

УДК 66.061:665.448

Оптимизация технологического процесса извлечения липидов из илово-сульфидной лечебной грязи

К. В. ЦЫПЛЕНКОВ

*НИИ высоких напряжений,
проспект Ленина, 2а, Томск 634028 (Россия)**E-mail: Kostich2004@yandex.ru*

(Поступила 02.04.09; после доработки 29.10.09)

Аннотация

Изучено влияние основных параметров технологического процесса извлечения липидов из лечебной грязи. Определены оптимальные условия получения липидов из илово-сульфидной грязи оз. Тухлое (Новосибирская обл.).

Ключевые слова: илово-сульфидная лечебная грязь, липиды, антиоксиданты, β -каротин, экстракция, извлечение

ВВЕДЕНИЕ

Липидная фракция лечебных грязей разнообразна по химическому составу органических соединений и включает жиры и жироподобные вещества – липоиды (фосфатиды, гликолипиды), производные изопрена (стероиды и каротиноиды) и др., которые обладают значительным биологическим действием. К одним из основных биологически активных веществ липидов лечебных грязей относятся каротиноиды, ненасыщенные жирные кислоты, фосфо- и сульфолипиды, простагландиты, состав и свойства которых подробно изучены в работе [1].

Липиды илово-сульфидных грязей обладают гепатопротекторными и антиоксидантными свойствами, высокой репаративной активностью, не имеют противопоказаний [1, 2], а также используются в качестве биологически активных веществ (БАВ) для приготовления препаратов наружного и внутреннего применения [3, 4].

В работе [3] показано, что перспективным источником грязи для извлечения липидов служит оз. Тухлое (Новосибирская обл.). Для выделения липидов из грязи применяют различные растворители и их смеси. Авторы [5] в качестве экстрагента предложили исполь-

зовать раствор хлороформа и этилового спирта. В данном случае этиловый спирт обеспечивает экстракцию более полярных липидов, а менее полярные экстрагируются хлороформом. Так, при экстракции нативной грязи оз. Тухлое эквивалентной смесью спирт этиловый – хлороформ выделяются полярные и неполярные липиды, на основе которых создан и запатентован гепатопротективный препарат “Эплир” (Extract of Polar Lipids from Rocks). Доказана высокая эффективность этого препарата [3, 6].

Предложенный в работе [5] способ экстракции липидов спиртохлороформенной смесью реализован авторами с использованием специально изготовленной лабораторной установки, однако подробное исследование влияния параметров технологического процесса получения липидов на степень их извлечения и качественный состав ими не проводилось.

Для удовлетворения возрастающих потребностей рынка в препаратах на основе липидов лечебных грязей с минимальными затратами на их извлечение необходимо, прежде всего, изучить и оптимизировать технологические параметры подготовки и экстракции грязи.

Цель данной работы – изучение влияния основных параметров технологического процесса получения липидов из грязи (влажност-

ти сырья, условий сушки, температуры экстракции, среднего размера частиц, времени экстракции, соотношения сырье – экстрагент, кратности экстракции) на степень их извлечения и качественный состав

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Определение качественных и количественных характеристик липидов в лечебной грязи

В качестве объекта исследования использовали современные осадки минерализованного оз. Тухлое с содержанием водорастворимых веществ 50–60 г/кг абсолютно сухой грязи. Осадки накапливались в восстановительных условиях слабого сероводородного заражения. Роль основных поставщиков органического вещества в озере играют фито-, зоопланктон и фотосинтезирующие бактерии [2].

Для определения влияния технологических параметров процесса извлечения липидов проводили сравнительный анализ выхода и качественного состава липидов в результате экстракции грязи при конкретных технологических параметрах с максимальным содержанием в ней липидов.

Максимальное содержание липидов в нативной грязи с влажностью $W = 30\%$ определяли по методике, описанной в работе [5]. Извлечение липидов проводили при комнатной температуре эквивалентной смесью спирт этиловый – хлороформ ($V_э : V_х = \alpha = 1 : 1$), массовом соотношении сырье : экстрагент (γ), равном 1 : 10, кратности экстракции $\lambda = 4$ и интенсивном перемешивании (500–1000 мин⁻¹) в лабораторном смесителе в течение 60 мин.

