

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЖИРА ИЗ ПЕЧЕНИ ТРЕСКИ

Кандидаты техн. наук И. М. МАРШАК и Р. Р. ПЕРЕПЛЕТЧИК

В настоящее время жир из печени трески получают в основном путем вытапливания. При этом выход жира не превышает 70% от содержания его в сырой печени, а высокая температура отрицательно действует на свойства жира, разрушая часть находящихся в нем витаминов.

Другие способы извлечения жира — гидролизный и экстракционный — также не удовлетворяют требованиям производства медицинского жира.

Поэтому очень важно найти способ, который обеспечивал бы достаточно полное выделение жира из сырья при минимальном изменении его нативных свойств.

В литературе [2, 5] имеются указания, что под действием ультразвуковых колебаний большой интенсивности животная ткань и даже клетки ткани разрушаются. Установлено также [2], что под действием ультразвуковых волн разрываются белковые молекулы, что обуславливается как механическими, так и электрохимическими процессами, вызываемыми действием ультразвука. Если разрываются клетки, то, следовательно, находящийся в них жир освобождается и его можно легко отделить.

Ультразвуковая энергия, вероятно, может быть использована не только для получения жира, но и для быстрого количественного определения его в рыбных продуктах, так как известно, что при определенной интенсивности ультразвуковых колебаний разрыв клеток животных тканей происходит почти мгновенно.

В задачи настоящей работы входило:

1) проверить возможность быстрого и полного выделения жира из рыбного сырья и в частности из тресковой печени при воздействии на нее ультразвуковых колебаний;

2) проверить влияние ультразвуковых колебаний на свойства выделяемого из печени жира (содержание витамина А, кислотное и йодное числа) и на содержание витамина В₁₂ в обезжиренном остатке печени.

Опыты по выделению жира проводились вначале на установке ультразвуковой лаборатории Института биофизики АН СССР при участии руководителя лаборатории проф. И. Е. Эльпинера. Позднее соответствующая ультразвуковая установка была создана во ВНИРО. Обе установки в принципе не отличались друг от друга, но дополняли одна другую в отношении возможности использования различной частоты ультразвуковых колебаний, зависевшей от наличных излучателей — пьезокварцевых пластин различной толщины.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПЬЕЗОКВАРЦЕВОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УСТАНОВКИ ВНИРО¹

Схема представляет собой (рис. 1) однокаскадный генератор, собранный на лампе ГК-3000 с контуром в цепи анода по параллельной схеме. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора переменной емкости. Анодное напряжение подается от выпрямителя, собранного по схеме удвоения напряжения на газотронах ВГ-236.

