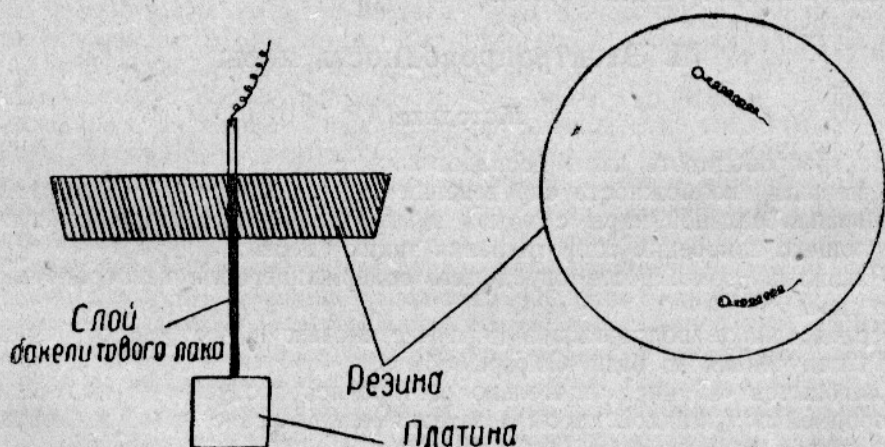


Рис. 2. «Сосуд сопротивления» с электродами из платины

Закрытый сосуд был заменен «сосудом сопротивления» открытого типа с электродами из платины (рис. 2).

Чтобы платиновая чернь на электродах от частых погружений в вязкую массу икры не стиралась, она «спекалась»: после платинирования и обработки слабым раствором серной кислоты электроды подвергались постепенному и слабому прокаливанию на пламени горелки до серовато-

пепельной окраски. По охлаждении они тщательно промывались дистиллированной водой и становились годными к употреблению на все время опытов без повторного платинирования.

Для опытов «б» применялась икраная мороженная рыба — судак и сазан; вынутая из нее икра после оттаивания пропускалась через сито.

Из икры приготавливались 14 проб, отвешиваемых на технических весах, по 100 г каждая; пробы помещались в бюксы высотой 60 мм и диаметром 50 мм. В каждую из 14 проб вводилась соль (химически чистый хлористый натр) в количестве от 1 до 13%, за исключением одной бюксы, в которую соль не вводилась.

Икра с солью тщательно перемешивалась в каждой бюксе с помощью стеклянных палочек и в стеклянной банке с притертой крышкой хранилась на льду в течение 24 час. для равномерного просаливания.

В каждой пробе производили по четыре определения электропроводности, помещая электроды в разных местах; из четырех определений выводили средние величины удельной электропроводности при данной температуре. Для опытов «а» (смешанная с водой икра) процентное содержание соли по полученной удельной электропроводности вычислялось по таблице Ландольта для чистых растворов (Ландольт, «Физико-химические таблицы») и полученные результаты сравнивались с результатами, полученными химическим путем по способу Мора.

Для опытов же «б» — определение непосредственно в икре — фиксировалась удельная электропроводность для каждой пробы; т. е. для каждой концентрации NaCl, определяемой параллельно химическим путем по способу Мора. Определения содержания NaCl химическим способом, а также определение жира и влаги в последующих разделах производились Х. С. Кузнецовой.

Опыт «а»

Таблица 1

№ проб	Вес икры в 250 см ³ воды (в г)	Наблюдаемая удельная электропроводность χ_{21}°	Средняя величина электропроводности χ_{21}° ср.	Отклонение от средней величины χ (в %)
Икра судака, опыт 1-й				
I	2,5	0,001466	0,001466	0,00
		0,001472		+0,40
		0,001469		+0,20
		0,001460		-0,10
		0,002768		-0,14
II	5,0	0,002771	0,002772	-0,03
		0,002784		+0,43
		0,02768		-0,14
		0,012466		-0,08
		0,012520		+0,40
III	25,0	0,012430	0,012472	-0,32
		0,020240 (?)		(?)
		0,021729		-0,68
IV	50,0	0,021800	0,021878	-0,36
		0,021988		+0,50
		0,021998		+0,54
		0,038983		-1,13
V	125,0	0,039245	0,039439	-0,49
		0,039811		+9,94
		0,03948		+0,10

Примечание. При переводе наблюдаемого электросопротивления (или электропроводности) в удельное электросопротивление емкость сосуда нами определялась по N/10 раствору KCl. Поэтому здесь, как и в дальнейшем, термин „удельное“ надо понимать не в точном его смысле, а как электросопротивление данного вещества, отнесенное к величине „емкость сосуда“.

Расхождения между результатами параллельных определений весьма невелики, поскольку колебания вокруг средней величины электропроводности не превышают 1,0%, а в среднем составляют 0,55%. Таким образом, надо считать, что принятый метод достаточно точный.

В табл. 1 дана одна из пяти серий опытов, проведенных на частичковой и зернистой икре.

В табл. 2 и 3 сведены и сравниваются значения содержания NaCl в смесях икры с водой, определенные по электропроводности и по способу Мора.

Таблица 2

№ проб	Вес икры в 250 см ³ воды (в г)	Наблюдаемая электропроводность (удельная) χ	% NaCl в пробе	% NaCl в икре по электропроводности	% NaCl в икре по Мору	Расхождение (в %)	Примечание
I	2,5	0,001466	0,084	8,4	7,69	0,73	Опыт 1-й Икра судака
II	5,0	0,002772	0,165	8,2		0,51	
III	25,0	0,012472	0,814	8,14		0,45	
IV	50,0	0,021878	1,501	7,5		0,19	
V	125,0	0,039439	2,847	5,69		2,0	
I	2,5	0,001376	0,078	7,84	7,69	0,15	Опыт 2-й Икра судака
II	5,0	0,002617	0,156	7,80		0,11	
III	25,0	0,011535	0,747	7,48		0,21	
IV	50,0	0,020459	1,392	6,96		0,73	
V	125,0	0,034130	2,57	5,14		2,55	
I	2,5	0,001355	0,076	7,65	7,69	0,04	Опыт 3-й Икра судака
II	5,0	0,002616	0,156	7,80		0,11	
III	25,0	0,011371	0,737	7,37		0,32	
IV	50,0	0,02000	1,357	6,78		0,91	
V	125,0	0,036501	2,62	5,24		2,45	

Таблица 3

№ проб	Вес икры в 250 см ³ воды (в г)	Наблюдаемая электропроводность (удельная) χ	% NaCl в пробе	% NaCl в икре по электропроводности	% NaCl в икре по Мору	Расхождение	Примечание
I	2,5	0,000733	0,399	3,99	3,42	0,57	Икра зернистая
II	5,0	0,001287	0,727	3,63		0,2	
III	25,0	0,005925	0,367	3,67		0,25	
IV	50,0	0,009953	0,637	3,18		0,24	
V	125,0	0,018112	1,212	4,42		1,00	

Из этих таблиц видно, что по мере уменьшения разведения икры водой расхождения между количеством NaCl, определяемым по электропроводности и по Мору, увеличиваются и только при разведении не меньше чем 1:10 для частичковой икры и 1:5 — для зернистой получаются приемлемые результаты (расхождения не более 0,5%).

Вышеуказанное явление нагляднее иллюстрируется при сравнении между собой кривых электропроводности (или сопротивления), чистого раствора хлористого натрия и электропроводности смешанной с водой икры (рис. 3).

Из рис. 3 видно, что кривые электросопротивления (при постоянной температуре) разведенной водой икры частичковой, икры зернистой и чи-

стого раствора NaCl совпадают до сопротивления 80—100 омов (электропроводность $\chi = 0,010000$), что соответствует содержанию в растворе 0,6 — 0,7% NaCl , кривые электросопротивления икры, смешанной с водой до содержания в смеси NaCl от 0,7% и выше, хотя и падают с увеличением содержания соли, но уже не совпадают с кривой электропроводности чистого раствора NaCl , а идут выше ее, хотя и параллельно ей.

Объяснение этому явлению надо искать, очевидно, в значительном сопротивлении самой икры. Свежая икра обладает удельным сопротивлением порядка 200—250 омов. При больших разведениях соленой икры водой, когда количество икры невелико по отношению к общему объему, электропроводность икры приближается к электропроводности чистых растворов NaCl ; по мере уменьшения разведения вплоть до разведения 1 : 5 начинает влиять фактор малой проводимости самой икры, однако расхождения не превышают практически допустимой величины; при разведениях же меньше 1 : 5, когда количество икры в смеси значительно по отношению к общему ее объему, роль плохопроводящей икры начинает преобладать, в связи с чем повышается общее сопротивление измеряемой смеси.

Опыты «б»

Колебания значений параллельных определений электропроводности икры судака и сазана с внесенной в нее солью от 0,5 до 14% вокруг средней величины электропроводности не превышают 1,5%; в пересчете на NaCl максимальные колебания электропроводности составляют от 0,015% для икры с содержанием соли в 1% до 0,19% для икры с содержанием соли в 13%.

В сводной табл. 4 даны средние значения электропроводности икры сазана и судака в зависимости от содержания в ней соли, определенного по способу Мора.

На основании этой таблицы были вычерчены кривые зависимости электросопротивления икры от содержания в ней соли (рис. 4).