Полученный экстракт доводили до постоянной массы в вакуумном роторном испарителе при температуре не выше 50 °С. Образующийся в результате липидный концентрат (ЛК) содержит незначительное количество элементарной серы и водорастворимых соединений. Для отделения последних ЛК разбавляли хлороформом и промывали водой в делительной воронке. После отделения раствор липидов сушили безводным сульфатом натрия, фильтровали и доводили до постоянной массы, характеризующей выход липидов. Все операции проводили в затемненном помещении.

Качественный состав липидов оценивали по содержанию в них β -каротина (C_β) и суммарному содержанию антиоксидантов ($C_{АО}$). Содержание β -каротина в липидах определяли по величине оптической плотности раствора липидов в хлороформе в диапазоне значений длины волны 450–460 нм на спектрофотометре СФ 201 (Россия). Раствор сравнения – хлороформ. Содержание антиоксидантов в липидах определяли по скорости поглощения кислорода в процессе окисления кумола по описанной в работе [6] методике.

Выход липидов f_l в результате экстракции определяется выражением

$$f_l = [m_l 100 / (m_t (100 - W))] \cdot 100\% \quad (1)$$

где m_l – масса абсолютно сухих липидов; m_t – масса грязи с влажностью W .

Степень извлечения липидов F_l и β -каротина F_β рассчитывали как

$$F_l = (f_l / f_{l \max}) \cdot 100\% \quad (2)$$

$$F_\beta = (C_\beta / C_{\beta \max}) \cdot 100\% \quad (3)$$

где $f_{l \max}$ – максимальный выход липидов; $C_{\beta \max}$ – максимальное содержание β -каротина в липидах, выделенных из нативной грязи.

Сушку грязи осуществляли в конвективной и вакуумной полочных сушилках. Предварительно измельченную грязь размещали тонким слоем (0,5–2,0 см) на полках сушилок. В качестве сушильного агента в конвективной сушилке использовали нагретый воздух. В вакуум-сушильном шкафу нагрев грязи осуществлялся через теплопередающую поверхность хромированных полок. Продолжительность сушки составляла 1–3 ч.

Гранулометрический состав задавался просеиванием высушенной измельченной грязи через сита с размерами квадратных ячеек d_1 и d_2 . Размеры частиц грязи варьировали в интервале значений d_1 – d_2 , которые составляли 0,5–1,5, 4–6, 8–10 и 12–14 мм. Средний размер частиц экстрагируемой грязи определяли как

$$d_{\text{ср}} = (d_1 + d_2) / 2 \quad (4)$$

Экспериментально доказано, что при массовом соотношении сырье : экстрагент γ , равном 1 : 10, и однократной экстракции в условиях наступления динамического равновесия в системе степень извлечения экстрактивных веществ (липидов) из грязи составляет около 90%. Для ее повышения необходимо значительно увеличить соотношение γ . Так,

при $F_{\text{л}} = 95\%$ величина γ составит примерно 1 : 20, что значительно усложнит процесс получения липидов. В связи с этим все эксперименты по изучению влияния технологических параметров на выход и качество липидов проводились при $\gamma = 1 : 10$ и $\lambda = 1$. При изучении зависимости выхода липидов от времени, параметров γ и λ проводили процесс ремацерации (ступенчатого настаивания), т. е. сырье заливали не всем объемом экстрагента, а по частям, последовательно.

Достоверность значений экспериментальных результатов оценивали по критерию Стьюдента.

Критерии оптимизации технологических параметров

Оптимизация большого количества взаимосвязанных параметров – сложная задача, для решения которой необходимо, прежде всего, установить диапазоны изменения значений параметров. В свою очередь, они определяются технологическими возможностями, качеством конечной продукции и затратами на ее получение.

Так, при экстракции грязи с влажностью $W > 20\%$ происходит “набухание” глинистых частиц, что ограничивает пропускную способность грязи. Кроме того, при данной влажности происходит “обводнение” экстрагента, что приводит к его потере, увеличению температуры и времени испарения, а, следовательно, к ухудшению качества и увеличению себестоимости липидного концентрата [5, 8].

Максимальная температура экстракции T_3 ограничивается температурой кипения экстрагента.

Нижняя граница размера частиц грязи d_1 определяется способностью экстракта проходить через слой грязи и временем его фильтрования, а верхняя (d_2) – временем экстракции и зависящей от него полнотой извлечения. Так, при получении “чистого” (не содержащего частиц грязи) экстракта липидов из высушенной грязи с $d_1 < 0.5$ мм значительно увеличивается время фильтрования экстракта, что приводит к дополнительным затратам.