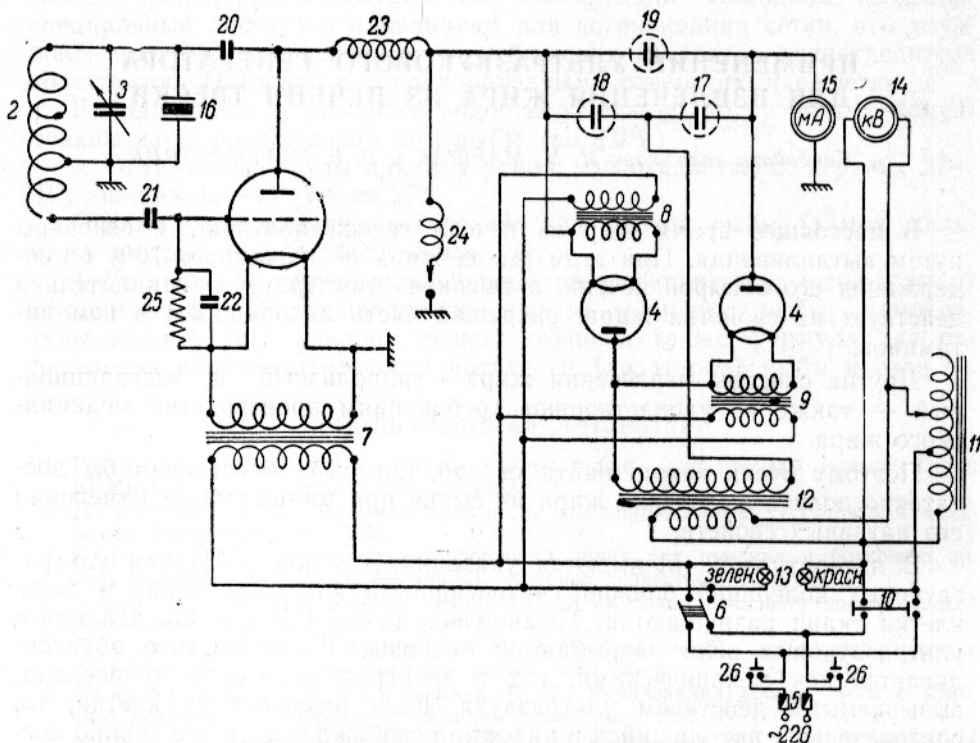


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной пьезокварцевой ультразвуковой установки ВНИРО:

1—лампа ГК-3000; 2—катушка индуктивности; 3—конденсатор переменной емкости; 4—газотрон ВГ-236; 5—сеть переменного тока 220 в, 50 гц; 6—рубильник; 7, 8, 9—трансформаторы; 10—кнопочный пускатель; 11—автотрансформатор; 12—силовой высоковольтный трансформатор; 13—сигнальные лампы; 14—киловольтметр; 15—миллиамперметр; 16—пьезокварцевый излучатель; 17, 18, 19—электролитические конденсаторы в схеме выпрямителя; 20, 21—разделительные конденсаторы; 22—конденсатор; 23—дрозсель высокого напряжения; 24—блокировка по высокому напряжению; 25—сопротивление смещения на сетку; 26—блокировка по низкому напряжению.

Установка питается от сети переменного тока (частота колебания 50 гц, $v=220$ в).

Нити накала ламп ГК-3000 и ВГ-236 питаются от трансформаторов, включаемых в сеть рубильником.

Включение силового высоковольтного трансформатора осуществляется кнопчным пускателем.

Регулировка анодного напряжения производится по низкому напряжению автотрансформатором и киловольтметром.

Получаемые в контуре генератора колебания подводятся к пьезокварцевому излучателю.

¹ Установка была изготовлена по схеме и при непосредственном участии инженера И. Ф. Ваньшева; в монтаже установки принимал участие инженер С. Н. Мизикин.

КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ УСТАНОВКИ

Детали схемы смонтированы в стальном корпусе — шкафу, на трех стенках которого сделаны круглые отверстия для воздушного охлаждения. Шкаф закрывается блокированной дверью.

На переднюю стенку шкафа вынесены механизмы управления и контроля установки (рис. 2).

Снаружи к боковой стенке шкафа прикреплен на шарнирах откидной столик, поддерживаемый во время работы двумя легкими кронштейнами.

На столике помещается круглый медный масляный бачок, вставленный вплотную в бачок из оцинкованного железа и держащийся в нем отбортованным краем. Высота оцинкованного бачка несколько больше высоты медного, так что между дном того и другого имеется воздушное пространство, необходимое для монтажа; в дне оцинкованного бачка имеется отверстие, нужное также для монтажа.

Пьезокварцевый излучатель укреплен в специальном держателе и опущен в медный бачок, электроды от кварцевой пластинки выведены к клеммам генератора через проходные изоляторы в стенках бачков.

Медный бак заполняется трансформаторным маслом до уровня на 50—60 мм выше положения кварцевого излучателя.

Пробирка или колба с озвучиваемой пробой укрепляются зажимом штатива, стойка которого ввинчена в площадку откидного столика.

При включении установки в действие кварцевая пластинка начинает колебаться с определенной частотой. При этом над поверхностью масла в бачке появляется масляный фонтан большей или меньшей высоты в зависимости от подаваемого на кварц напряжения. Колебания пластинки передаются через масло и стенки сосуда (пробирка, колба) озвучиваемой массе.

При одном и том же напряжении наибольший эффект достигается при настройке контура генератора на резонансную частоту кварца (в резонанс с собственной частотой кварца), что осуществляется поворотом ручки конденсатора переменной емкости.

Озвучиваемая проба устанавливается в штативе в таком положении, чтобы дно сосуда с пробой находилось в фонтане.

МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ ЖИРА

Необходимым условием, при котором ультразвук воздействует на животную ткань или клетку, является разбавление озвучиваемой ткани водой.

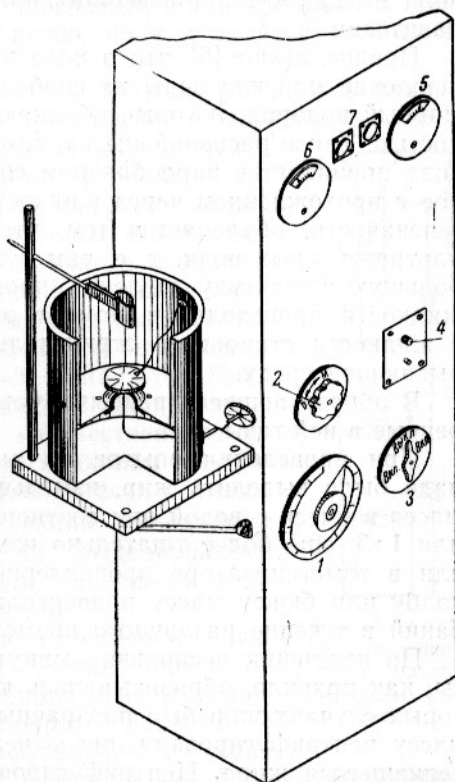


Рис. 2. Конструктивное оформление экспериментальной установки:

1—ручка автотрансформатора; 2—ручка конденсатора переменной емкости; 3—ручка включателя; 4—кнопка пускателя; 5—киловольметр; 6—миллиамперметр; 7—сигнальные лампы.

Замечено, что при одних и тех же условиях озвучивания (напряжение, частота колебания и др.) распаду подвергается строго определенное количество молекул, начиная с определенной концентрации вещества. Выше этой концентрации распада молекул не происходит [3].

Это явление говорит о том, что химическое действие ультразвуковых волн не прямое, а происходит при посредстве воды, являющейся разбавителем.

Предполагают [5], что в поле ультразвуковых волн происходит расщепление молекул воды на свободные гидроксильные радикалы и атомарный водород, которые обладают значительной реакционной способностью. Такое расщепление происходит в кавитационных полостях, куда вода проникает в парообразном состоянии. Явление кавитации, связанное с прохождением через жидкость ультразвуковых волн большой интенсивности, объясняется тем, что в тех местах, где находятся узлы ультразвуковых волн, т. е. там, где ультразвуковые волны имеют наибольшую амплитуду давления, происходят разрывы жидкости. Разрывы жидкости происходят в момент отрицательной фазы, когда давление в жидкости становится отрицательным, т. е. появляются усилия, разрывающие среду.

В образовавшиеся разрывы устремляются пары жидкости и растворенные в ней газы.

При проведении опытов по выделению жира сырье, из которого надо было выделить жир, измельчалось в мясорубке. Измельченная масса в смеси с водой при соотношениях масса : вода, равных 1 : 1; 1 : 2 или 1 : 3, еще более тщательно измельчалась на коллоидной мельнице или в гомогенизаторе пропеллерного типа. Помещенную в пробирку, колбу или бюксу массу подвергали воздействию ультразвуковых колебаний в течение различного времени.

По истечении нескольких минут в верхнем слое озвучиваемой массы, как правило, образовывалось кольцо выделившегося жира. В некоторых случаях жир был прозрачным, в других — мутным. Озвученную массу центрифугировали, после чего в ней определяли количество выделившегося жира. Центрифугирование не во всех случаях разбивало водно-жировую эмульсию. В некоторых опытах перед озвучиванием (в других — перед центрифугированием) в массу добавляли небольшое количество поваренной соли.

Известно, что некоторые частоты ультразвуковых колебаний способны создавать эмульсии: жидкость — жидкость. Перед нами стояла задача подобрать такие условия озвучивания жирсодержащего сырья, при которых выделялся бы жир без образования эмульсии. Исходя из этого, мы испытали кристаллы, дающие колебания разных частот.

Опыты по выделению жира из жирсодержащего сырья были начаты с наиболее жирного объекта — тресковой печени.

Стерилизованную печень измельчали в мясорубке, а затем пропускали в смеси с водой через коллоидную мельницу. Массу (после мельницы), которая была однородной и имела вид эмульсии, подвергали озвучиванию.