Данные таблицы и кривых показывают, что:

1. Электропроводность икры находится в прямой зависимости от количества содержащейся в ней соли.
2. Электросопротивление соленой икры выше сопротивления раствора NaCl той же концентрации: кривые электросопротивления икры параллельны кривой чистых растворов, но расположены выше ее.
3. Градиент уменьшения сопротивления икры с увеличением содержания соли (от свежей икры до икры с содержанием соли 14%) снижается от 100 омов до 1 ома на 1% увеличения соли, что понятно, принимая во внимание характер кривой.
4. Электросопротивление икры сазана выше сопротивления икры судака.
5. Кривые сопротивления икры различных экземпляров рыбы (но одного и того же зоологического вида), почти совпадают, пересекая друг друга в нескольких точках.

Для уточнения расхождений между значениями сопротивления икры разных пород была составлена табл. 5. Эта таблица была составлена по кривым электросопротивления икры разных пород таким образом, что графически определялись значения сопротивления икры той и другой породы при одинаковом содержании в ней соли от 1 до 13%.

Из этой таблицы видно, что расхождения между сопротивлениями икры сазана и судака достигают значительных размеров, причем эти расхождения возрастают от 0,27% при слабых концентрациях соли до 5,2% при концентрации в 13%.

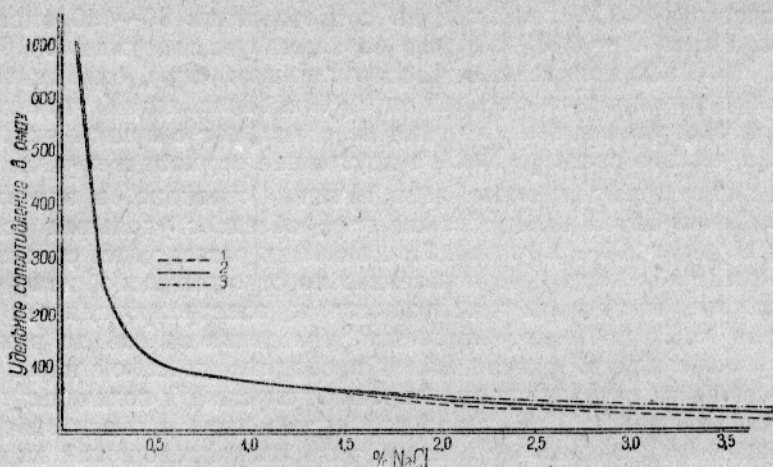


Рис. 3. Кривые электропроводности чистого раствора NaCl и смешанной с водой икры: 1—раствор NaCl; 2—икра судака; 3—икра зернистая

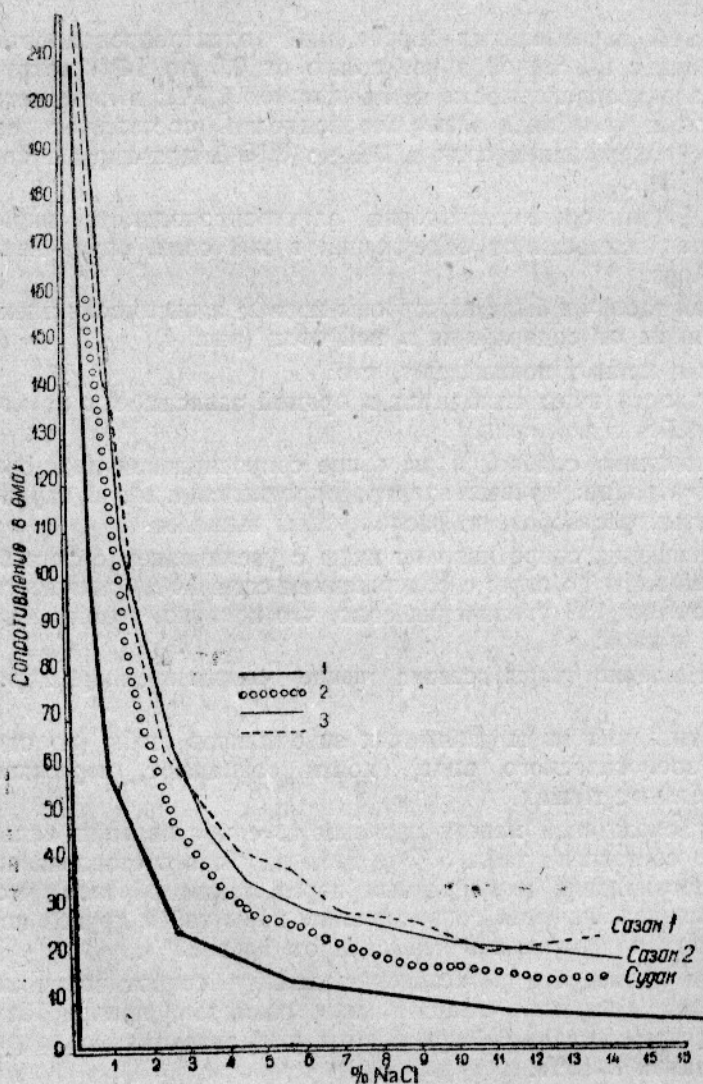


Рис. 4. Зависимость электросопротивления икры от содержания в ней соли при 20°: 1—раствор NaCl; 2—икра судака; 3—икра сазана

Электронпроводность икры сазана и судака с введенной в нее солью от 0,5 до 14%

Икра сазана (влажность 66,75%)					Икра сазана (влажность 67,08%)					Икра судака (влажность 65,97%)				
№ образца	% NaCl по Мору	удельная элек- тронпроводность χ_{30}°	удельное сопро- тивление (в омах)	увеличение со- противления на 1% увелич. соли	№ образца	% NaCl по Мору	удельная элек- тронпроводность χ_{30}°	удельное сопро- тивление (в омах)	увеличение со- противления на 1% увелич. соли	№ образца	% NaCl по Мору	удельная элек- тронпроводность χ_{30}°	удельное сопро- тивление (в омах)	увеличение со- противления на 1% увелич. соли
I	0,47	0,005160	193,80	—	I	0,49	0,004286	233,32	—	I	0,61	0,006212	160,97	—
II	1,58	0,010274	97,33	107,08	II	1,49	0,009580	104,38	128,94	II	1,76	0,013162	75,98	97,74
III	2,58	0,016062	62,25	35,08	III	2,64	0,016478	60,68	50,35	III	2,74	0,020985	47,69	27,72
IV	3,69	0,020947	47,74	16,10	IV	3,75	0,022686	44,08	18,42	IV	3,87	0,028109	35,57	13,70
V	4,72	0,024544	40,80	7,14	V	4,71	0,028323	35,30	8,42	V	4,91	0,035227	28,38	7,48
VI	5,82	0,026109	38,30	2,75	VI	5,85	0,033416	29,92	6,13	VI	6,03	0,037669	26,54	2,06
VII	6,86	0,033829	29,56	9,08	VII	7,02	0,036317	27,53	2,79	VII	6,82	0,043500	22,98	2,81
VIII	7,76	0,036485	27,41	1,93	VIII	7,88	0,038680	25,85	1,44	VIII	7,87	0,049516	20,18	2,94
IX	8,87	0,038006	26,31	1,21	IX	8,83	0,041811	23,92	1,83	IX	8,98	0,055953	17,87	2,54
X	9,83	0,042289	23,64	2,56	X	10,05	0,045787	21,84	2,53	X	9,95	0,055953	17,87	—
XI	10,91	0,048434	20,93	3,24	XI	10,93	0,047213	21,18	0,58	XI	10,93	0,058672	17,04	0,81
XII	11,73	0,046743	21,39	—	XII	11,96	0,047781	20,93	0,26	XII	12,08	0,062160	16,09	1,09
XIII	12,81	0,047018	21,27	0,13	XIII	13,06	0,049248	20,30	0,69	XIII	12,92	0,067038	14,91	0,99
XIV	13,94	0,043563	22,95	—	XIV	14,24	0,053428	18,71	1,9	XIV	14,03	0,064532	15,48	—

электроды из
нержавеющей
стали

Электроды из
платины, плати-
нированные со
"спеканием"

Примечания. 1. Стальные электроды дают слышимый минимум затухания звука в телефоне, начиная от 4 образца; икра прилипает к одному электроду; шумер часто прекращает работу.

2. При работе с платиновыми электродами неудобства, указанные в предыдущем замечании, устраняются.