Минимальное соотношение $\gamma = 1 : 2$ выбрано из условия, что при проведении процесса экстракции экстрагент должен полностью скрывать поверхность грязи.

При увеличении параметра γ и/или λ возрастает выход липидов $f_{\text{л}}$, а, следовательно, энергозатраты на испарение растворителя.

Немаловажное значение имеет выбор объемных соотношений растворителей (α) при экстракции грязи, поскольку стоимость хлороформа в 5–6 раз превышает стоимость этилового спирта. В этой связи нами также изучено влияние параметра α на выход и качество липидов.

Температура сушки и экстракции, размеры частиц высушенной грязи и ее влажность, объемное соотношение растворителей оказывают влияние не только на процесс экстракции, но и на качество липидов.

При изучении и оптимизации каждого технологического параметра, определяющего выход и качество липидов, необходимо учитывать себестоимость конечного продукта ($C_{\text{к}}$), которая определяется следующим образом:

$$C_{\text{к}} = (\Pi_{\text{г}} + \Phi) / m_{\text{к}} \quad (5)$$

где $\Pi_{\text{г}}$ – цена экстрагируемой грязи; Φ – затраты на получение сухого ЛК массой $m_{\text{к}}$.

Изучение и оптимизация параметров технологического процесса получения ЛК проводились из условия получения ЛК регламентированного качества с учетом себестоимости $C_{\text{к}}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Максимальный выход липидов в нативной грязи составил 0.46 %, содержание β -каротина в извлечениях и суммарное содержание антиоксидантов – 3.48 и 0.38 моль/кг соответственно.

Влияние влажности грязи на выход и качественный состав липидов изучали при использовании образцов грязи с влажностью 5, 10, 15, 20 и 30 %. Извлечение липидов проводили при $T_3 = 25$ °С, $\alpha = 1 : 1$, $\gamma = 1 : 10$. Время экстракции t_3 составляло 60 мин. Средний размер частиц высушенной грязи $d_{\text{ср}} = 1.0$ мм. Грязь сушили конвективным методом при температуре 40 °С.

Результаты исследования зависимости выхода липидов, содержания β -каротина и суммарного содержания антиоксидантов от влажности грязи представлены на рис. 1. Видно, что наибольший выход липидов из грязи с максимальным содержанием антиоксидантов получен при влажности грязи

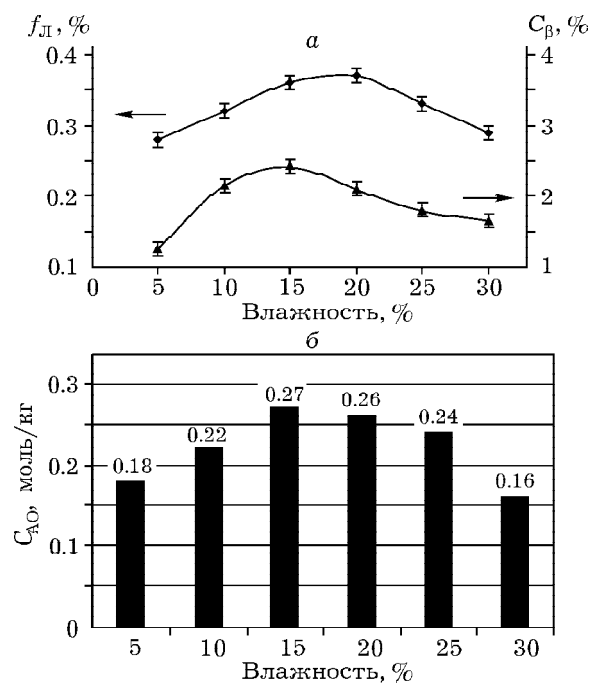


Рис. 1. Зависимость выхода липидов $f_{л}$, содержания β -каротина C_{β} (а) и суммарного содержания антиоксидантов $C_{АО}$ (б) от влажности грязи. $T_c = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, $\gamma = 1 : 10$, $\alpha = 1 : 1$, $T_s = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_s = 60 \text{ мин}$, $d_{cp} = 1.0 \text{ мм}$, $\lambda = 1$.