Если озвучиванию подвергалась измельченная тресковая печень с содержанием жира 25—35%, то после центрифугирования количество выделившегося сверху жира можно было ориентировочно определить по делениям центрифужной пробирки.

Если же озвучиванию подвергалось сырье с невысоким содержанием жира и его выделялось, естественно, мало, то определить это количество непосредственно по делениям в пробирке не представлялось возможным.

Были предприняты попытки определить количество выделившегося при озвучивании жира в аппарате Дина и Старка.

В центрифужной пробирке масса после центрифугирования располагается в несколько слоев: сверху — слой жира, под ним — слой водно-жировой эмульсии, под эмульсией — иногда слой взвешенной белковой массы, а чаще — вода и, наконец, белковая масса. Собрать только жир не представляется возможным, так как его трудно отделить от воды. Поэтому было решено переносить в колбу аппарата Дина и Старка слой жира, жировую эмульсию, воду и во всей этой смеси определять количество жира.

В аппарате Дина и Старка с парами толуола отгонялась вода, а жир растворялся в толуоле. Мисцеллу переносили через фильтр во взвешенную колбу, растворитель отгоняли, а остающийся в колбе жир просушивали и взвешивали. В тех случаях, когда в пробирке после центрифугирования ниже водно-жировой эмульсии не образовывалось слоя взвешенной белковой массы, этот способ количественного определения жира, выделившегося при озвучивании, давал хорошие результаты. Когда же над слоем воды была белковая масса, слить жир и воду без этой массы было невозможно. В этих случаях пользоваться аппаратом Дина и Старка для определения выделившегося жира нельзя.

Таким образом, описанный метод количественного определения жира, выделившегося под влиянием ультразвука, не мог быть нами использован во всех случаях.

Было испытано несколько конструкций стеклянных пробирок для определения количества выделившегося жира, но лишь пробирка с оттянутым горлышком дала удовлетворительные результаты (рис. 3).

В эту пробирку помещали точно отвешенное количество сырья, разбавленного водой. Сырье подвергали озвучиванию, а затем в той же пробирке центрифугированию в течение 15 мин. при числе оборотов центрифуги 2500—3000 в минуту. После центрифугирования выделившийся жир собирался в верхней градуированной части пробирки и количество его легко можно было определить.

Однако и этот способ количественного определения жира, так же как и конструкцию пробирки, нельзя считать совершенным.

Одним из необходимых условий, при котором ультразвук воздействует на клетку, является разбавление озвучиваемой ткани водой. Необходимо было установить, какое количество воды, добавляемое к озвучиваемой массе, является оптимальным. В отдельных опытах при одном и том же режиме озвучивания добавляли различное количество воды и определяли количество выделившегося при этом жира.

В табл. 1 приведены сравнительные данные по выходу жира при озвучивании измельченной печени трески, разбавленной различным количеством воды. Выход жира определялся во всех случаях одинаково — по делениям в градуированных центрифужных пробирках.

Озвучивание производилось над кварцевым фокусированным излучателем при частоте 380 кГц. Продолжительность озвучивания во всех случаях 10 мин.

Из приведенной табл. 1 видно, что если жирсодержащее сырье разбавлено водой в соотношении сырье:вода, равном 1:1 или 1:2, то жира выделяется значительно меньше, чем в том случае, когда сырье разбавлено водой при соотношении 1:3 и 1:4. Это положение нами проверялось и в последующих опытах.

Почти во всех случаях выделенный жир после центрифугирования был непрозрачным. Иногда же некоторая его часть представляла собой эмульсию,

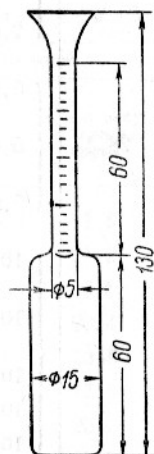


Рис. 3. Сосуд для выделения жира ультразвуковым способом.

