

## ВПЛИВ ВИХРОВОГО ШАРУ ФЕРОМАГНІТНИХ ЧАСТИНОК ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Капліна Т.В., канд. техн. наук, Положишникова Л.О., асистент  
Полтавський університет споживчої кооперації, м. Полтава

*Робота присвячена дослідженню впливу вихрового шару феромагнітних частинок електромагнітного поля (ВШФЧ+ЕМП) на показники якості олії соняшникової рафінованої дезодорованої, що використовується для приготування соусів емульсійного типу, емульсії для змащування хлібопекарських форм, для приготування комбінованих емульсій для пісочного печива. Визначено раціональний інтервал такого виду обробки, який не викликає зміни якісних показників олії. Встановлено вплив ВШФЧ+ЕМП на структурні показники соняшникової олії у залежності від тривалості обробки*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Удосконалення технологічних процесів виробництва харчової продукції пов'язано з вирішенням широкого кола завдань: зменшення енерговитрат, інтенсифікацією стадій технологічного процесу, впровадженням новітнього обладнання, науково-технічних досягнень. З огляду на це перспективним є використання апаратів, які застосовують принципи ВШФЧ+ЕМП, що дозволяє значно прискорити хімічні та фізичні процеси, збільшити вихід продукції, підвищити її якісні показники.

Наявність у ВШФЧ+ЕМП інтенсивного перемішування, швидко перемінних за величиною та напрямком електромагнітних полів, акустичних коливань, а також високих локальних тисків, приводить до інтенсифікації процесів перемішування багатокомпонентних систем, диспергування фаз при отриманні золів, емульсій та суспензій [13].

**Аналіз останніх публікацій** вітчизняних вчених з даної проблеми [3,9,11] свідчить про широкі напрямки використання такої обробки (ВШФЧ+ЕМП) для інтенсифікації процесів отримання емульсій, що використовуються для змащення хлібопекарських форм; активації дріжджів; вилучення соку з ягід. Доведено позитивний вплив використання даного способу обробки на показники якості розробленої продукції, зміни жирнокислотного складу кукурудзяної олії та вершкового масла у залежності від тривалості обробки [10].

**Мета та завдання статті.** Метою досліджень було вивчення впливу ВШФЧ+ЕМП на фізико-хімічні показники олії соняшникової рафінованої дезодорованої, яка виступає в якості дисперсної фази при створенні емульсійних систем. Її якість обумовлює органолептичні та фізико-хімічні показники готової продукції.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Встановлено, що при обробці компонентів у ВШФЧ+ЕМП у місцях співударяння феромагнітних частинок виникають тиски до тисячі МПа, збільшується вільна енергія. Питома міцність, яка підводиться до одиниці об'єму, досягає порядку  $10^3$  кВт/м<sup>3</sup>. Створюються умови для протікання фізичних та хімічних процесів, які можуть значно впливати на зміну хімічних та фізичних властивостей жирів [13]. У зв'язку з цим існувала необхідність дослідження фізико-хімічних змін, які відбуваються при застосуванні запропонованого способу обробки.

Об'єктами досліджень була олія соняшникова рафінована дезодорована торгової марки «Кама». В якості контролю використано олію соняшкову рафіновану дезодоровану без обробки, в якості дослідних зразків – олію, оброблену на РТ-2 та у ВШФЧ+ЕМП протягом (10..50) с з інтервалом 20 с. Критеріями впливу електрофізичного способу обробки виступали якісні показники олії: жирнокислотний склад, кислотне (КЧ), пероксидне (ПЧ), анідинове число (АЧ), інтегральний показник якості (число "totox"), вміст транс-ізомерів та щільність олії. Ці показники визначали за стандартними методиками [1,4,5,6,7,8,14]. Результати проведених досліджень наведені у табл. 1-4 та рис. 1.

