

Рис. 6 – Залежність вмісту твердої фази від часу кристалізації при 20 °С

Дослідивши, ми бачимо, що модель адекватно описує факторний простір експерименту.

Таким чином, запропоноване аналітичне рівняння, яке описує кінетику кристалізації жирів, збагачених діацилгліцерином, що дозволить на підприємствах грамотно складати технологічний регламент на виробництво продуктів харчування лікувально-профілактичного та функціонального призначення.

Література

1. Flickinger B. D. Nutritional characteristics of DAG oil / B. D. Flickinger, N. Matsuo // *Lipids*. – 2003. – Vol. 38. – P. 129–132.
2. Hidekatsu Y. Diacylglycerol oil for the metabolic syndrome / Y. Hidekatsu, Y. Tomono, K. Ito, N. Furutani, H. Yoshida, N. Tada // *Nutrition Journal*. – 2007. – Vol. 43, №2. – P.382–385.
3. Matsuo N. Nutritional characteristics and health benefits of diacylglycerol in foods / N. Matsuo // *Food Sci. Technol. Res.* – 2004. – Vol. 10, № 2. – P. 103 – 110.
4. Saito S. Dietary 1,3 diacylglycerol protects against diet-induced obesity and insulin resistance / S. Saito, A. Hernandez-Ono, H. N. Ginsberg // *Metabolism Clinical and Experimental*. – 2007. – Vol. 56, № 11. – P. 1566 – 1575.
5. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состава и свойства, применение / Р.О'Брайен; пер. с англ. 2-го изд. В. Д. Широкова, Д. А. Бабейкиной, Н.С. Селивановой, Н.В. Магды. – СПб.: Профессия, 2007. – 752 с.
6. Wright A. J. Effect of DAG on milk fat TAG crystallization / A. J. Wright, A. G. Marangoni // *JAOCs*. – 2002. – Vol. 79, №4. – P. 395–402.
7. AOCS. In: Firestone D, editor. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemist's Society. 5th ed. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society (AOCS), 2003.
8. Foubert I. Dynamic mathematical model of the crystallization kinetics of fats / I. Foubert, P.A. Vanrolleghem, B. Vanhoutte, K. Dewettinck // *Food Research International*. – 2002. – Vol. 35, № 10. – P. 945 – 956.
9. Foubert I. Modelling of the crystallization kinetics of fats / I. Foubert, K. Dewettinck, P.A. Vanrolleghem // *Trends in Food Science & Technology*. – 2003. – Vol. 14, № 3. – P. 79 – 92.
10. Widlak N. Crystallization and solidification properties of lipids / N. Widlak, R. W. Hartel, S. Narine. – USA: American Oil Chemists' Society (AOCS), 2001. – 246 p.

УДК 665.215:668.3.317

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ АКУЛЯЧОГО ПЕЧІНКОВОГО ЖИРУ

**Дубинець К.О., здобувач, Федак Н.В., канд. техн. наук, доцент
Харківський державний університет харчування та торгівлі**

У роботі розглядається можливість очищення нативного жиру печінки чорноморської акули катран і підвищення його біологічної цінності методом низькотемпературної кристалізації. Розроблений метод може бути рекомендований для впровадження на підприємствах, що освоюють біологічно активні добавки даного виду сировини.

Ключові слова: полиненасичені жирні кислоти, протосубтилін ГХ-20, тригліцириди, кристалізація, біологічно активні добавки, центрифугування жиру.

Постановка проблеми і її зв'язок з найважливішими науковими та практичними завданнями.

Раніше нами була описана технологія отримання риб'ячого жиру, зокрема з печінки чорноморської акули катран, шляхом ферментативного розщеплювання білкової сполучної тканини жирових кліток ферментом протосубтилін ГХ-20 при температурі не вище 55 °С [1]. Отриманий за цією технологією жир вологу і невелику кількість домішок нежирового характеру. Візуально жир не прозорий. Вихід складає в середньому 68 % від маси печінки направленою на переробку або до 90 % від вмісту жиру в сирій печінці.

Дослідження жирнокислотного складу жиру. Проведені нами аналізи методом спектрофотометрії за Криловою Н.Н. [2] показали, що у складі отриманого жиру кількість насичених жирних кислот схильна до сезонних коливань, складаючи в червні – 8,2 %, у грудні – 24,6 % від загальної кількості жирних кислот.