$W = 15\text{--}20 \%$. При этом максимальным содержанием β -каротина характеризуются липиды, выделенные из грязи с влажностью 15%. При уменьшении величины W до 5% выход липидов уменьшается более чем на 20%, при этом содержание β -каротина уменьшается в два раза, а антиоксидантов – на 30–32%. Вероятно, это связано с тем, что в процессе высушивания грязи в воздушной среде происходит окисление липидных веществ кислородом воздуха. Сушка сырья до $W = 5 \%$ приводит к образованию прочной структуры грязи, что затрудняет диффузию растворителя в сырье и извлекаемых веществ в жидкую фазу растворителя и, как следствие, приводит к снижению общего выхода липидов. При влажности грязи выше 20% общий выход липидов и содержание действующих веществ значительно снижаются. Так, содержание β -каротина и суммарное содержание антиоксидантов в липидах, выделенных из сырья с $W = 30 \%$, уменьшается более чем на 30%. Это может быть обусловлено тем, что вода переходит в фазу растворителя, повышая его полярность и снижая способность растворителя экстрагировать вещества неполярной природы.

Наличие остаточной влажности грязи играет существенную роль в сохранении качества липидов и препятствует окислению веществ липидной природы кислородом воздуха. Однако наличие влаги в грязи усложняет процесс получения липидов. При экстракции грязи с $W > 20 \%$ за счет слипания частиц образуются застойные зоны, что приводит к недоизвлечению липидов. Следует отметить, что удаление влаги из грязи приводит к существенным и необратимым изменениям более лабильной и, как правило, более биологически активной части липидов (см. рис. 1).

Необходимо также отметить, что экстракция грязи с $W > 20 \%$ приводит к увеличению удельных потерь растворителя, времени и температуры удаления растворителя.

Таким образом, для получения наибольшего выхода липидов с высоким содержанием β -каротина и антиоксидантов целесообразно использовать грязь с влажностью 15–20%. Однако оценки величины C_{κ} показали, что оптимальное значение влажности грязи составляет 15%.

При подготовке грязи для экстракции важно определить влияние кислорода воздуха и температурный диапазон сушки сырья на выход липидов и их свойства.

Влияние условий сушки на выход и качественный состав липидов изучали при использовании образцов грязи с $d_{cp} = 1.0 \text{ мм}$, высушенных конвективным и вакуумным методом при $T_c = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ до влажности, равной 15%. Извлечение липидов проводили при $T_s = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $\alpha = 1 : 1$, $\gamma = 1 : 10$, $t_s = 60 \text{ мин}$.

Из приведенных на рис. 2 данных видно, что выход липидов незначительно зависит от температуры сушки грязи T_c в интервале значений 30–60 $^\circ\text{C}$. Температура оказывает более сильное влияние на качественный состав липидов, особенно при конвективной сушке грязи. Так, увеличение T_c от 40 до 70 $^\circ\text{C}$ приводит к снижению содержания β -каротина в липидах на 44–46%, а суммарного содержания антиоксидантов – на 36–39%.

Также в качестве сравнения условий сушки использовали образцы грязи, высушенные конвективным и вакуумным методом до влажности $W = 5 \%$.

При сушке грязи в вакууме и атмосферном давлении до влажности 15% заметных различий в выходе липидов и содержании действующих веществ не наблюдается. Напро-