Аналіз отриманих даних свідчить, що жирнокислотний склад ліпідів соняшникової олії характеризувався вмістом насичених та ненасичених (мононенасичених і поліненасичених) жирних кислот. Їх кількість змінювалася в залежності від способу та тривалості оброблення у ВШФЧ+ЕМП. При цьому спостерігалось перегрупування частки жирних кислот. В кожній з груп були домінуючими певні жирні кислоти. Для насичених жирних кислот – це пальмітинова – (12,4920; 15,7856; 15,7473; 15,6429; 14,5629) %; стеаринова – (6,0930; 7,6623; 7,6516; 7,4982; 7,1526) % і бегенова – (1,2562; 1,6745; 1,6630; 1,5768 та 1,4727) % жирні кислоти.

Таблиця 1 – Зміна жирнокислотного складу олії соняшникової в залежності від тривалості оброблення у ВШФЧ+ЕМП, %

Найменування жирних кислот	Індекс жирної кислоти	Олія без оброблення (контроль)	Олія, оброблена на лабораторній мішалці	Вміст жирних кислот при тривалості оброблення у ВШФЧ+ ЕМП, с		
				10	30	50
<b>Насичені</b>						
Каприлова	C <sub>8:0</sub>	-	0,0153	0,0142	0,0143	0,0181
Пеларгонова	C <sub>9:0</sub>	0,0657	0,0703	0,0719	0,0689	0,0481
Капринова	C <sub>10:0</sub>	0,0582	0,0640	0,0620	0,0469	0,0367
Ундецилова	C <sub>11:0</sub>	0,0393	0,0145	0,0165	0,0125	0,0119
Лауринова	C <sub>12:0</sub>	0,0277	0,0378	0,0383	0,0398	0,0327
Тридеканова	C <sub>13:0</sub>	0,0428	0,0119	0,0118	0,0121	0,0126
Міристинова	C <sub>14:0</sub>	0,1439	0,1734	0,1814	0,1634	0,1622
Ізоміристинова	C <sub>14:0</sub>	-	-	-	-	0,0282
Пентадеканова	C <sub>15:0</sub>	0,0197	0,0211	0,0240	0,0214	0,0434
Пальмітинова	C <sub>16:0</sub>	12,4920	15,7856	15,7473	15,6429	14,5629
Маргарінова	C <sub>17:0</sub>	0,0742	0,0768	0,0849	0,0923	0,1207
Стеаринова	C <sub>18:0</sub>	6,0930	7,6613	7,6516	7,4982	7,1526
Арахідова	C <sub>20:0</sub>	0,4923	0,8956	0,9199	0,8832	0,7118
Бегенова	C <sub>22:0</sub>	1,2562	1,6745	1,6630	1,5768	1,4727
Лігноцерінова	C <sub>24:0</sub>	0,3440	0,4535	0,5185	0,4587	0,3556
Трикозанова	C <sub>23:0</sub>	-	0,0228	0,0237	0,0217	0,0200
Генеікозанова	C <sub>21:0</sub>	-	-	-	-	0,0257
Всього		21,1490	26,9784	27,0290	26,5531	24,8159
<b>Мононенасичені жирні кислоти</b>						
Лауроолейінова	C <sub>12:1</sub>	0,0480	0,0432	0,0441	0,0412	-
Міристоолейінова	C <sub>14:1</sub>	0,0196	0,0656	0,0164	0,0423	0,0067
Пальмітоолейінова	C <sub>16:1</sub>	0,3692	0,4926	0,4814	0,3945	0,3229
Гептадеценінова	C <sub>17:1</sub>	0,0783	0,0513	0,0534	0,0584	0,0594
Олейінова	C <sub>18:1</sub>	33,4220	31,6785	31,3671	31,8785	32,9464
Гондова	C <sub>20:1</sub>	0,3311	0,3809	0,5908	0,4109	0,4428
Всього		34,2682	32,7121	32,5532	32,8258	33,7782
<b>Поліненасичені жирні кислоти</b>						
Лінолева	C <sub>18:2</sub>	43,4766	39,4870	39,4527	39,6170	40,8108
Ліноленова	C <sub>18:3α</sub>	0,1522	0,3126	0,3553	0,3767	0,2263
Тетрадекадієнова	C <sub>18:2</sub>	0,0596	0,0431	-	0,0397	0,0094
Докозадієнова	C <sub>22:2</sub>	0,0889	0,0574	0,0535	0,0474	0,0140
Ейкозадієнова	C <sub>18:2</sub>	-	0,0287	0,1286	0,1156	-
Арахідонова	C <sub>18:2</sub>	0,7172	0,3246	0,3646	0,3479	0,3005
Всього		44,4942	40,2534	40,3547	40,5443	41,3610
Не ідентифіковані		0,0883	0,0561	0,0631	0,0768	0,0449
Разом		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Загальний вміст мононенасичених жирних кислот становив (34,2682; 32,6659; 32,5532; 32,8258 та 33,7782) %. У мононенасичених жирних кислотах превалювала олейінова кислота, її вміст складав (33,4220; 31,6785; 31,3671; 31,8785 та 32,9464) % при 10...50 с оброблення. Відповідно поліненасичені жирні кислоти представлені 6-ома кислотами, домінуючими серед них була лінолева (43,4766; 39,4870; 39,4527; 39,8170 та 40,8108) %; ліноленова (0,1522; 1,80,3126; 0,3553; 0,3767 та 0,2263) %; арахідонова (0,7172; 0,3246; 0,3646; 0,3479 та 0,3005) % кислоти. Їх вміст в оліях складав відповідно (44,4942; 40,2534; 40,3547; 40, 5443 та 41,3610) %. Поряд з цим частка ненасичених жирних кислот у оброблених оліях складала (78,7624; 72,9193; 72,9079; 73,3701 та 75,1392) %, що характеризувало їх речовини з підвищеною біологічною цінністю. Отримані результати дослідження жирнокислотного складу свідчать, що за обробки ВШВЧ+ЕМП відбувається перегрупування частки жирних кислот, але ці зміни є незначними.