Сравнение электросопротивления икры сазана и судака при 20°

% NaCl	Сопротивление икры (в омах)		Разность сопро- тивления (в омах)	Расхожде- ние в % NaCl
	судака	сазана		
1	133,0	153,0	20,0	0,27
2	69,2	83,0	13,8	0,4
3	45,0	57,0	12,0	0,65
4	34,6	42,3	7,7	0,75
5	28,0	34,0	6,0	0,90
6	26,4	29,8	3,4	1,3
7	22,4	27,8	5,4	1,87
8	19,8	25,8	6,0	1,85
9	17,8	23,8	6,0	2,4
10	17,8	22,0	4,2	2,82
11	17,0	21,0	4,0	3,5
12	16,0	20,6	4,6	4,5
13	15,0	20,2	5,2	5,2

Наконец для исследования влияния температуры на электропроводность икры как свежей, так и соленой была измерена электропроводность ее при разной температуре от 7 до 46°. На основании полученных

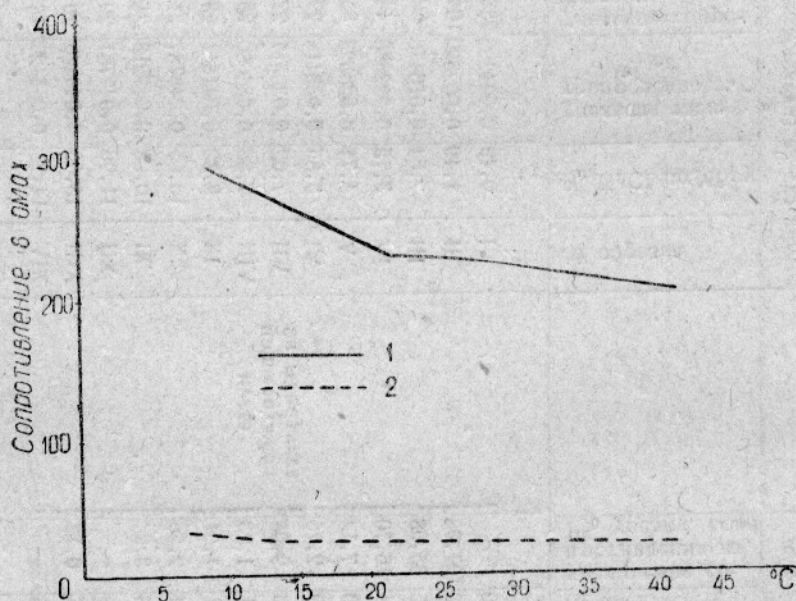


Рис. 5. Зависимость электросопротивления икры от температуры: 1—икра сазана свежая с содержанием NaCl 0,49%; 2—то же с содержанием NaCl 7,87%

значений электропроводности икры были высчитаны величины изменения сопротивления икры в процентах на каждый градус повышения температуры ее (температурный коэффициент).

Из табл. 6 и рис. 5 видно, что температурный коэффициент сопротивления икры как для свежей, так и для соленой колеблется вокруг средней величины в 2%.

Влияние температуры на электропроводность свежей и соленой икры

Температура в °С	Свежая икра (содержание соли 0,49%)						Икра с содержанием соли 7,87%					
	удельная электропро- водность	удельное сопротивле- ние в омх	разность сопротив- лений	разность сопротив- лений на 1°С	темпера- турный ко- эффициент	температу- ра в °С	удельная электропро- водность	удельное сопротивле- ние (в омх)	разность сопротив- лений	разность со- противле- ний на 1°С	темпера- турный ко- эффициент	
7	—	—	—	—	—	7	0,031134	32,1	—	—	—	
8	0,003274	305,4	41,2	8,2	2,6	—	—	—	5,5	0,91	2,8	
13	0,003784	264,2	13,8	3,4	1,3	13	0,037554	26,6	—	—	—	
17	0,003993	250,4	—	—	—	—	—	—	3,0	0,50	1,9	
19	—	—	21,7	4,3	1,7	19	0,042145	23,6	—	—	—	
22	0,004371	228,7	0,0	0,0	—	22	0,042880	23,3	—	—	—	
26	0,00437	228,7	7,2	2,4	1,05	—	—	—	2,1	0,30	1,3	
29	0,004514	221,5	16,8	2,8	1,27	29	0,047029	21,2	—	—	—	
35	0,004885	204,7	—	—	—	—	—	—	2,1	0,23	1,1	
38	—	—	42,2	6,0	2,9	38	0,052362	19,1	—	—	—	
42	0,006153	162,5	19,0	4,7	2,9	—	—	—	—	—	—	
46	0,006966	143,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Среднее											1,8	

Поддерживание постоянной температуры во время измерений производилось при помощи водяных термостатов, с точностью до $\pm 1^\circ \text{C}$.

IV. Электропроводность рыбьего фарша

Методика

Предполагая, что количество жира в мясе рыбы влияет на электропроводность ее (в сторону понижения последней), мы разделили намеченные к дальнейшему исследованию объекты на три условные группы по степени их жирности.

1. «Тощие» рыбы, с содержанием жира до 1,5% (судак, треска, пикша и др.).

2. «Средней жирности», с содержанием жира от 2,0 до 8% (сазан и др.).

3. «Жирные» рыбы, с содержанием жира от 8% и выше (осетр, севрюга, белуга и пр.).

Исследованию подвергалась каждая группа в отдельности и результаты сравнивались между собой по кривым, вычерченным на основании этих результатов.

Материал для исследования готовился во всех случаях одинаковым способом и при одинаковых температурных условиях: мороженое филе приобреталось в магазине и оттаивалось в течение 1 часа при комнатной температуре, с филе снимались шкура и пленки, извлекались кости. Филе пропусклось через мясорубку, а потом через дисковую мельницу. Полученный таким образом фарш развешивался по 50 г и помещался в боксы одинаковой величины (60 × 40 мм). Боксы выбирались таким образом, чтобы электроды полностью были погружены в фарш и чтобы расстояние между стенками боксы и электродами было больше, чем расстояние между самими электродами, во избежание рассеяния электрического тока при измерении.

В фарш вводились навески соли (химически чистый хлористый натр

от 0,5 до 20‰ с интервалами в 0,5‰ (для трески и судака; в дальнейшем для других пород — от 0,5 до 14‰ с интервалом в 1‰ соли).

Фарш с введенной в него солью тщательно перемешивался в каждой бюксе; бюксы, закрытые крышками, помещались в банку с притертой крышкой и оставлялись на сутки в холодильном шкафу при температуре 3—5°C.

На следующий день бюксы извлекались, содержимое каждой бюксы тщательно растиралось в ступке, перемешивалось и накладывалось обратно в бюксы плотной массой при помощи шпателя так, чтобы в массе фарша не было пустот (последние могли бы внести значительные неточности при измерении электропроводности).

Для исследования электропроводности фарша были изготовлены электроды из платины копьевидной формы с острыми краями для лучшего их проникновения в массу и легкого извлечения их (рис. 6).

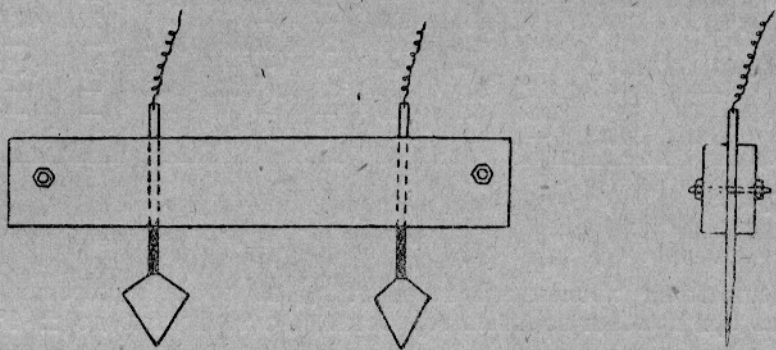


Рис. 6. Платиновые электроды копьевидной формы

Электроды были покрыты слоем платиновой черни обычным способом платинирования со «спеканием», как было описано выше.

Измерение электропроводности производилось при помощи собранного мостика сопротивлений с телефоном и с измерительной струной по той же схеме, что и для икры.

Результаты

Измерение электропроводности каждой пробы производилось в трех-четырёх местах так, однако, чтобы оставшиеся от предыдущих проколов электродами пустоты не попадали в пространство между электродами при последующих измерениях. В табл. 7 даны результаты одной из одиннадцати проведенных серий опытов.

Из данных этой таблицы видно, что отклонения от средней величины электропроводности при каждой отдельной концентрации соли не велики (максимальное колебание среднего отсчета $\pm 3,5$ —4%).

Эти колебания надо объяснить частью трудностью, с которой связано равномерное распределение соли в фарше, частью несовершенством аппаратуры. Надо полагать, что усовершенствованные схемы аппарата значительно уменьшат эти отклонения. Но и данные отклонения показывают достаточно высокую точность метода, поскольку 4% составляют только сотые доли процента NaCl для концентрации до 7‰ и десятые доли для концентрации выше 7‰.

Для сравнения результатов исследования электропроводности фарша из рыб разных пород между собой и отдельных групп все данные были сведены в табл. 8. На основании данных этой таблицы были вычерчены кривые электросопротивления для всех исследованных объектов при температуре 19°.

Электропроводность фарша судака при температуре 19°

№ образца	% NaCl по Мору	Удельная электро- проводность $\chi = 17^\circ$	Средняя величина электропроводно- сти $\chi = 17_{ср}^\circ$	Удельное сопротивление (в омах)	Колебание средней вели- чины (в ‰)
I	0,40	0,00646	0,00646	154,95	0,00
		0,00646			0,00
		0,00650			+0,66
		0,00643			-0,46
II	1,43	0,01616	0,01596	62,65	+1,2
		0,01594			-0,12
		0,01579			-1,06
		0,02640			+0,84
III	2,25	0,02620	0,02618	28,19	+0,076
		0,02593			-0,96
		0,03465			+3,6
		0,03311			-1,01
IV	3,65	0,03261	0,03345	29,89	-2,5
		0,04419			+3,97
		0,04200			-1,8
		0,04132			+2,03
V	4,82	0,05054	0,04250	23,53	+3,97
		0,05280			-1,8
		0,05040			+2,03
		0,05815			-1,37
VI	5,54	0,05280	0,05124	19,51	+3,03
		0,05040			-1,64
		0,05866			-1,64
		0,05782			-0,10
VII	6,54	0,06128	0,05821	7,18	+0,77
		0,06092			-0,67
		0,06070			+0,51
		0,07519			-0,08
VIII	7,52	0,07008	0,06997	16,40	-0,44
		0,06952			+5,0
		0,07886			-2,1
		0,07442			-2,9
IX	8,52	0,07587	0,07159	13,96	-2,9
		0,08079			+3,22
		0,07905			-2,57
		0,08090			-0,67
X	9,42	0,08922	0,07638	13,08	+0,68
		0,08929			-1,48
		0,08800			+0,82
		0,09153			+0,44
XI	10,30	9,09303	0,08883	11,26	+0,52
		0,09885			-0,94
		0,09900			+0,06
		0,09696			+1,71
XII	12,5	0,09153	0,09147	10,93	-1,77
		9,09303			0,5
		0,09885			1,57
		0,09900			1,03
XIII	13,42	0,09953	0,09851	10,15	1,60
		0,10169			3,13
		0,09696			1,54
		0,00163			0,21
XIV	17,42	0,10169	0,10009	9,99	0,38
		0,10109			0,16
		0,10163			
		0,10163			
XV	20,27	0,10169	0,10147	9,85	
		0,10109			
		0,10163			
		0,10163			
XVI		0,10169			
		0,10109			
		0,10163			
		0,10163			

Электроспротивление фарша при температуре 19°C

116

На рис. 7 представлены кривые электросопротивления «тощих» рыб (треска, судак). Эти кривые совпадают почти по всей длине, незначительно расходясь между собой и пересекаясь на некоторых участках.