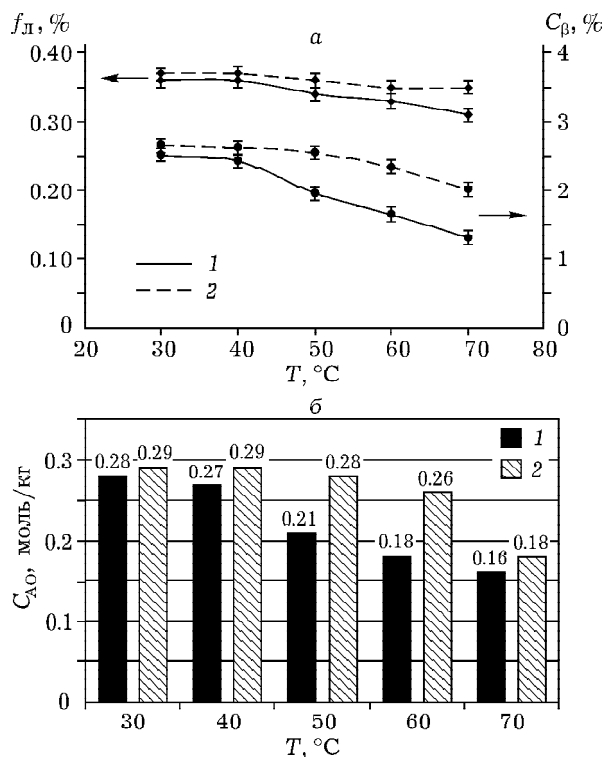


Рис. 2. Влияние условий сушки на выход липидов $f_{л}$, содержание β -каротина C_{β} (а) и суммарное содержание антиоксидантов C_{AO} (б). 1 – конвективный, 2 – вакуумный метод сушки. $T_c = 40^\circ\text{C}$, $W = 15\%$, $\gamma = 1 : 10$, $\alpha = 1 : 1$, $T_3 = 25^\circ\text{C}$, $t_3 = 60$ мин, $d_{cp} = 1.0$ мм, $\lambda = 1$.

тив, при высушивании грязи в вакууме до влажности 5 % по сравнению с конвективной сушкой выход липидов оказался выше на 21 %, содержание β -каротина – в 2 раза, а суммарное содержание антиоксидантов – на 40 % (табл. 1). Необходимо отметить, что хранение высушенной грязи при нормальных атмосферных условиях в течение 4–5 сут приводит к значительному снижению всех экстрактивных веществ независимо от способа сушки (см. табл. 1).

ТАБЛИЦА 1

Влияние метода сушки грязи на выход и качественный состав липидов.

Параметр	Продолжительность хранения грязи			
	2–4 ч		4–5 сут	
	Влажность грязи, %			
	15	5	15	5
$f_{л}, \%$	0.36/0.37	0.28/0.34	0.27/0.29	0.21/0.28
$f_{\beta}, \%$	2.43/2.61	1.05/2.09	1.75/1.89	0.84/1.46
$C_{AO}, \text{моль/кг}$	0.27/0.29	0.18/0.25	0.13/0.18	0.12/0.15

Примечание. Первое значение – при конвективном методе сушки, второе – при вакуумном.

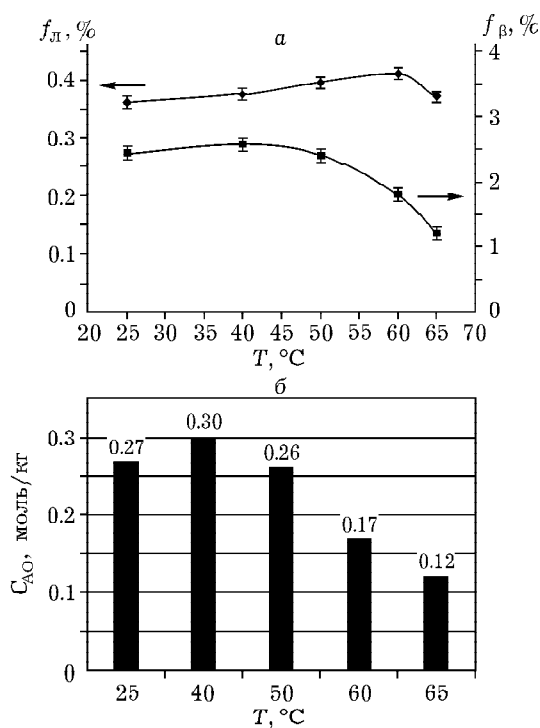


Рис. 3. Зависимость выхода липидов $f_{л}$ и β -каротина f_{β} (а), суммарного содержания антиоксидантов C_{AO} (б) от температуры экстракции. $T_c = 40^\circ\text{C}$, $W = 15\%$, $\gamma = 1 : 10$, $\alpha = 1 : 1$, $t_3 = 60$ мин, $d_{cp} = 1.0$ мм, $\lambda = 1$.

Таким образом, оптимальной является сушка грязи при атмосферном давлении до влажности $W = 15\%$.

Влияние температуры экстракции на выход и качественный состав липидов изучали при использовании грязи, высушенной конвективным методом до $W = 15\%$ при $T_c = 40^\circ\text{C}$. Экстракцию липидов проводили при $\alpha = 1 : 1$, $\gamma = 1 : 10$, $t_3 = 60$ мин, $d_{cp} = 1.0$ мм и температурах 25, 40, 50, 60 и 65°C (температура кипения растворителя при атмосферном давлении).