Таблица 1

Содержание жира в исходном сырье в %	Количество озвучиваемой массы печени в г	Соотношение массы и воды	Общее количество озвучиваемой массы в г	Продолжительность озвучивания в минутах	Выход жира		В чем озвучивали. Количество опытов
					в г	в % к весу исходного сырья	
26,8	5,0	1:1	10	10	0,5	10	В пробирке, 4 опыта
	2,5	1:3	10	10	0,5	20	В пробирке, 5 опытов
	2,0	1:4	10	10	0,4	20	То же
28,3	5,0	1:2	15	10	0,8	16	В бюксе, 3 опыта
	5,0	1:3	20	10	0,9	18	В бюксе, 6 опытов
	5,0	1:4	25	10	1,1	22	В бюксе, 4 опыта
26,7	10	1:1	20	15	1,1—1,2	11—12	В бюксе, 2 опыта
	10	1:2	30	15	1,6—1,7	16—17	В бюксе, 3 опыта
	10	1:3	40	15	2,0	20	То же
	10	1:4	50	15	2,3—2,4	23—24	"
	10	1:5	60	15	2,3	23	"

Мы не имели возможности проверять количество жира, выделяющегося при озвучивании массы, разведенной водой в соотношении масса: вода, равном 1:5 и 1:6, так как при небольшом общем объеме озвучиваемой массы количество выделившегося жира при таком разведении определить, даже ориентировочно, нельзя. При получении возможностей озвучивания массы в больших количествах такое разбавление необходимо проверить.

В табл. 2 приведены сравнительные данные по выходу жира в опытах, где к озвучиваемой массе (объект озвучивания — тресковая печень в количестве 5 г) для предотвращения образования эмульсии до-

Таблица 2

Содержание жира в исходном сырье в %	Соотношение масса: вода	Продолжительность озвучивания в минутах	Добавлено NaCl или спирта в % к озвучиваемой массе	Выход жира		Сколько параллельных озвучиваний произведено. Характеристика жира
				в г	в % к весу исходного сырья	
24,6—27,6	1:1	10	2,5 NaCl	0,5—1,1	10—22	10 опытов. Жир прозрачный
	1:1	5	2,5 NaCl	0,2—0,9	4—18	15 опытов. Жир прозрачный
	1:1	10	2—10 спирта	0,3—1,0	6—20	10 опытов. Жир мутный
26,4—27,6	1:1	5	2—10 спирта	0,3—0,7	6—14	10 опытов. Жир мутный
	1:2	5	2—5 NaCl	0,9—1,5	18—30	12 опытов. Жир прозрачный
	1:3	5	2—5 NaCl	0,9—1,4	18—28	10 опытов. Жир прозрачный

бавляли NaCl или спирт. Количество выделившегося жира определялось по делениям в центрифужной пробирке.

В тех случаях, когда к озвучиваемой массе добавляли NaCl, выход жира был больше, эмульсии не образовывалось и выделенный жир был прозрачным.

В табл. 3 приведены результаты озвучивания в течение различного времени стерилизованной печени осетра. Озвучивание производилось над кварцевым кристаллом при частоте 380 кгц с излучением в воду. Количество выделившегося жира определялось в аппарате Дина и Старка.

Таблица 3

Жиры в исходном сырье в %	Количество массы печени в г	Соотношение масса : вода	Продолжительность озвучивания в минутах	Количество добавленной NaCl в % к озвучиваемой массе	Выход жира	
					в г	в % к весу исходного сырья
21,2	5	1:1	5	—	0,5919	11,8
	5	1:1	5	2,0	1,0673	21,2
	5	1:1	10	—	0,4976	9,8
	5	1:1	10	2,0	1,0261	20,4
	5	1:3	5	—	0,9826	13,6
	5	1:3	5	2,0	0,8928	17,8
20,2	5	1:3	10	—	1,0113	20,2
	5	1:3	10	2,0	0,9935	18,8
	10	1:1	5	2,0	1,8063	18,6
	10	1:1	5	—	1,7514	16,4

Если сравнить количество выделившегося жира при разной продолжительности озвучивания (5 или 10 мин.), но при других равных условиях, то существенной разницы заметить нельзя. Поэтому мы считали, что 5 мин. озвучивания при данных условиях (небольшой общий объем озвучиваемой массы при данном излучателе) вполне достаточно для выделения жира.

Замечено, что степень измельчения массы, подвергающейся озвучиванию, влияет на количество выделенного жира.