Эти расхождения, объясняемые теми же причинами, что и выше, нельзя считать чрезмерными, поскольку они соответствуют сотым долям процента NaCl.

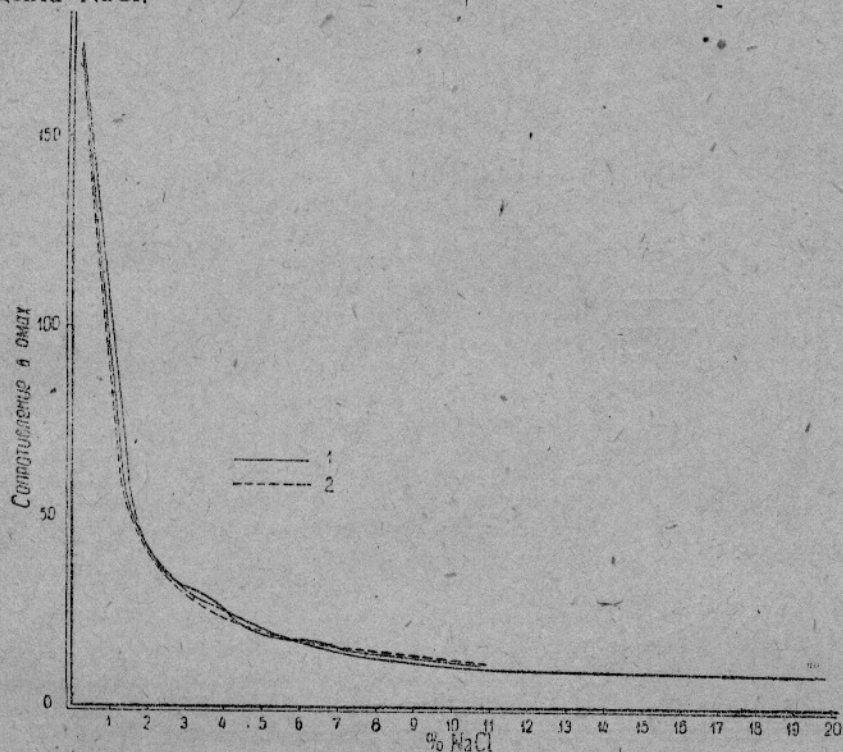


Рис. 7. Кривые электросопротивления фарша из «тощих» рыб при 19°:
1—судака; 2—трески

То же относится и к кривым электросопротивления фарша средней жирности и жирных рыб.

Кривые сопротивления отдельных групп (тощие, средние, жирные) и кривая сопротивления чистого раствора хлористого натрия (рис. 8), параллельны между собой, причем раствор NaCl обладает меньшим электрическим сопротивлением, чем фарш «тощих» рыб той же концентрации, который в свою очередь обладает меньшим сопротивлением, чем фарш средней жирности, и далее сопротивление фарша средней жирности ниже сопротивления «жирного» фарша.

По кривым была составлена таблица электросопротивлений фарша из разных пород при одинаковых концентрациях соли от 0,5 до 12% и выведены коэффициенты (табл. 9).

Эти коэффициенты показывают, что в фарше тощей рыбы (содержащей от 78 до 82% влаги) концентрация соли в 1,36 раза больше, чем в водном растворе соли, обладающем одинаковым сопротивлением; в фарше средней жирности рыбы (с содержанием влаги от 70—78%) концентрация соли в 1,63 раза больше, чем в растворе соли одинакового сопротивления, и, наконец, для жирного фарша (с содержанием влаги 66%) коэффициент этот равен 2,0.

Параллельно с исследованием электропроводности фарша производились определения содержания хлористого натрия и влаги в исследуемых образцах. Определение содержания жира в образцах не производилось.

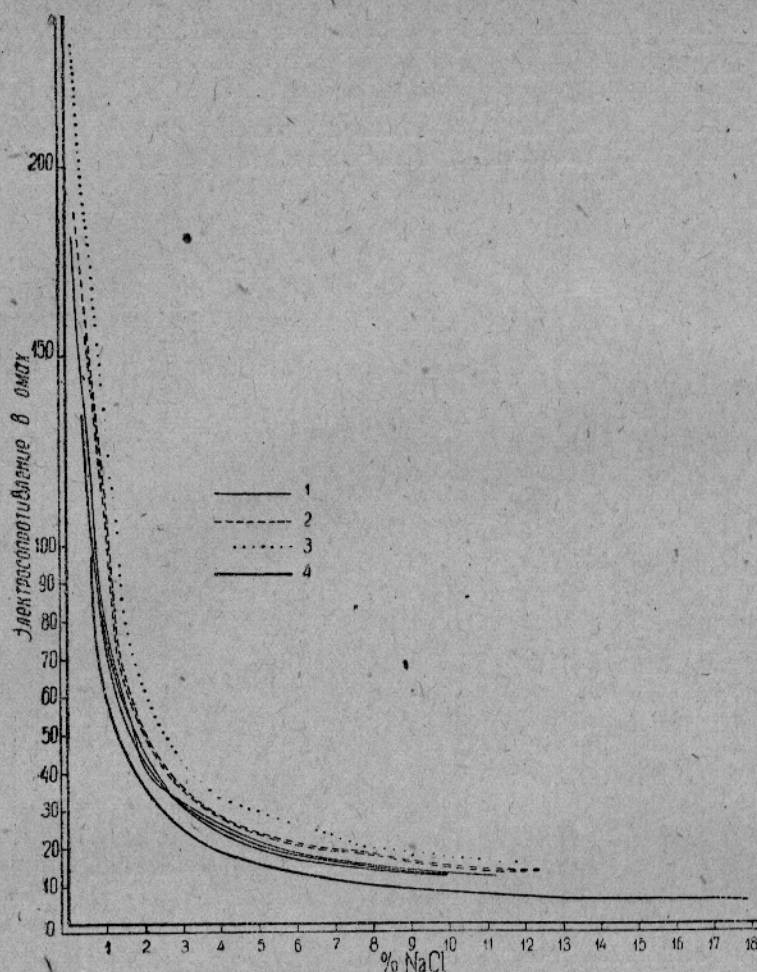


Рис. 8. Кривые электросопротивления фарша из рыб различной жирности: 1 — из „тощих“ рыб (с влажностью 78 — 82⁰/₁₀); 2 — из „средних“ рыб (с влажностью 70 — 78⁰/₁₀); 3 — из „жирных“ рыб (с влажностью 60 — 70⁰/₁₀); 4 — электросопротивление водного раствора NaCl

Таблица 9

Содержание NaCl (в %)	Электросопротивление в омах					
	Чистого раствора NaCl	Тощего фарша		Среднего фарша		Жирного фарша
		Судак	Треска	Сазан	Белуга	Белуга
		Влага 78—82 ⁰ / ₁₀		Влага 70—78 ⁰ / ₁₀		Влага 66 ⁰ / ₁₀
0,5	110,0	145,0	136,0	130,0	150,0	182,0
1,0	64,0	92,0	92,0	83,0	95,0	110,0
2,0	38,0	43,0	43,0	54,0	55,0	63,0
3,0	24,0	31,5	31,5	38,0	45,0	49,0
4,0	19,0	25,5	25,5	29,0	30,0	39,0
5,0	15,0	21,1	21,5	24,0	24,0	32,0
6,0	13,0	18,5	18,5	21,5	21,0	27,0
7,0	12,0	16,5	16,5	19,5	18,5	24,0
8,0	11,0	15,0	15,0	17,5	16,5	21,0
9,0	10,0	13,5	13,5	16,5	15,5	20,0
10,0	9,0	12,5	12,5	16,0	14,0	29,0
11,0	8,0	11,5	11,5	15,0	13,5	17,0
12,0	—	11,0	11,0	14,5	—	—

Коэффициент

1,36

1,63

2,0

Однако поскольку тощее мясо рыбы содержит несколько больше воды, чем жирное, можно было предположить, что электросопротивление тощего фарша будет ниже сопротивления жирного.

Несомненно, что электрическое сопротивление жирного фарша выше сопротивления тощего, однако разность этих сопротивлений все же больше, чем можно было предположить на основании присутствия в тощем фарше излишка воды.