Визначення жирнокислотного складу олії не дозволяє надати об'єктивну оцінку якості олії. Тому наступним етапом досліджень було дослідження процесів окиснення жирів.

Одним із основних шляхів псування масложирової продукції є її окиснення під впливом кисню повітря. Продукти окиснення різко погіршують якість і фізіологічні властивості жирів, тому їх вміст у продуктах обмежують нормативними показниками. Контроль фізичних і хімічних показників якості жирів є важливою частиною технологічного процесу отримання і переробки жирової продукції для забезпечення її конкурентоспроможності. З огляду на це об'єктивний контроль вмісту продуктів окиснення дуже важливий.

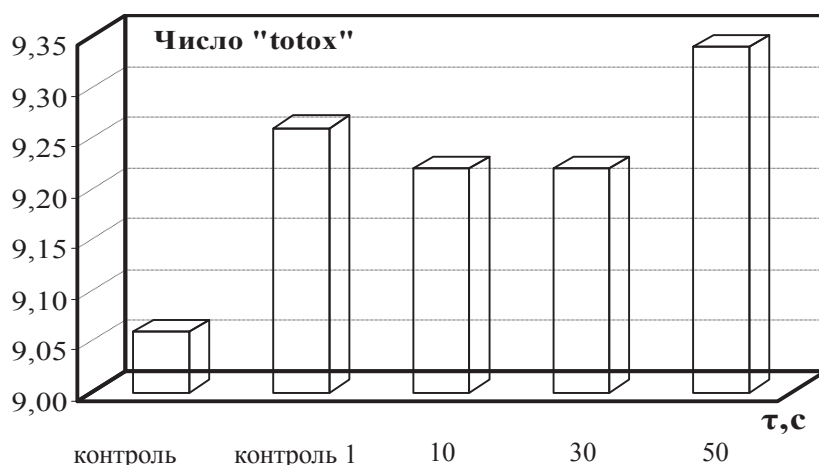
Обробка соняшникової олії у ВШФЧ+ЕМП сприяє її інтенсивному перемішуванню за рахунок співударяння ферромагнітних частинок одна з одною, що призводить до розбивання мікробухами молекул жирних кислот, і як наслідок – протікання процесів окиснення. Кількість вільних жирних кислот у жирах характеризується таким показником, як кислотне число. За рахунок приєднання активного кисню до жирних кислот у подальшому утворюються перекиси та гідроперекиси. Накопичення первинних продуктів окиснення характеризує перекисне число. До вторинних продуктів окиснення належать альдегіди та кетони. Концентрацію  $\alpha$  та  $\beta$  ненасичених альдегідів характеризує анізидинове число. Результати накопичення продуктів окиснення жирів наведено у табл. 2.