В табл. 4 приведены сравнительные данные по озвучиванию сырья, измельченного в мясорубке, и того же сырья, гомогенизированного в коллоидной мельнице или в гомогенизаторе, в смеси с водой при соотношении 1 : 1. Озвучивание производилось кварцевым фокусированным излучателем с частотой 1,4 мгц в течение 10 мин.

Полученные данные показывают, что при озвучивании гомогенизированной массы выход жира значительно больше, чем при озвучивании массы, измельченной на мясорубке. Однако иногда в процессе гомогенизации массы образуется водно-жировая эмульсия, которая при воздействии ультразвука не только не разрушается, но еще больше стабилизируется. Этим и объясняется довольно низкий процент выхода жира в отдельных опытах.

Прибавление к гомогенизированной массе перед озвучиванием поваренной соли разрушает водно-жировую эмульсию, при этом выделяется прозрачный жир в количествах, иногда близких к 100% от количества жира, содержащегося в печени. Прибавление поваренной соли к озвученной негомогенизированной массе не дает заметного увеличения выхода жира.

Таблица 4

Объект озвучивания	Жиры в исходной массе	Соотношение масса : вода	Добавлено NaCl в % к озвучиваемой массе	Выход жира в % к весу озвучиваемого сырья
Гомогенизированная печень трески	42,0	1:1	—	31,8
	42,0	1:3	1,0	43,6
	42,0	1:3	1,0	41,2
Негомогенизированная печень трески	42,0	1:3	1,0	29,4
	42,0	1:3	1,0	28,6
	42,0	1:3	—	30,6
Гомогенизированная печень трески	37,4	1:3	—	30,4
	37,4	1:3	—	27,8
	37,4	1:3	—	27,4
Негомогенизированная печень трески	37,4	1:1	—	22,6
	37,4	1:3	1,0	38,5
	37,4	1:3	1,0	33,6
Негомогенизированная печень трески	37,4	1:3	—	15,1
	37,4	1:1	—	12,6

Выяснив основные факторы, влияющие на выход жира, мы последующие опыты по выделению жира провели с учетом этих факторов. Озвучивание производили в пробирке с оттянутым отградуированным горлом.

В табл. 5 приведены результаты этих опытов. Как видно, лучший выход жира получают из гомогенизированной массы с добавлением поваренной соли в количестве 1—2% к общей массе. Выход в этих случаях близок к исходному содержанию жира в сырье. Жир получается прозрачный без эмульсии.

Таблица 5

Объект озвучивания	Содержание жира в исходной массе в %	Соотношение масса : вода	Добавлено NaCl в % к озвучиваемой массе	Выход жира в % к весу исходного сырья	Число параллельных озвучиваний
Гомогенизированная печень трески	34,4	1:2	2,0	32,5	3
	24,1	1:3	—	15,0	2
Негомогенизированная печень трески	24,1	1:3	2,0	20,0	2
	24,1	1:3	—	20,0	2
	24,1	1:3	2,0	34,0	3
	24,1	1:5	—	27,5	2
	24,1	1:4	—	27,5	4
Гомогенизированная печень трески	35,6	1:4	2,0	32,5	4
	35,6	1:1	—	15—20,0	2 (жир мутный)
	38,2	1:4	2,0	30,0—32,5	4

Опыты по отделению жира из сырья с содержанием жира до 10% не увенчались успехом.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА СТОЙКОСТЬ ВИТАМИНОВ А И В₁₂, А ТАКЖЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИРА

Весьма важным в проблеме выделения жира при помощи ультразвука является выяснение влияния ультразвука на содержащийся в жире витамин А, а также на изменение химической характеристики натурального жира (кислотное и йодное числа).

Для выяснения этого вопроса озвучивали жирсодержащее сырье (печень трески, разбавленная водой 1:1) и определяли в выделившемся жире содержание витамина А, кислотное и йодное числа (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Характеристика жира до озвучивания			Характеристика жира после озвучивания		
содержание витамина А и. е. на 1 г	кислотное число	йодное число	содержание витамина А и. е. на 1 г	кислотное число	йодное число
300	0,8	—	300	1,1	—
320	0,9	164,7	300	1,1	168,1
280	0,8	162,5	300	1,0	164,2
350	0,7	—	330	0,9	—

Во всех случаях озвучивание производилось в течение 15 мин. кварцевым излучателем при излучении в воду и частоте 300 кГц.