Поэтому необходимо более подробное исследование этого фактора (влияние жира) при исследовании электропроводности целых кусков рыбы.

V. Электропроводность целых кусков рыбы

Электропроводность целых кусков рыбы исследовалась с целью:

- 1) выяснения возможности определять электропроводность непосредственно в рыбе без ее обработки в фарш,
- 2) установления зависимости электропроводности от содержания соли в рыбе основных промысловых пород,
- 3) подбора и наметки типа (в случае положительных результатов) прибора с температурной компенсацией для определения содержания соли непосредственно в рыбе.

Экспериментальная часть

Для испытаний бралась мороженная рыба, оттаивалась, вырезывалась филе, которое разрезалось на одинакового размера кубики в количестве от 15 до 20 шт. для каждой серии определений.

Кубики рыбьего мяса засаливались до различного содержания в них соли от 0,5 до 20% с интервалом в 1%.

Вначале были произведены опыты по посолу кубиков шприцеванием по методу, предложенному Астраханским отделением ВНИРО: были приготовлены 14 образцов рыбы (треска) в виде кубиков весом 50 г. В каждый из этих кубиков вводился концентрированный раствор хлористого натрия при помощи шприца. Количество раствора, необходимого для посола кубика до данной концентрации, вычислялось по формуле:

$$x = \frac{A \% \cdot g}{26,4},$$

где: x — количество необходимого раствора в г;

A — процент заданной концентрации NaCl в куске;

26,4 — крепость раствора в % при 15°C;

g — вес рыбы (в г).

Предполагалось, что этот способ посола даст быстрое и равномерное засаливание рыбы до заданных концентраций. Однако опыты показали, что засаливание до расчетной концентрации происходит только для низких концентраций (до 2—3%); для более высоких концентраций засаливание не достигает каждый раз заданной расчетной величины вследствие того, что ткани рыбы не в состоянии удерживать все количество раствора, вводимое согласно расчету (большая часть раствора при выпрыскивании вытекает наружу).

Результаты посола кусков рыбы шприцеванием видны из табл. 10.

Засаливание мокрым посолом также не дало удовлетворительных результатов, так как кубики рыбы сильно разрыхлялись в солевом растворе и определение электропроводности в них сильно затруднялось.

В дальнейшей работе применялся сухой посол.

Вырезанные из филе рыбы кубики укладывались стопкой в стеклянную банку и пересыпались густо солью, а затем вынимались из банки через возрастающие каждый раз промежутки времени и оставлялись

Таблица 10

№ образца	Вес образца (в г)	Количество соле- вого раствора (в см ³)	Расчетная кон- центрация соли (в ‰)	Фактическая кон- центрация соли (в ‰)
I	62	1,07	1	1,07
II	71	2,45	2	2,03
III	73	3,77	3	2,65
IV	59	4,07	4	2,97
V	61	5,25	5	3,16
VI	53	5,48	6	3,49
VII	50	6,90	7	3,89
VIII	67	13,8	12	4,64
IX	82	22,6	16	5,96
X	56	19,3	20	7,07

в банках в холодильном шкафу на 3—4 суток при температуре 3—4° для равномерного распределения соли. Перед определением электропроводности температура кубиков рыбы доводилась в термостате до 19°. Электропроводность определялась при помощи того же прибора и по той же схеме, что и для рыбного фарша и икры. После определения электропроводности в каждом образце определялось содержание соли способом титрования по Морю, а в исходных образцах кроме того определялось содержание влаги и жира. В каждом образце делались по три определения электропроводности при разных сопротивлениях магазина, выводились средние значения, по которым вычерчивались кривые электросопротивления для различных пород рыб.

Результаты

Несколько предварительных определений электропроводности в кусках рыбы (трески), как видно из табл. 11, не обнаружили заметных расхождений в величине электропроводности, измеренной вдоль волокон рыбы и поперек их.

Таблица 11

Электропроводность рыбы (трески) при погружении электродов в разные части образца рыбы и в разных направлениях

Сопротивление магазина в омах	Отсчет по линейке мостика			
	Спинка		Брюшко	
	Вдоль волокон	Поперек волокон	Вдоль волокон	Поперек волокон
500	785	785	745	745
200	585	585	530	525
100	425	420	355	355

Для сравнения результатов исследования электропроводности рыбы разных пород между собой все данные были сведены в табл. 12.

В этой таблице даны электросопротивления мяса рыб разных пород при одинаковых концентрациях соли от 0,5 до 15—20‰ при 19°. На основании этой таблицы были вычерчены кривые электросопротивления этих пород рыбы при 19° (рис. 9).

При сравнении значений из таблиц и кривых между собой видно, что электросопротивление мяса рыбы, как и фарша, находится в обратной зависимости от содержания в ней соли. Характер кривой этой зависимости идентичен для всех пород рыб так же, как и для фарша: при увеличении количества соли в рыбе ее сопротивление вначале резко падает от 200 омов (свежая рыба) до 50 омов (при концентрации соли в 5,5‰),

а затем постепенно переходит в плавную, почти параллельную оси абсцисс.

Электросопротивление кусков рыбы почти в два раза больше сопротивления фарша рыбы тех же пород и при тех же концентрациях соли; кривые электросопротивления кусков рыбы каждой породы расположены выше кривых фарша соответствующей породы.

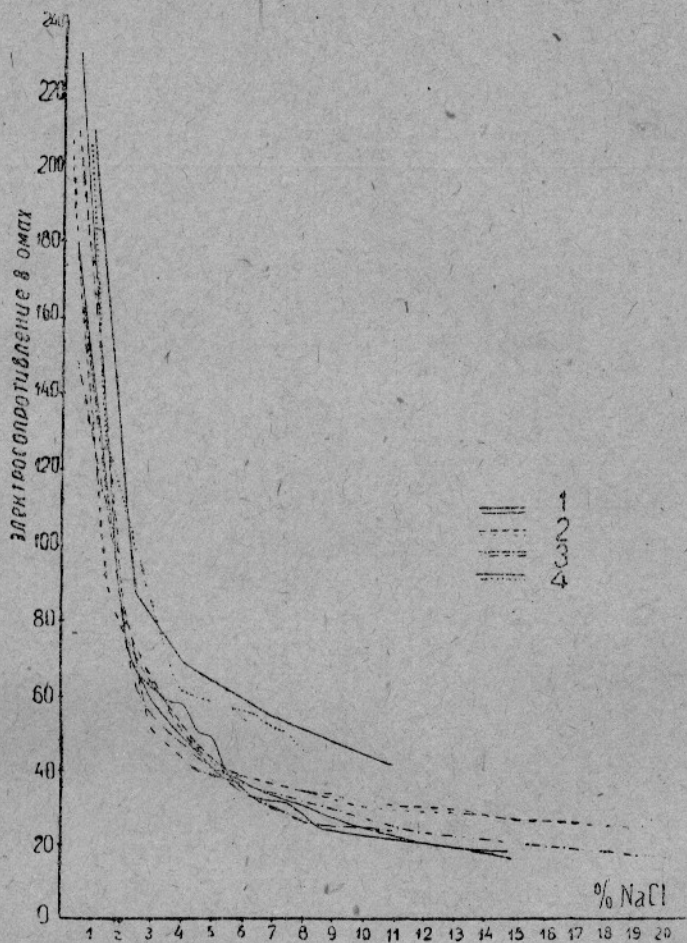


Рис. 9. Кривые электросопротивления мяса рыб разных пород при температуре 19°: 1—трески; 2—судака; 3—сазана; 4—белуги

Сравнивая кривые и значения сопротивлений, видим, что рыбы разных партий одной и той же породы способны производить более или менее постоянное сопротивление при данной концентрации соли. Кривые сопротивления их почти сливаются, только на некоторых участках расходясь и пересекаясь. Отклонения отдельных значений сопротивления от средней величины одной какой-нибудь породы составляют в среднем 5%, что соответствует 0,2% соли, а максимальное отклонение — 0,5% соли.

Далее, видно, что тощая рыба разных пород с содержанием жира от 0,5 до 3% (треска, судак, сазан) имеет до некоторого предела солёности близкие друг к другу сопротивления, в то время как жирная рыба (белуга) имеет значительно большее сопротивление. В табл. 13 и рис. 10 даны средние значения сопротивления и соответствующие кривые для судака, трески, сазана и белуги. Из них видно, что для всех трех пород

