

Введение Исследованию влияния омега-3 жирных кислот на организм человека было посвящено множество работ [1, 2]. В данных исследованиях говорится о положительном влиянии от употребления человеком рыбьего жира, основного источника омега-3, на поддержание здоровья и профилактики различных заболеваний. В частности, предотвращение сердечного приступа, снижение уровня холестерина в крови, помощь организму в лечении аритмии, атеросклероза, воспалительных процессов, онкологических заболеваний [3]. Важнейшими омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами являются: альфа-линоленовая кислота (АЛК), эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) и докозагексаеновая кислота (ДГК). Рис. 1 - Структура основных омега-3 полиненасыщенных жирных кислот

До недавнего времени основным источником омега-3 в фармацевтике являлся рыбий жир. Однако данные жирные кислоты не синтезируются организмами рыб, они поступают туда вместе с микроводорослями. В настоящее время именно микроводоросли являются основным источником жирных кислот омега-3. Для извлечения этих ценных компонентов применяют различные виды экстракции. Наиболее совершенным на данный момент считается сверхкритическая флюидная экстракция с диоксидом углерода в качестве экстрагента [4, 5, 6]. Эффективное экстрагирование характеризуется максимальным выходом целевого компонента, а также оптимальными по энергозатратам параметрами проведения процесса. Для определения оптимальных параметров проведения процесса, в том числе необходимы данные по теплофизическим свойствам компонентов системы. Данная работа посвящена исследованию коэффициентов теплопроводности рыбьего жира, данные по которым отсутствуют литературе. Материалы и методы исследования В качестве исследуемого вещества используется рыбий жир OMEGA-3 "950" ($n_{D25} = 1,4792$, $\rho_{425} = 904,8$ кг/м³), производитель SOLGAR VITAMINE AND HERB, со следующим составом: эйкозапентаеновая кислота (ЭПК) 53,05 % (масс.), докозагексаеновая кислота (ДГК) 39,79 % (масс.), вспомогательные вещества (желатин, глицерин, смесь токоферолов) 7,16 % (масс.) Исследования коэффициентов теплопроводности были проведены на автоматизированной экспериментальной установке, реализующей метод нагретой нити [7]. Расчетная формула метода имеет вид: (1) где λ - коэффициент теплопроводности исследуемого образца, Вт/(м·К), -геометрическая постоянная измерительной трубки, 1/м; $Q = I_{пр} \cdot U_{пр}$ - количество тепла, выделяемое нагревателем, ватт; $\Delta t = t_{пр} - t_{ст}$ перепад температур в слое исследуемой жидкости; $t_{пр}$ - температура нагретой нити; $t_{ст}$ - температура стенки. Для проверки работоспособности экспериментальной установки были проведены контрольные измерения по определению коэффициентов теплопроводности октана ($n_{D20} = 1,3974$), толуола марки ЧДА, воздуха и дистиллированной воды ($n_{D20} = 1,3331$; $\rho_{420} = 998,2$ кг/м³) в диапазоне температур 275-350 К и давлений до 20 МПа [8, 9]. Результаты контрольных измерений показали

отклонение от литературных данных в пределах суммарных ошибок измерения [10, 11]. Экспериментальная часть Исследование теплопроводности рыбьего жира в интервале температур 298-363 К и давлений до 30 МПа было проведено на экспериментальной установке, реализующей метод нагретой нити, конструкция основных узлов которой, а также расчетная формула метода измерения и методика подробно описаны в [8, 12]. Результаты исследования и обсуждение В общем случае, для большинства жидкостей, теплопроводность снижается с ростом температуры и возрастает с ростом давления. Данное поведение обусловлено изменением в расстоянии между молекулами вещества, что имеет существенное влияние на перенос тепла от одного изотермического слоя к другому. Анализ результатов экспериментальных данных показывает, что данная закономерность сохраняется и в нашем случае. Как видно из рисунка 2, для исследуемого образца рыбьего жира зависимость теплопроводности от давления имеет практически линейный характер. Рис. 2 - Зависимость коэффициента теплопроводности λ исследуемого образца от давления P при температуре: 1 - 313К; 2 - 333К; 3 - 353К; 4 - 373К Рис. 3 - Зависимость коэффициента теплопроводности λ исследуемого образца от температуры при давлении: 1 - 0,098 МПа; 2 - 4,9 МПа; 3 - 9,8 МПа; 4 - 14,7 МПа; 5- 19,6 МПа; 6 - 24,5 МПа; 7 - 29,4 МПа Рисунок 3 показывает нелинейное поведение зависимости теплопроводности от температуры. В начале диапазона наблюдается небольшой рост (1-1,5 %) с максимумом при температуре 330К, затем с ростом температуры теплопроводность снижается. Такое поведение характерно для ассоциированных жидкостей с ОН группой. Для описания экспериментальных данных было использовано уравнение Тейт-типа (2). Данные уравнения были неоднократно успешно использованы для описания различных термодинамических [13] и переносных свойств (вязкость, теплопроводность) [14]. (2) где $l(T, p)$ - коэффициент теплопроводности исследуемого вещества при параметрах температуры T и давления p ; $l(T, p_0)$ - коэффициент теплопроводности исследуемого вещества при температуре и давлении p_0 ; p_0 - атмосферное давление = 0,098 МПа; A и B - параметры уравнения, приведены в таблице 1. Таблица 1 - Параметры уравнения Тейта T, K A B 313,15 0,4995 259,88 333,15 0,6457 308,65 353,15 0,5139 220,11 363,15 0,473 191,25 373,15 0,5084 197,02 Рассчитанные по уравнению Тейта значения коэффициентов теплопроводности хорошо согласуются с данными, полученными эмпирически с предельным отклонением в 2%, что говорит о возможности использования данного уравнения для прогнозирования значений коэффициентов теплопроводности в более широком диапазоне изменения параметров состояния. Заключение В настоящей работе на основе экспериментальных данных установлена закономерность изменения коэффициентов теплопроводности рыбьего жира OMEGA-3 "950" от давления и температуры.