**Таблиця 2 – Вплив тривалості оброблення у ВШФЧ+ЕМП на показники якості соняшникової олії**

Показники якості соняшникової олії	Олія без оброблення (контроль)	Олія, оброблена на лабораторній мішалці	Тривалість оброблення у ВШФЧ+ЕМП, с		
			10	30	50
Кислотне число, мг КОН/г	0,167±0,008	0,164±0,008	0,163±0,008	0,161±0,008	0,155±0,007
Пероксидне число, ½ O ммоль /кг	3,43±0,17	3,38±0,17	3,41±0,17	3,36±0,17	3,32±0,16
Анізидинове число, у.о.	2,2±0,11	2,5±0,13	2,4±0,14	2,5±0,13	2,7±0,14

Аналіз даних табл. 2 свідчить про певні зміни показників якості олії в залежності від тривалості оброблення. Відмічено зниження значення показників кислотного і пероксидного числа при обробленні олії різними способами. Так, при обробленні олії на лабораторній мішалці, відбувалося зниження кислотного числа на 1,8 % та при обробленні у ВШФЧ+ЕМП протягом 30 і 50 с спостерігали зменшення на (2,4; 3,6 й 7,2) %. При вимірюванні пероксидного числа спостерігали аналогічну залежність – відбувалося його зниження на (1,46; 0,6; 0,6; 2,04 і 3,2) %. Дещо іншу картину спостерігали з показниками анізидинового числа, значення якого зростало при застосуванні механічних способів оброблення на (13,6; 9,09; 13,6 та 22,7) %. Такі зміни обумовлені тим, що під дією ВШФЧ+ЕМП відбувається процес декарбонізації жирних кислот, що й обумовлювало руйнування пероксидів і сприяло деякому накопиченню вторинних продуктів окиснення.

Загальним показником, що характеризує ступінь окиснення олії, є інтегральний показник (рис. 1).



**Рис. 1 – Вплив тривалості оброблення соняшникової олії у ВШФЧ+ЕМП на ступінь окиснення тріацилгліцеридів**

Отримані дані свідчать про незначне збільшення інтегрального показника у залежності від способу та тривалості оброблення у ВШФЧ+ЕМП на (2,2; 1,8; 1,8 та 3,1) % порівняно з контролем. Встановлено, що цей показник не перевищує межового значення (30), що свідчить про можливість використання такого виду оброблення у технологіях виробництва продуктів харчування з використанням олії.

Відомо, що склад вільних жирних кислот, їх розподілення у тригліцеридах та просторова конфігурація останніх впливають на фізичні властивості олій та жирів, серед яких суттєве значення належить щільності.