Величины среднего сопротивления рыбы разных

‰ соле- ности	Т р е с к а			С у д а к			С а
	Среднее элек- тросопротивле- ние (в омах)	‰ максимал- ного отклонения от среднего	Максимальное отклонение в ‰ соли	Среднее элек- тросопротивле- ние (в омах)	‰ максимал- ного отклонения от среднего	Максимальное отклонение в ‰ соли	Среднее элек- тросопротивле- ние (в омах)
1	2	3	4	5	6	7	8
0,50	209,0	14,0	0,25	196,0	9,4	0,20	164,2
1,0	167,0	11,0	0,25	154,7	13,0	0,25	138,1
1,5	126,0	6,0	0,10	113,2	18,0	0,50	112,0
2,0	83,0	2,4	0,05	86,5	9,7	0,10	86,0
2,5	67,0	1,5	0,0005	71,3	2,6	0,10	65,3
3,0	60,5	3,5	0,10	64,8	1,4	0,05	52,2
3,5	57,0	4,4	0,30	58,5	0,3	0,00005	48,78
4,0	54,0	9,2	0,40	52,0	1,3	0,05	45,24
4,5	48,4	6,9	0,50	44,5	7,0	0,1	41,81
5,0	45,0	11,0	0,35	43,4	0,9	0,1	39,54
5,5	38,4	0,9	0,02	39,9	2,5	0,15	37,45
6,0	36,0	2,7	0,15	39,55	0,3	0,01	35,30
6,5	34,0	4,4	0,25	38,31	0,55	0,05	33,90
7,0	32,8	3,0	0,15	37,22	0,20	0,0005	32,42
7,5	31,73	0,9	0,05	36,15	0,20	0,00	30,94
8,0	29,37	0,4	0,20	35,07	0,20	0,00	29,39
8,5	24,92	—	—	34,22	1,1	0,02	28,55
9,0	24,26	—	—	33,40	2,0	0,35	27,88
9,5	23,71	—	—	32,62	3,0	0,5	27,21
10,0	23,13	—	—	31,84	4,0	0,5	26,50
11,0	22,14	—	—	30,85	2,2	0,75	25,07
12,0	21,14	—	—	30,51	2,5	0,8	24,09
13,0	20,17	—	—	29,90	2,0	0,25	23,40
14,0	18,39	—	—	29,03	0,5	0,10	22,71
15,0	15,68	—	—	27,90	1,4	0,25	22,00
16,0	—	—	—	27,44	1,6	0,50	21,33
17,0	—	—	—	26,98	1,7	—	20,64
18,0	—	—	—	—	—	—	20,0
19,0	—	—	—	—	—	—	19,32
20,0	—	—	—	—	—	—	18,64

Таблица 12

пород и максимальные отклонения от него

З а н		Б е л у г а			С е в р ю г а		
$\%$ максимального отклонения от среднего	Максимальное отклонение в $\%$ соли	Среднее электросопротивление (в омах)	$\%$ максимального сопротивления (в омах)	Максимальное отклонение в $\%$ соли	Среднее электросопротивление (в омах)	$\%$ максимального сопротивления (в омах)	Максимальное отклонение в $\%$ соли
9	10	11	12	13	14	15	16
8,8	0,20	954,48	19,0	0,4	259,61	—	—
6,1	0,15	176,7	19,0	0,4	147,80	26,0	—
2,2	0,05	148,6	13,3	0,25	101,20	12,1	—
4,0	0,15	120,5	3,7	0,15	71,23	1,7	—
6,1	0,10	94,2	7,1	0,15	60,45	3,7	—
3,4	0,10	84,0	2,8	0,15	51,41	4,4	—
3,6	0,20	73,7	2,5	0,10	42,63	7,5	—
3,9	0,20	65,50	6,1	0,25	37,76	1,5	—
4,6	0,25	63,75	5,4	0,6	36,22	2,7	—
1,9	0,10	62,9	6,2	0,4	34,63	4,1	—
0,6	0,05	60,10	3,9	0,5	33,07	5,7	—
3,6	0,20	58,28	3,0	0,3	31,44	7,5	—
4,7	0,50	56,50	2,1	0,3	28,25	9,7	—
6,5	0,60	54,0	2,6	0,25	26,72	5,8	—
8,2	0,65	52,32	2,8	0,30	25,84	4,5	—
3,3	0,75	47,66	7,2	0,75	25,45	4,9	—
9,6	0,85	—	—	—	25,15	4,4	—
8,3	0,90	—	—	—	24,77	6,0	—
6,9	0,75	—	—	—	—	—	—
6,3	0,6	—	—	—	—	—	—
3,0	0,4	—	—	—	—	—	—
0,04	0,000	—	—	—	—	—	—
0,6	0,030	—	—	—	—	—	—
1,4	0,25	—	—	—	—	—	—
2,2	0,45	—	—	—	—	—	—
3,1	0,50	—	—	—	—	—	—
4,1	0,75	—	—	—	—	—	—
4,6	1,0	—	—	—	—	—	—
5,7	1,0	—	—	—	—	—	—
6,9	1,0	—	—	—	—	—	—

Средняя величина электросопротивления для тощих и жирных пород рыбы и максимальные отклонения

‰ соли	Среднее сопротивление тощих рыб				‰ максим. отклоне- ния	‰ максим. отклонен. в ‰ соли	Среднее электро- сопро- тивл. белуги	‰ максим. отклон. от средн. для тощих рыб
	Треска	Судак	Сазан	Среднее для тощих				
0,5	209,0	196,0	164,2	189,7	13,4	0,2	254,48	34,0
1,0	167,0	154,7	138,1	153,2	9,8	0,2	176,70	15,3
1,5	126,0	113,2	112,0	117,1	7,6	0,1	148,60	26,9
2,0	83,0	86,5	86,0	85,2	2,5	0,02	120,50	41,4
2,5	67,0	71,3	65,3	67,8	5,1	0,2	94,20	38,9
3,0	60,5	64,8	52,2	59,2	11,8	0,25	84,20	42,2
3,5	57,0	58,5	48,78	54,76	10,8	0,4	73,70	34,6
4,0	54,0	52,0	45,24	50,41	10,2	0,4	65,50	30,0
4,5	48,4	44,5	41,81	44,91	7,9	0,4	63,75	41,7
5,0	45,0	43,4	39,54	42,64	5,5	0,4	62,90	47,5
5,5	38,4	39,9	37,45	38,58	3,4	0,4	60,10	55,7
6,0	36,0	39,55	35,3	38,95	9,3	0,4	58,28	49,0
6,5	34,0	38,31	33,9	35,90	6,9	0,4	56,50	57,3
7,0	32,8	37,22	32,42	34,14	9,0	0,5	54,0	58,8
7,5	31,73	36,15	30,94	32,94	9,7	0,55	52,32	58,8
8,0	29,37	35,07	29,39	31,27	12,1	1,5	48,66	55,6
8,5	24,92	34,22	28,55	29,23	17,0	2,0	—	—
9,0	24,26	33,40	27,88	28,31	17,9	5,5	—	—
9,5	23,71	32,62	27,21	27,84	17,1	7,0	—	—
10,0	23,13	31,84	26,50	27,15	17,2	—	—	—
11,0	22,14	30,85	25,07	26,02	18,5	—	—	—
12,0	21,14	30,51	24,09	25,24	20,8	—	—	—
13,0	20,17	29,9	23,40	24,49	22,0	—	—	—
14,0	18,39	29,03	22,71	23,37	—	—	—	—
15,0	15,68	27,90	22,00	22,29	—	—	—	—
16,0	15,68	27,44	21,33	21,48	—	—	—	—
17,0	—	26,98	20,64	—	—	—	—	—
18,0	—	—	20,00	—	—	—	—	—

нежирных рыб отклонение от средней величины сопротивления не превышает 0,5‰ (в пересчете на NaCl), однако это только до 6,5—7‰ содержания соли в рыбе, т. е. до того места на кривой, когда она делает резкий поворот, переходя в прямую, почти параллельную оси абсцисс. Начиная с этого момента, перепады электросопротивления с увеличением солёности резко понижаются: сравнительно большому увеличению солёности соответствует небольшое уменьшение сопротивления.

Поэтому, начиная от солёности в 6,5—7,0‰, даже небольшие отклонения сопротивления разных пород рыбы от среднего значения соответствуют значительным отклонениям (в пересчете на процент соли), выходящим за пределы намеченной точности.

Так например, при содержании 8,5‰ соли в рыбе наибольшее отклонение сопротивления рыбы какой-нибудь породы от среднего для всех тощих пород значения уже достигает 5,5‰ соли, а для более высоких концентраций еще больше.

Таким образом, рыбы разных нежирных пород, как треска, судак, сазан, могут давать константное сопротивление с практически допустимыми отклонениями только до 6,5—7‰ солёности. Это значит, что только до этого предела средние значения электросопротивления будут с допустимой точностью соответствовать концентрации соли для всех нежирных пород рыб.

Что же касается жирных рыб, как белуга, то ее кривая сопротивления гораздо выше кривых нежирных рыб, и расхождения выходят далеко за пределы допустимых.

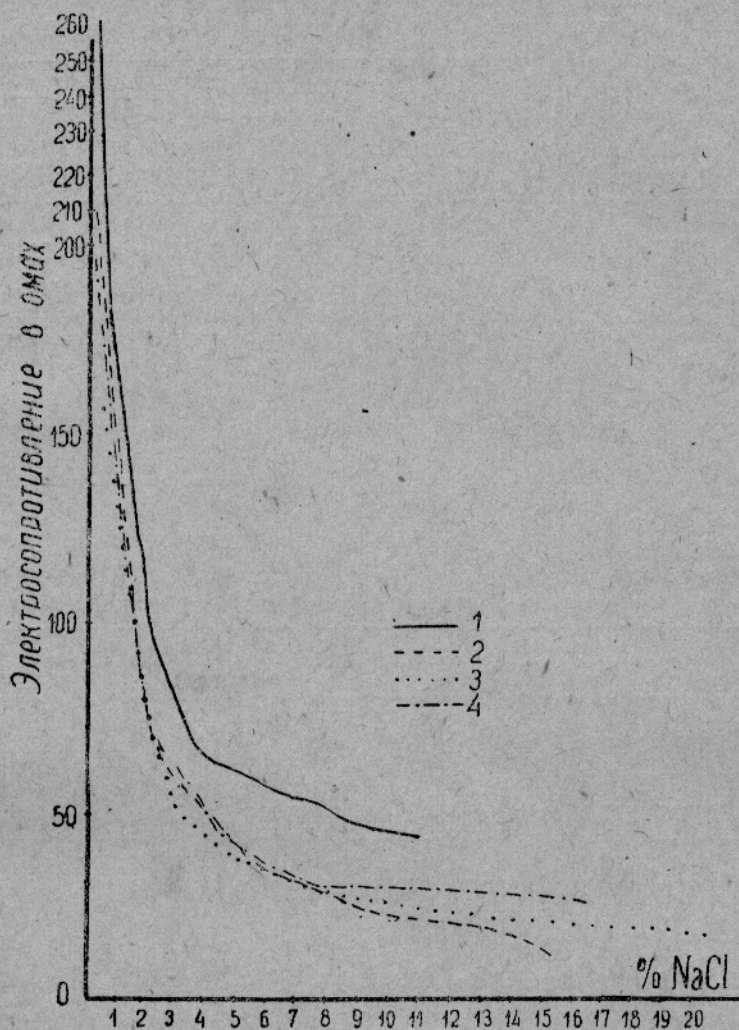


Рис. 10. Среднее электросопротивление рыбы: 1—белуги; 2—трески; 3—сазана; 4—судака