Також відомо, що біологічну активність жиру визначають, перш за все, полиненасичені жирні кислоти (ПНЖК) з двома і більше подвійними зв'язками в молекулі [3].

У зв'язку з цим, метою наших робіт є дослідження такого методу доопрацювання жиру сирцю, який дозволить видалити вологу, домішки нежирового характеру і підвищити вміст в ньому ПНЖК.

Виклад основного матеріалу досліджень. Найбільш перспективним для вирішення цього завдання, з погляду ефективності і технологічності, на нашу думку, є метод низькотемпературної кристалізації з подальшим центрифугуванням жиру.

Передумовою для розробки такого методу є те, що ліпіди з більш ненасиченим жирнокислотним складом на відміну від більш насичених ліпідів кристалізуються при нижчій температурі. Тобто, якщо поступово знижувати температуру жиру, то в першу чергу викристалізуюватимуться тугоплавкі триглицериди, які, як показали дослідження, можливо, відокремлюватися центрифугуванням.

Кристалізація жиру здійснювалася нами в спеціальному при температурі від мінус 4 до мінус 6 °С. Під час охолодження жир рівномірно перемішували для у всьому об'ємі (швидкість обертання – (20–25) об/хв. За цих умов повна кристалізація НЖК відбувається за 5–6 годин (таблиця 1).

Таблиця 1 – Вихід тугоплавких триглицеридів залежно від температури і часу охолодження жиру (у %)

Час охолодження, година	Температура охолодження, °С	
	0 – мінус 1	мінус 4 – мінус 6
1	відсутній	відсутній
2	відсутній	відсутній
3	відсутній	8,9-11,5
4	3,5-4,5	11,5-14,0
5	6,6-7,0	14,1-15,5

Охолоджений жир негайно було відправлено на центрифугу, де під дією відцентрових сил він розділявся на дві фракції – ненасичена частина жиру і опад тугоплавких триглицеридів (НЖК). При цьому слід мати на увазі, що центрифуга повинна бути рефрижераторною або встановлена у приміщенні з температурою близько 0 °С.

У результаті експериментальних робіт по фракціонуванню жиру при різних (від 1000 до 5000 об/хв) і часі центрифугування (від 15 до 30 хв) встановлено, що найбільший вихід тугоплавких триглицеридів спостерігається при 5000 об/хв протягом 30 до 15,5 % до маси жиру напівфабрикату (табл. 2).

Таблиця 2 – Фракціонування печінки акули жиру при різних обертах і часі центрифугування

Обороти / хв	Чинник розділення	Вихід тугоплавких гліцеридів % масі жиру			Кількість видаленої вологи, %
		Час центрифугування, хв			
		15 хв	20 хв	30 хв	
1000	135	відсутні	відсутні	відсутні	–
2000	535	відсутні	відсутні	відсутні	–
3000	1209	6,5–7,5	8,0–9,0	10,0–12,5	0,25
4000	2150	9,0–11,5	12,0–12,5	13,0–13,5	0,20
5000	3355	13,0–14,0	14,0–14,5	14,5–15,5	0,20

Як з таблиці 3 після охолодження і фракціонування жиру напівфабрикату в нестиглій фракції жиру збільшується зміст ПНЖК з 26,4 (у початковому жирі п/ф) до 30,0 (у квітні), з 20,2 до 31,0 (у червні), з 21,3 до 27,0 (у жовтні), з 26,0 до 29,0 (у листопаді) і з 25,6 до 30,0 % (у грудні), тобто більш ніж на 10,0 %. За рахунок перерозподілу жирних кислот за фракціями в основному збільшується зміст біологічно активних кислот гексаєнової і ліноленової. Загальна ненасиченість рідкої фракції зростає з 122,2–138,0 до (131,0–145,0) % J₂.

У фракції тугоплавких триглицеридів навпаки зменшується зміст ПНЖК і збільшується зміст НЖК з (7,0-20,0) % і ненасиченість тугоплавкої фракції складає (112,5–127,5) % J₂.

Зміст неомилуючих речовин до і після очищення жиру практично не міняється (11,0–14,0 %), зокрема біологічно активні алкилгліцероли складають (8,6-12,5) % (табл. 3).