Из приведенных данных видно, что при озвучивании тресковой печени витамин А, содержащийся в жире, практически не разрушается. Кислотность жира и йодное число озвучиваемого жира также практически не изменяются.

В табл. 7 приведены данные об изменении содержания витамина А, кислотного и йодного чисел в жире после его озвучивания кварцевым фокусированным излучателем с частотой 1,4 мГц в течение 10, 20 и 30 мин., а также после озвучивания жира в соединении с водой.

Из приведенной табл. 7 нельзя заметить определенной картины разрушения витамина А от воздействия ультразвука. В некоторых случаях при озвучивании жира в течение 30 мин. без разбавления водой разрушается значительное количество витамина А. В других случаях заметного разрушения витамина А не отмечается даже и при длительном озвучивании (30 мин.). Озвучивание же жира в течение 10 и 20 мин. почти никак не отражается на содержании витамина А в озвучиваемом жире. Кислотное и йодное числа жира при озвучивании изменяются незначительно.

В табл. 8 приведены данные и результаты трех опытов по озвучиванию жирсодержащего сырья — печени. Ставилась цель выяснить влияние ультразвука на стойкость витамина В₁₂*. Опыты проводились с разным по содержанию жира, витамина А и витамина В₁₂ сырьем. Озвучивание производилось разными кристаллами, дающими частоту колебания 300, 800 и 1500 кГц, в течение разного времени.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что витамин В₁₂, содержащийся в сырье, при озвучивании в течение 15 и 30 мин., при указанных колебаниях не разрушается. Поскольку витамин В₁₂ яв-

* Определение содержания витамина В₁₂ производила канд. техн. наук Л. Н. Егорова.

Характеристика исходного жира			Взято на озвучивание жир вода ²	Характеристика жира после озвучивания в течение 10 мин.			Характеристика после озвучивания в течение					
							20 мин.			30 мин.		
содержание витамина А и. е. на 1 г	кислотное число	йодное число		содержание витамина А и. е. на 1 г	кислотное число	йодное число	содержание витамина А и. е. на 1 г	кислотное число	йодное число	содержание витамина А и. е. на 1 г	кислотное число	йодное число
9600	1,4	—	2,5	8600	1,3	—	9600	1,4	—	9600	1,4	—
9600	1,4	—	2,0/8	—	—	—	—	—	—	10000	1,5	—
70000	—	—	2/0	—	—	—	—	—	—	71000	—	—
70000	—	—	2/8	—	—	—	—	—	—	45000	—	—
70000	1,1	—	3/7	—	—	—	—	—	—	43000	1,3	—
11500	1,2	—	2/8	—	—	—	—	—	—	9300	1,3	—
11500	1,2	—	3/7	—	—	—	—	—	—	7640	1,2	—
8000	0,9	—	3/0	7720	0,9	—	8100	0,9	—	7340	1,1	—
8000	0,9	—	3/3	7970	1,0	—	8000	1,1	—	8100	1,1	—
25000	0,8	—	5/0	25000	0,8	—	26000	0,9	—	23800	0,8	—
17000	1,1	—	5/0	17000	1,1	—	14500	1,1	—	16490	1,6	—
17000	1,1	—	5/5	16600	1,4	—	14720	1,12	—	14700	1,5	—
70000	2,2	—	2/0	63700	2,3	—	55270	2,75	—	55100	2,6	—
25000	2,62	132,4	5/0	26000	2,67	130,1	25000	2,61	131,1	23800	3,14	—
25000	2,62	132,4	5/5	24880	3,1	129,4	22000	3,2	128,9	18000	3,2	123,4
6500	1,62	—	2/2	6200	1,57	—	6200	1,57	—	4500	1,82	—
8000	0,8	155,6	3/3	9000	1,52	149,5	7970	1,46	150,3	8100	1,08	146,2
8000	0,8	155,6	3,0	7720	0,81	146,4	8310	0,84	149,3	7300	0,8	150,1