Влияние влаги

Исследование влияния количества влаги на электропроводность рыбы производилось путем подсушки образцов свежей и соленой рыбы в вакуум-аппарате при температуре 40° в течение $3\frac{1}{2}$ час., и последовательного измерения электропроводности этих образцов. Параллельно определялось содержание в них соли титрованием по способу Мора. В табл. 14 и 15 даны значения электропроводности образцов сазана и осетра с разным содержанием в них влаги. Количество влаги в свежей рыбе в очень незначительной мере влияет на электропроводность ее; так, с уменьшением влаги в сазане на 3,5% сопротивление ее уменьшается на 1 ом. Изменение электропроводности соленой рыбы в зависимости от содержания в ней влаги соответствует изменению при этом концентрации соли. Бенфильд [5] в исследованиях электропроводности мяса указывает, что при добавлении воды к измельченному мясу электрическое сопротив-

Таблица 14

Изменение электропроводности рыбы в зависимости от количества влаги

Продолжитель- ность просушки (в час.)	Сазан свежий				Сазан соленый				
	Электро- проводн.	Средняя электро- проводн.	Сопротивл.	% влаги	Электро- проводн.	Средняя электро- проводн.	Сопротивл.	% влаги	% соли
0	0,00491 0,00487 0,00467	0,00482	207,4	79,09	0,03066 0,03002 0,03002	0,03022	33,1	71,29	7,69
1	0,00491 0,00487 0,00477	0,00485	206,2	75,69	0,03158 0,03053 0,03009	0,03070	32,5	65,83	9,66
3 1/2	0,00630 0,00630 0,00630	0,00630	158,7	67,87	0,03313 0,03537 0,03152	0,03434	29,1	52,95	11,19

Таблица 15

Изменение электропроводности рыбы в зависимости от количества влаги

Продолжитель- ность просушки (в час.)	Осетр свежий				Осетр соленый				
	Электро- проводн.	Средняя электро- проводн.	Сопротивл.	% влаги	Электро- проводн.	Средняя электро- проводн.	Сопротивл.	% влаги	% соли
0	0,00478 0,00465 0,00463	0,00468	213,7	77,57	0,03163 0,03000 0,02800	0,03049	32,70	67,71	7,60
	0,00488 0,00478 0,00509	0,00491	203,6	75,82	0,03396 0,03018 0,02830	0,03081	32,40	67,64	7,36
3 1/2	0,00529 0,00538 0,00506	0,00524	190,8	70,2	0,02916 0,02441 0,02263	0,02542	39,30	65,15	8,83

ление не изменяется или изменяется в очень незначительной степени. Вода обладает двумя взаимопротиводействующими свойствами, которые, повидимому, взаимно нейтрализуются. С одной стороны, вода разжижает ткани мяса и содействует таким образом повышению электрического сопротивления, с другой стороны, вода снижает электрическое сопротивление, поскольку она пропорционально уменьшает отношение между веществом, обладающим плохой электропроводностью, и общим объемом пробы. Это объяснение вполне вероятное, однако разжижающее действие воды несколько сильнее, чем влияние плохопроводящего вещества, поэтому наблюдается некоторое понижение сопротивления с уменьшением количества влаги, которое, впрочем, на практике может быть оставлено без внимания в пределах существующих колебаний количества влаги в исследуемых пробах рыб.

Влияние свежести рыбы

Для выяснения влияния свежести рыбы на ее электропроводность последняя измерялась в образце белуги свежей и в том же образце через сутки и, наконец, через 4 суток хранения при комнатной температуре, когда рыба имела явные признаки порчи. В табл. 16 даны результаты этих измерений, из которых видно, что порча рыбы не вызывает заметных изменений ее электросопротивления. Надо лишь отметить, что измерение электропроводности порченной рыбы затрудняется вследствие присутствия в ней продуктов разложения, от чего минимум затухания звука в телефоне быстро сползает по всей длине измерительной линейки. Это явление может служить признаком порчи рыбы.

Таблица 16

Изменения электросопротивления рыбы (белуги) в процессе ее порчи

Продолжительность хранения (в сутках)	Электропроводность	Средняя электропроводность	Сопротивление (в омах)
0	0,03266	0,03183	31,4
	0,03100		
1	0,03142	0,031425	31,8
	0,03143		
4	0,03142	0,031425	31,8
	0,03143		

Влияние температуры

Измерялась электропроводность образца рыбы свежей и соленой при температурах 5, 10, 20, 25, 30°, результаты даны в табл. 17 и на рис. 11.

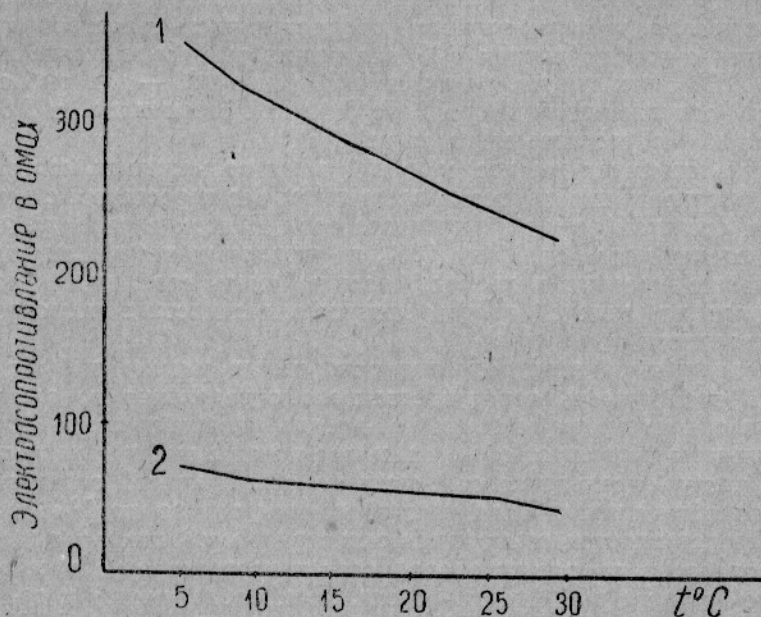


Рис. 11. Электропроводность белуги при разных температурах: 1—свежей (с содержанием соли 0,30‰); 2—соленой (с содержанием соли 6,87‰)

Электросопротивление рыбы падает с увеличением температуры, причем это падение больше для свежей рыбы, чем для соленой. Темпера-

турный коэффициент электросопротивления рыбы колеблется около величины 1,9—2,0%, т. е. при изменении температуры рыбы на 1° электросопротивление изменяется на 2,0%.

Таблица 17

Влияние температуры

Температура (в °C)	Белуга свежая (соленость 0,3%)				Белуга соленая (соленость 6,87%)				
	Электро- проводн.	Сопротивл.	Падение сопротивл. на 1°С в омах	Темпера- турный коэффициент (в %)	Темпера- тура (в °C)	Электро- проводн.	Сопротивл.	Падение сопротивл. на 1°	Темпера- турный коэффициент (в %)
5	0,00208	349,0	6,4	1,9	5	0,01406	71,1	1,3	2,0
9	0,00309	323,2	5,15	1,8	10	0,01552	64,4	0,94	1,7
19	0,00368	271,7	5,10	2,1	19	0,01787	55,9	1,05	2,1
25	0,00415	240,8	4,3	1,9	26	0,02062	48,5	0,86	1,9
30	0,00456	219,2	—	—	32	0,02309	43,3	—	—
Средн. темпер. коэффициент 1,9					Средн. темпер. коэффициент 1,9				

Заключение

1. а) Исследовалась электропроводность фарша рыбы в зависимости от содержания в нем соли, результаты показывают возможность определения солёности рыбы по электропроводности фарша в пределах от 0,5 до 14% солёности. В этом случае электропроводность фарша может определяться на обычном приборе с мостиком сопротивлений, причем пересчет определяемых значений электропроводности на процент соли производится по таблице электропроводности чистых растворов хлористого натрия с коэффициентами 1,36 для тощих рыб (содержание жира от 0,25 до 1,5%), как треска, судак, пикша и пр., 1,63 — для рыб средней жирности (содержание жира от 2 до 5%) как сазан и др., и 2,0 — для жирных рыб (содержание жира выше 8%).