Очищений фракціонуванням печінковий жир акули ПНЖК і алкилгліцеролів містить вітамін А (500-550 МЕ в 1 г). Два інших важливих жиророзчинних вітаміни Д і Е в ньому відсутні. При розробці рецептур біологічно активних харчових добавок на основі цього жиру, вказані вітаміни можуть бути внесені у вигляді концентратів в дозуваннях рекомендованих гігієнічними нормами. Крім того, для посилення лікувальної дії, жир може бути збагачений такими компонентами як β-каротин, лецитин, лікопін або ліпідними екстрактами лікарських рослин.

Таблиця 3 – Характеристика печінкового жиру до і після фракціонування з урахуванням місяця вилову акул – катран

Показники якості жиру		Місяць вилову акул-катран								
		квітень			червень			жовтень		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Зміст ненасичених жирних кислот, в %	22:6	7,4	8,2	3,6	1,9	5,8	4,3	7,3	9,4	6,3
	22:5	6,6	4,9	4,4	3,7	4,4	3,1	3,9	4,5	3,3
	20:4	5,5	7,8	4,8	4,2	5,0	4,0	4,8	4,3	5,2
	18:3	2,5	3,4	4,2	5,4	7,4	6,6	2,5	3,8	3,8
	18:2	4,4	5,6	3,9	5,0	8,4	7,0	2,8	5,0	4,6
	18:1	44,6	45,1	48,1	67,2	57,6	59,0	58,2	54,0	54,4
Сума ПНЖК, %		26,4	29,9	20,9	20,2	31,0	25,0	21,3	27,0	23,2
Сума НЖК %		24,6	20,6	26,6	14,5	7,0	15,6	16,1	14,6	18,0
Йодне число % J ₂		138,0	144,0	114,0	122,0	131,0	112,5	130,0	145,0	127,5
Алкилгліцероли, %		-	-	-	-	-	-	10,9	12,5	11,6
Неомилуючі речовини, %		-	-	-	-	-	-	14,4	14,2	14,0
Показники якості жиру		Місяць вилову акул-катран								
		листопад			грудень					
		1	2	3	1	2	3			
Зміст ненасичених жирних кислот, в %	22:6	5,6	7,8	2,8	6,8	8,4	5,4			
	22:5	4,2	6,2	3,2	4,8	4,5	4,4			
	20:4	4,5	4,3	4,3	3,8	4,6	3,7			
	18:3	5,0	3,8	6,9	4,4	6,0	3,3			
	18:2	6,8	6,9	5,3	5,8	6,5	3,7			
	18:1	45,6	49,5	45,6	43,1	49,6	50,5			
Сума ПНЖК, %		26,1	29,0	22,5	25,6	30,0	20,5			
Сума НЖК %		23,9	17,1	27,5	26,9	16,0	24,6			
Йодне число % J ₂		125,0	143,0	110,0	125,0	145,0	115,0			
Алкилгліцероли, %		8,6	8,9	9,0	10,5	11,0	10,8			
Неомилуючі речовини, %		11,6	11,2	11,0	14,0	13,3	13,0			

Де 1 – жир вихідний (нативний);
 2 – жир очищений від тугоплавких тригліцеридів;
 3 – фракції тугоплавких тригліцеридів.

Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є проведення досліджень з розробці конкретних рецептур біологічно активних добавок на основі жиру печінки чорноморської акул катран з підвищенням його активності за рахунок використання вітамінів.

Висновки

1. Вміст біологічно активних поліненасичених жирних кислот у нативному жирі печінки чорноморської акул катран може бути підвищений шляхом його низькотемпературного розділення на фракції. Одночасно з жиру виводяться залишки вологи і домішки не жирового характеру.
2. Додатково жир катрана може бути збагачений внесенням до нього вітамінів Д і Е, а також β-каротину, лецитину, лікопіну і ліпідних екстрактів лікарських рослин.

Література

1. Дубинець К.О. Спосіб отримання біологічно активного жиру з печінки хрящових риб. Патент на корисну модель № 32061, бюл. № 9, 2008р. от 12.05.2008. Державний департамент інтелектуальної власності.
2. Крылова Н.И., Ляскова Ю.Н. Физико-химические методы исследования продуктов животного происхождения. – М.: Пищепромиздат, 1961. – 223 с.
3. Гичев Ю.Ю., Гичев Ю.П. Руководство по биологически активным пищевым добавкам. – М.: «Триада-Х», 2001. 108-114 с.