При увеличении температуры экстракции от 25 до 60 °С выход липидов возрастает на 13–15 % (рис. 3). Вероятно, это связано с тем, что при повышении температуры снижается вязкость экстрагента, усиливается процесс диффузии, что, соответственно, ускоряет процесс экстракции. При этом повышение T_3 приводит к разрушению термолабильных веществ липидной природы и уменьшению величин C_β и C_{AO} . Так, при увеличении T_3 от 40 до 65 °С содержание β -каротина уменьшается более чем на 50 %, а суммарное содержание антиоксидантов – в 2.5 раза. Таким образом, экстракцию грязи целесообразно проводить при температуре не более 40 °С.

Кривые зависимости выхода липидов от времени экстракции существенно различаются для разных размеров частиц грязи (рис. 4). Липиды выделяли из образцов грязи, высушенных конвективным методом при $T_c = 40$ °С до $W = 15$ % с размером частиц $d_{cp} = 1, 5, 9$ и 13 мм однократной экстракцией при $T_3 = 40$ °С, $\alpha = 1 : 1$, $\gamma = 1 : 10$.

Результаты показали, что при экстракции липидов из грязи с $d_{cp} = 1$ мм в течение 60 мин степень извлечения составляет 82–84 %. Увеличение времени экстракции до 90 мин приводит к повышению степени извлечения не более чем на 3–4 %. Дальнейшее увеличение времени экстракции практически не влияет на выход липидов.

Зависимость выхода липидов от времени экстракции грязи, соотношения сырье : экстрагент и кратности экстракции представле-

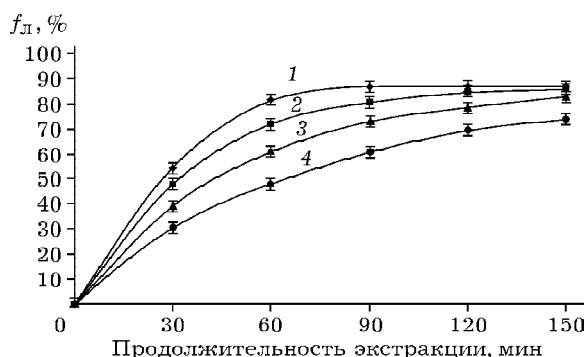


Рис. 4. Кинетика извлечения липидов при различных размерах частиц грязи, мм: 1 (1), 5 (2), 9 (3), 13 (4). $T_c = 40$ °С, $W = 15$ %, $\gamma = 1 : 10$, $\alpha = 1 : 1$, $T_3 = 40$ °С, $t_3 = 60$ мин, $\lambda = 1$.

ны в табл. 2 и на рис. 5. Экстракцию липидов проводили из грязи с $d_{cp} = 1$ мм.

Видно, что при экстракции сырья одинаковым количеством растворителя выход экстрактивных веществ при многократной экстракции выше по сравнению с выходом при однократной экстракции. Так, экстракция грязи при $\gamma = 1 : 5$ и $\lambda = 2$ позволяет извлечь до 92 % липидов, что на 9 % больше, чем при однократной экстракции всем объемом (см. табл. 2).

Однако заметим, что при $\gamma = 1 : 5$ увеличение времени второй экстракции более чем на 30 мин приводит к незначительному повышению степени извлечения липидов, т. е. дальнейшее увеличение времени экстракции нецелесообразно. Процесс каждой экстракции необходимо завершать до момента насыщения экстрагента растворимыми в нем веществами. Таким образом, при $\gamma = 1 : 5$ оптимальное время экстракции грязи соответствует общему времени, равному 90 мин.