б) Результаты этих же исследований дают возможность создать прибор для определения солёности фарша рыбы без пересчетов, с непосредственным отсчетом по шкале процента соли. В этом случае пределы измерения расширяются от 0,5 до 18%, но каждая из перечисленных выше групп (тощие, средние и жирные) должна иметь свою шкалу согласно выведенным для каждой группы кривым зависимости электропроводности от солёности.

2. Исследовалась электропроводность целых кусков рыбы с целью выяснить возможность непосредственного определения по электропроводности солёности рыбы без какой-нибудь предварительной обработки ее. Результаты позволяют объединить все породы рыб в группы по жирности с целью определения солёности по общей кривой электропроводности (по общей шкале) для каждой группы только до 7% солёности рыбы. Представляется возможным сконструировать прибор для определения солёности по электропроводности непосредственно в мясе рыбы для целой группы рыб (судак, треска, лещ, вобла, пикша и др.) с пределами измерения от 0,5 до 7% солёности, с точностью $\pm 0,3\%$ и непосредственным отсчетом процента соли на шкале. Разумеется для каждой отдельно взятой породы возможно определение солёности по электропроводности с достаточной точностью по всей шкале от 0,5 до 18%.

3. Исходя из возможностей, представленных перечисленными резуль-

татами, надо полагать целесообразным осуществить для промышленности два прибора:

1) прибор лабораторного типа для определения солености всех видов рыбных продуктов по электропроводности вытяжки или болтушки, солености тузлуков, отмочных вод с непосредственным отсчетом в процентах соли по шкале;

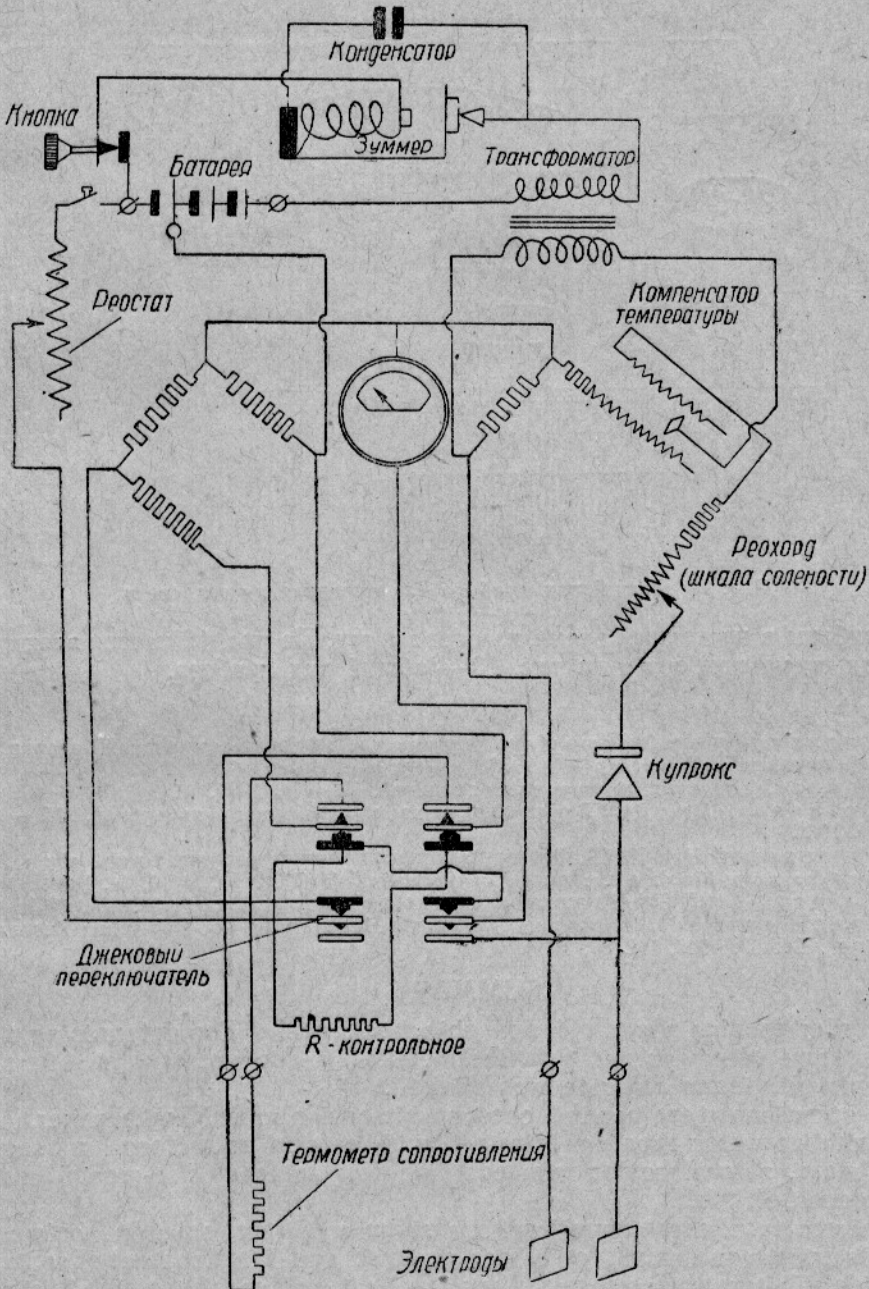


Рис. 12. Схема прибора для определения солености

2) прибор производственного типа для определения солености непосредственно в рыбе для тощих пород рыб: треска, пикша, судак, лещ, вобла, сазан и пр. в пределах от 0,5 до 7‰ солености с точностью $\pm 0,3\%$, с компенсацией температуры и непосредственным отсчетом в процентах соли на шкале.

Нами были рассчитаны все основные данные для конструкции этих приборов: принципиальная схема, расчет шкалы, электродные сосуды и пр.

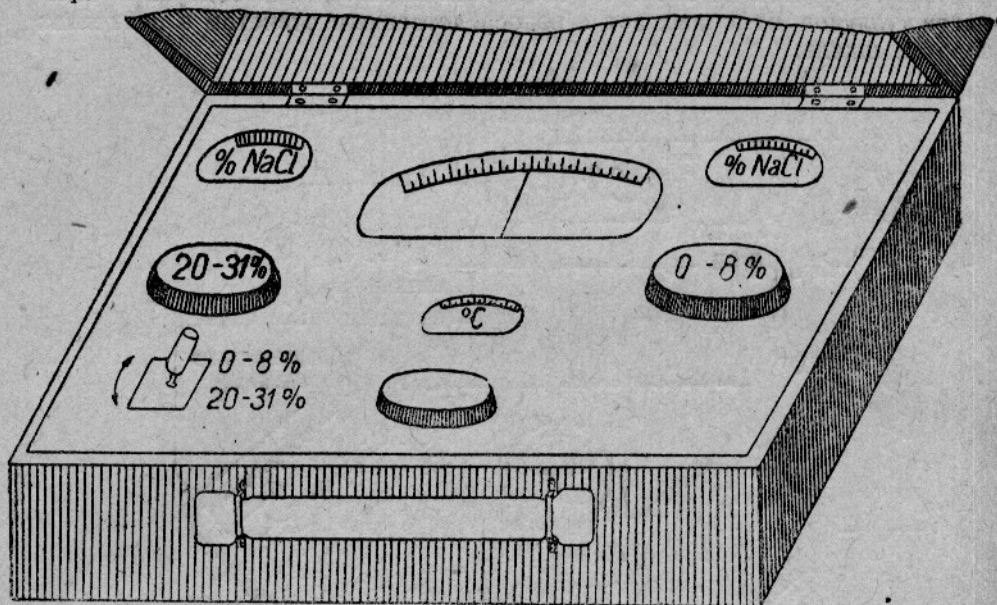


Рис. 13. Общий вид прибора для определения солености

Приборы в настоящее время изготавливаются. На рис. 12 дается электрическая схема прибора и на рис. 13 — общий вид прибора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гмелин, Грюсс, Зауэр и Кренерт, Физико-химический анализ в промышленности ГНТИУ, НКТП, 1936.
2. Кейнат, "Электроизмерительная техника", М. — Л., 1935.
3. Оствальд, Лютер, Друккер, Физико-химические измерения, М. — Л., ОНТИ, 1935.
4. Шустров (ЦИЛКИП), Электропроводность пищевых продуктов, (отчет).
5. Бенфильд, Каллоу, "Journal of the Soc. of Chem. Ind.", № 50, 54, 1935.
6. Calvert—Leitfähigkeitsversuche, "Zeitschr. f. physik Chem.", 38, 528, 1901.
7. Spengler Tödt, Wigand, "Zeitschrift des Vereins der Deutschen Zucker-Industrie", Bd. 62, 1932, Bd. 83, 1933.

SUMMARY

In order to obtain a rapid and objective method for determining the salt content of caviar and fish, their electrical conductivity at different contents of sodium chloride was studied.

Investigations were carried out on salt caviar mixed with water, caviar without water thoroughly mixed with salt so as to form a semi-solid mass, natural caviar with common salt, minced fish-meat (hash) and pieces of fish.

The results of these investigations show a direct relation between the electrical conductivity of caviar and fish and their content of sodium chloride. This relation is stated for the principal species of food fishes.

On the basis of these results and the graphical material obtained, an apparatus was devised and constructed for rapid determinations of salt-content of fish, with a direct reading of the salt percentage on the scale and an automatic compensation of temperature.

The apparatus has an accuracy of $\pm 0,1$ for the range of salinity from 0,5% to 7,0% and $\pm 1\%$ for the range of salinity from 7% and up.