Таблица 8

Номер опыта Вариант	Характеристика сырья			Характеристика озвучивания			Характеристика озвучиваемой массы	
	содержание влаги в %	содержание жира в %	содержание витамина В ₁₂ в г/кг	частота колебания в кгц	продолжительность в минутах	соотношение масса : вода	белковая часть	вода
							содержание витамина В ₁₂ в г/кг	содержание витамина В ₁₂ в г/кг
1/а	45,1	34,04	500	1500	30	1:4	166	125
1/б	45,1	34,04	500	1500	15	1:4	159	110
1/в	45,1	34,04	500	300	30	1:4	209	105
1/г	45,1	34,04	500	300	15	1:4	156	90
2/а	67,2	18,8	850	300	30	1:3	788	136
2/б	67,2	18,8	850	300	15	1:3	544	185
2/в	67,2	18,8	850	1500	30	1:3	642	95
2/г	67,2	18,8	850	1500	15	1:3	588	115
3/а	69,6	20,2	700	1500	30	1:3	620	160
3/б	69,6	20,2	700	800	30	1:3	480	160
3/в	69,6	20,2	700	300	30	1:3	875	160
3/г	69,6	20,2	700	Без озвучивания			320	160

ляется витамином, хорошо растворимым в воде, большая его часть при озвучивании переходит в воду, которая добавляется к озвучиваемой массе.

Полученные данные представляют большой интерес и такие опыты желательнее повторить. При подтверждении положения о том, что витамин В₁₂ при озвучивании разбавленного водой витаминсодержащего сырья переходит в воду, ультразвук может быть использован в технологии получения витамина В₁₂.

ВЫВОДЫ

1. Ультразвуковые колебания частот, 300, 600, 800, 1500 кгц разрывают животную ткань, а возможно и клетку в течение 2—5 мин., в результате чего освобождается жир в количестве, достигающем 100% количества жира, содержащегося в ткани.

2. Необходимым условием для разрушения клеточной ткани и выделения из нее жира является разбавление озвучиваемой массы водой.

Наибольшее количество жира, по нашим данным, выделяется при соотношениях масса : вода, равных 1 : 3 и 1 : 4.

3. Никакой закономерности в изменении жира при озвучивании его с разбавлением водой и без воды в течение 10, 20, 30 мин. заметить не удалось. Иногда происходят небольшие изменения в содержании витамина А и некоторое увеличение количества свободных жирных кислот в жире, озвучиваемом в течение 30 мин.

4. Витамин В₁₂ при озвучивании витаминсодержащего сырья не разрушается, а лишь переходит в водную часть озвучиваемой массы.

5. Для предотвращения образования эмульсии а также для разрушения образующейся при озвучивании эмульсии необходимо к озвучиваемой массе добавлять поваренной соли в количестве 1—2% к весу озвучиваемой массы.

6. Полное и быстрее извлечение жира из жиродержащей ткани в результате воздействия ультразвуковых колебаний позволяет использовать это явление для количественного определения жира в жиродержащих продуктах.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Керли Б., Ультразвук, Л., 1950.
2. Лапинская Е. М., Митонова А. Н., Хенох М. А., Воздействие ультразвука на белки и аминокислоты, Доклады АН СССР, т. ХСIV, № 1, 1954.
3. Михайлов И. Г., Распространение ультразвуковых волн в жидкостях, Гостехиздат, 1949.
4. Соколов С. Я., Ультразвук и его применение, «Журнал технической физики», т. XXI, вып. 8, 1951.
5. Эльпинер И. Е., О биологическом действии ультразвуковых волн, «Журнал общей биологии», т. XV, 1954, № 1.
6. Summcs W., Ultrasonic, Food, March, 1953.

ВЫВОДЫ

1. Ультразвуковые колебания расторгали жировые включения в водной среде, что способствовало их переходу в водную фазу, которая в дальнейшем подвергалась экстракции органическими растворителями.
2. Наибольшее количество жира по количеству воды в жировой фазе получалось при воздействии ультразвука в течение 2-5 мин. в зависимости от температуры и концентрации раствора.
3. Никакой закономерности в изменении количества жира при экстракции в зависимости от температуры и концентрации раствора не наблюдалось. Однако при экстракции в зависимости от температуры и концентрации раствора наблюдалось изменение в содержании жира в водной фазе.