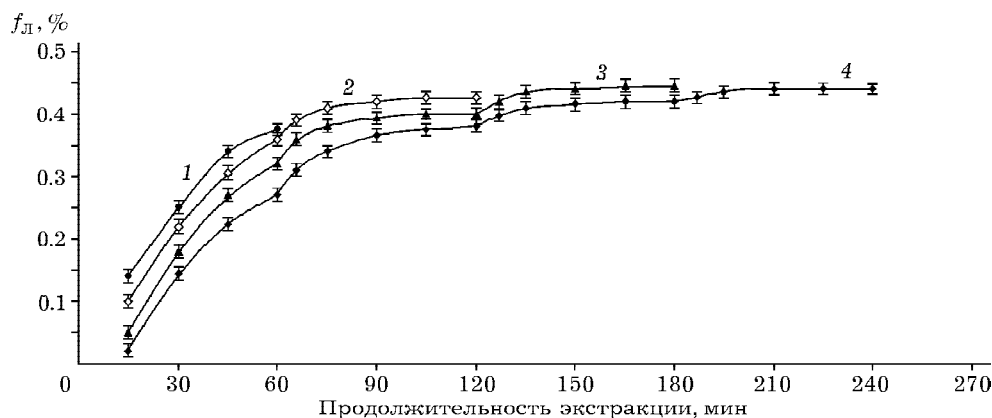


Рис. 5. Зависимость кинетики извлечения липидов от величин γ и λ : 1 – $\gamma = 1 : 10$, $\lambda = 1$; 2 – $\gamma = 1 : 5$, $\lambda = 2$; 3 – $\gamma = 1 : 3$, $\lambda = 3$; 4 – $\gamma = 1 : 2$, $\lambda = 4$. $T_c = 40$ °С, $W = 15$ %, $\alpha = 1 : 1$, $T_3 = 40$ °С.

ТАБЛИЦА 2

Выход липидов в зависимости от кратности экстракций (λ), времени каждой экстракции ($t_э$), общего времени экстракции ($t_{общ}$) и массового соотношения сырье : экстрагент (γ)

λ	$t_э$, мин	$t_{общ}$, мин	$f_{л}$ ($F_{л}$), %, при соотношении γ :			
			1 : 10	1 : 5	1 : 3	1 : 2
1	30	30	0.25 (54)	0.22 (48)	0.18 (39)	0.15 (33)
	45	45	0.34 (74)	0.31 (67)	0.27 (59)	0.22 (48)
	60	60	0.38 (83)	0.36 (78)	0.32 (70)	0.27 (59)
2	15	75	–	0.41 (89)	0.38 (83)	0.34 (74)
	30	90	–	0.42 (91)*	0.39 (85)*	0.36 (78)
	45	105	–	0.425 (92)	0.395 (86)	0.38 (83)*
	60	120	–	0.425 (92)	0.40 (87)	0.38 (83)
3	15	135	–	–	0.435 (95)*	0.41 (89)
	30	150	–	–	0.44 (96)	0.415 (90)*
	45	165	–	–	0.44 (96)	0.42 (91)
	60	180	–	–	0.44 (96)	0.42 (91)
4	15	195	–	–	–	0.435 (95)*
	30	210	–	–	–	0.44 (96)
	45	225	–	–	–	0.44 (96)
	60	240	–	–	–	0.44 (96)
5	15	255	–	–	–	–
	30	270	–	–	–	–
	45	285	–	–	–	–
	60	300	–	–	–	0.44 (96)

*Оптимальное время экстракции для каждой кратности экстракции.

Аналогичным образом определено оптимальное время экстракции грязи при $\gamma = 1 : 3$ и $\lambda = 3$ и при $\gamma = 1 : 2$ и $\lambda = 5$, которое составило 105 и 150 мин соответственно. Степень извлечения липидов в обоих случаях составляет 93–95 % (см. табл. 2).

Оценки затрат на извлечение липидов показали, что экстракцию грязи целесообразно проводить при следующих условиях: массовое соотношение сырье : экстрагент $\gamma = 1 : 3$, кратность экстракции $\lambda = 3$, общее время экстракции 105 мин (продолжительность первой экстракции 60 мин, продолжительность второй – 30, третьей – 15 мин). При этом степень извлечения липидов составляет 93–95 %.

Очевидно, что при различных объемных соотношениях экстрагентов (α) изменяется не только качественный и количественный состав ЛК, но и его себестоимость ввиду существенных различий в стоимости хлороформа и этилового спирта.