Щільність насичених жирних кислот при збільшенні молекулярної маси зменшується і навпаки – при збільшенні числа етиленових зв'язків при одному і тому самому вуглецевому атомі збільшується. Підвищенню щільності відбувається також зростанням ступеня ненасиченості жирних кислот [1]. Продукти, що є результатом процесу окиснення, підвищують щільність олії [15]. Враховуючи, що при обробці олії у ВШФЧ+ЕМП відбувається інтенсивний процес перемішування, диспергування, можна передбачити зміни щільності жирів після обробки (табл. 3).

**Таблиця 3 – Зміна щільності олії в залежності від способу оброблення**

Спосіб оброблення	Тривалість оброблення, с	Щільність при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>
Олія рафінована дезодорована (контроль)	–	0,920
Олія рафінована дезодорована (контроль 1)	180	0,921
Олія рафінована дезодорована (ВШФЧ+ ЕМП)	10	0,920
Олія рафінована дезодорована (ВШФЧ+ ЕМП)	30	0,919
Олія рафінована дезодорована (ВШФЧ+ ЕМП)	50	0,919

Аналіз даних табл. 3 свідчить про вибіркочну зміну щільності соняшникової олії в залежності від виду і тривалості обробки. В інтервалі (10...50) с обробки спостерігали зменшення щільності олії у 1,0022 рази. Зменшення щільності олії можна пояснити зміною складу і структури жирних кислот під впливом ВШВЧ.

Для підтвердження гіпотези про зміни просторової конфігурації жирних кислот під впливом ВШФЧ+ЕМП проводили певну серію досліджень (табл. 4).

**Таблиця 4 – Вплив виду оброблення на зміну конфігурації ненасичених жирних кислот**

Ізомери жирних кислот	Індекс жирної кислоти	Кількість жирних кислот, %				
		Способи і режими оброблення				
		олія без оброблення (контроль)	олія, оброблена на лабораторній мішалці	Оброблення у ВШФЧ+ЕМП, с		
				10	30	50
Ізоолеїнові (октадеценіві)						
Елаїдинова	18:1n9t	0,4	0,53	0,56	0,73	0,31
Олеїнова	18:1n9c	27,3	27,42	27,7	27,43	27,74
Вакценова	18:1n11t	0,78	1,07	1,26	1,30	0,72
Ізоленолеві (октадекадієнові)	18:2n6t	0,72	0,83	0,97	0,98	0,59
	18:2n6c	58,27	55,23	57,7	54,81	57,74
Ізоленолєнові (октадекатрієнові)						
α-октадекатрієнова	18:3n6c	0,27	0,26	0,24	0,26	0,22
γ-октадекатрієнова	18:3n3c	0,22	0,18	0,22	0,16	0,2
Ізойкозинова	20:1n9c	0,19	0,11	-	0,13	0,13
Разом		88,15	85,63	88,65	85,8	87,65
Всього		100	100	100	100	100

Дані таблиці 4 свідчать, що у всіх зразках олії знайдені ізомери олеїнової, лінолевої, ліноленової та ізойкозинової жирних кислот (за виключенням оброблення у ВШВЧ+ЕМП тривалістю 10 с) у кількості (88,15; 85,63; 88,65; 85,8 та 87,65) % відповідно для контрольних і дослідних зразків. Відсотковий вміст транс-ізомерів при цьому складає (1,9; 2,43; 2,79; 3,01 та 1, 62) % для зразків олії, що підлягають дослідженню.

Вміст транс-ізомерів у контрольному зразку корелюється з даними, наведеними у роботі [12] про граничний вміст транс-ізомерів, який не повинен перевищувати 1,93 %.

Збільшення частки ізомерів жирних кислот у транс-конфігурації під впливом ВШФЧ+ЕМП можливо відбувається завдяки ротації атомів водню, молекули якого розпрямляються та перетворюються у транс-конфігурацію. Пояснення зменшення кількості транс-ізомерів при обробці протягом 50 с може бути пов'язано з протіканням реакції переетерефікації, у результаті якої відбувається внутрішньо- і міжмолекулярний обмін радикалів жирних кислот (ацильних груп) у тріацилгліцеридах. Нові моноацилгліцерини та діацилгліцерини, що утворилися, також вступають у реакцію алколіза і в результаті відбувається статичний перерозподіл радикалів жирних кислот у суміші тріацилгліцеринів [2].

**Висновки.** Проведені експериментальні дослідження свідчать, що під дією ВШФЧ+ЕМП змінювалася структура жирів. Глибина цих перетворень залежить від тривалості їх обробки. Досліджено, що обробка олії рафінованої дезодорованої протягом дослідженого інтервалу (50 с) не призводить до значних змін якісних показників олії соняшникової рафінованої дезодорованої, що слугує підставою для подальшого її використання у технологіях виробництва продуктів харчування. Згідно з планом проведення експериментальних робіт передбачається вивчення впливу ВШФЧ+ЕМП на зберігання олії та дослідження процесів, які протікають при цьому.

### Література

1. Беззубов Л.П. Химия жиров / Леонид Павлович Беззубов. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 279 с.
2. Буряк Д. И. Разработка рецептур и оценка потребительских свойств кулинарных жиров, обогащенных томатно-масляным экстрактом: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Дмитрий Иванович Буряк. – Краснодар, 2004. – 118 с.
3. Дубова Г.С. Розробка технології сливового та чорносмородинового соків з використанням методу центрифугування: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. спец.05.18.13 «Технологія консервування» / Г.С. Дубова. – Одеса, 2000. – 19 с.
4. Жири рослинні та олії. Метод визначення пероксидного числа ДСТУ 4570:2006 – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 16 с.
5. Жири тваринні і рослинні та олії. Аналіз методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508:1990, IDT): ДСТУ ISO 5508:2001 – [Чинний від 2003-01-03]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 22 с.
6. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення складу жирних кислот у положенні 2 тригліцеридних молекул (ISO 6800:1997, IDT): ДСТУ ISO 6800:2001 — [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 19 с.
7. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення анідідинового числа (ISO 6885:1998, IDT): ДСТУ ISO 6885:2002 – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 19с.
8. Жири тваринні і рослинні та олії. Масова частка транс-ізомерів жирних кислот ДСТУ 4445:2005 — [Чинний від 2006-01-07]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 21 с.
9. Капліна Т.В. Розробка технології борошняних виробів з використанням дріжджів, що активовані у перемінному магнітному полі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец.05.18.16 “Технологія продуктів харчування”/ Т.В. Капліна. – Харків, 2001. – 19 с.
10. Капліна Т.В. Вплив електромагнітного оброблення жирів на їх жирнокислотний склад // Вісник ДонДУЕТ: Зб. наук. праць. – ДонДУЕТ, № 1 (37), 2008. – с. 90-95.
11. Котенко А.Г. Интенсификация процесса приготовления эмульсий для хлебопекарного производства в электровихревых аппаратах: дисс... канд. техн. наук: 05.18.12. / Котенко Анатолий Георгиевич. – К., 1985. – 203 с.
12. Лисицын А.Н. Развитие теоретических основ процесса окисления растительных масел и разработка рекомендаций по повышению их стабильности к окислению: автореф. дис. на присвоение научной степени д-ра техн. наук: спец. 05.18.06 “Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов”/ А. Н. Лисицын. – Краснодар. – 20 с.
13. Логвиненко И.В. Интенсификация технологических процессов в химической промышленности / И.В. Логвиненко, О.П. Шеляков. – К.: Техника, 1976. – 200 с.
14. Олії. Методи визначення кислотного числа (ISO 660:1996, NEQ): ДСТУ 4350:2004. – [Чинний від 2005-01-10]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 18 с.
15. Федак Н. В. Технология очистки подсолнечного масла после фритюрной жарки в предприятиях питания: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16 / Федак Наталья Васильевна. – Х., 1997. – 185 с.