На рис. 6 представлена зависимость выхода липидов и его качественного состава от

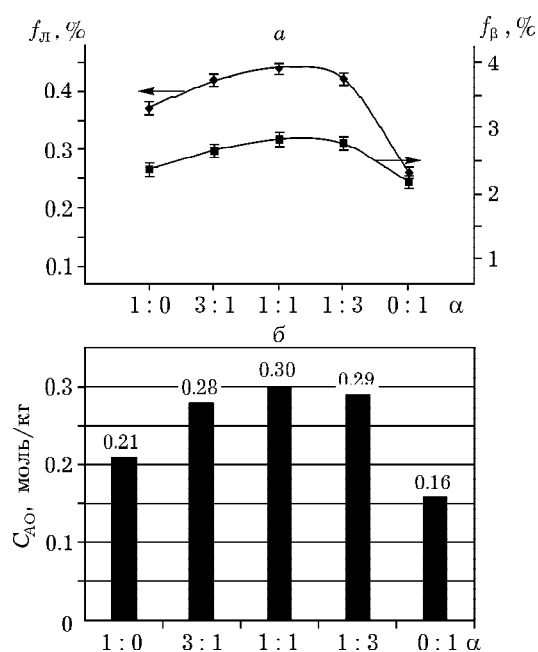


Рис. 6. Зависимость выхода липидов $f_{л}$, β -каротина f_{β} (а) и суммарного содержания антиоксидантов $C_{АО}$ (б) от объемного соотношения компонентов экстрагента α . $T_c = 40^\circ C$, $W = 15\%$, $\gamma = 1 : 3$, $t_э = 105$ мин, $d_{cp} = 1.0$ мм, $\lambda = 3$.

ТАБЛИЦА 3

Данные по степени извлечения липидов $F_{л}$, β -каротина F_{β} и суммарному содержанию антиоксидантов $C_{АО}$ в зависимости от объемного соотношения компонентов растворителя α ($T_c = 40$ °С, $W = 15$ %, $\gamma = 1 : 3$, $\lambda = 3$, $T_3 = 40$ °С, $t_{общ} = 105$ мин)

Параметр	α				
	1 : 0	3 : 1	1 : 1	1 : 3	0 : 1
$F_{л}$, %	82	91	94	92	55
F_{β} , %	68	76	81	79	62
$C_{АО}$, моль/кг	0.21	0.28	0.30	0.29	0.16

объемных соотношений компонентов экстрагента. Видно (см. рис. 6 и табл. 3), что максимальная степень извлечения действующих веществ достигается при использовании смеси растворителя с объемным соотношением компонентов $\alpha = 1 : 1$. При экстракции липидов смесью с $\alpha = 3 : 1$ степень извлечения липидов меньше на 3 %, а β -каротина – на 5 %, чем в случае использования эквиобъемной смеси. При этом затраты на извлечение липидов меньше в 1.5 раза, поэтому оптимальное соотношение компонентов экстрагента составляет $\alpha = 3 : 1$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены оптимальные условия получения липидов из лечебной грязи оз. Тухлое (Новосибирская обл.): средний размер частиц грязи 1 мм, конвективный способ сушки, температура сушки грязи 40 °С, влажность экстрагируемой грязи 15 %, температура экстракции 40 °С, объемное соотношение этилового спирта и хлороформа $\alpha = 3 : 1$; массовое соотношение сырья : экстрагент = 1 : 3; кратность экстракции $\lambda = 3$; общее время экстракции 105 мин. При этом степень извлечения липидов достигает 91 %, β -каротина – 76 %, а содержание антиоксидантов составляет 0.28 моль/кг.

Использование в качестве экстрагента смеси растворителей с $\alpha = 1 : 1$ позволяет извлечь на 3–5 % больше действующих веществ, при этом затраты на их получение возрастают в 1.5 раза.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и создании промышленной установки по получению липидного концентрата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Буркова В. Н. Липиды внутриконтинентальных субаквальных отложений и их роль в формировании нефтей неморского типа: Дис. ... д-ра хим. наук. Томск, 1998.
- 2 Матис Е. Я. Каротиноиды современных осадков как предшественники нефтяных соединений. Дис. ... канд. хим. наук. Томск, 1989.
- 3 Саратиков А. С., Буркова В. Н., Венгеровский А. И., Кураколова Е. А. Новые гепатопротективные и противовоспалительные препараты из пелоидов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004.
- 4 Логвинов С. В., Арий Е. Г., Байтингер В. Ф. Патологические кожные рубцы. Томск: Печатная мануфактура, 2004.
- 5 Матис Е. Я., Кураколова Е. А., Буркова В. Н. // Геохимия. 1986. № 9. С. 1366.
- 6 Саратиков А. С., Буркова В. Н., Венгеровский А. И. // Сиб. онкол. журн. 2002. № 1. С. 70.
- 7 Цепалов В. Ф., Харитонов А. А., Гладышев Г. П., Эмануэль Н. М. // Кинетика и катализ. 1977. Т. 18. С. 1261.
- 8 Моисеенко А. А., Бышевский А. Ш. // Вопр. курортологии и физиотерапии. 1977. № 3. С. 70.