

УДК 628.54

## УЛЬТРАЗВУК В ОТРИМАННІ ЙОДОВАНОЇ КУХОННОЇ СОЛІ

© 2011 О. І. Юрченко, О. М. Бакланов

Вивчено використання ультразвуку при отриманні йодованої кухонної солі. При цьому, ультразвук використовувався на стадії приготування розчину йодиду натрію в етанолі і на стадії розчинення харчового емульгатору, дистильованого моноглицериду, у етанольному розчині йодиду натрію. Показано, що використання ультразвуку відповідних частот та інтенсивностей дозволяє збільшити строк зберігання йодованої кухонної солі до 24 місяців.

**Ключові слова:** йодована кухонна сіль, ультразвук, харчові емульгатори, розчинність, метрологічні характеристики.

### 1. Вступ

Для боротьби з дефіцитом йоду, найбільш ефективним є використання йодованої кухонної солі [1].

Виробництво йодованої кухонної солі у промислових масштабах відбувається згідно ДСТУ 3583-97 (ГОСТ 13830-97) введенням добавок йодиду калію (йодистого калію зі стабілізатором тіосульфатом натрію або йодату калію (йоднுவатокислиго калію) у суху кухонну сіль. Масова частка йоду в суміші з хлоридом натрію складає  $(40 \pm 15) \cdot 10^{-4} \%$ . [1, 2].

При використанні першої йодвмісної добавки – йодиду калію зі стабілізатором тіосульфатом натрію, продукт не підлягає тривалому зберіганню в наслідок швидкого окиснення оксигеном повітря йодиду калію до йоду з втратою останнього внаслідок його леткості. При використанні другої йодвмісної добавки – йодату калію, продукт також не підлягає тривалому зберіганню внаслідок відновлення йодату калію до йоду, домішками, що є у кухонній солі, з втратою останнього внаслідок його леткості. Крім того, йодат калію є токсичним, що потребує вкрай рівномірного його розподілу у пачці солі. Однак останнє є неможливим, тому що внаслідок мікрокапілярних ефектів частки йодиду калію та йодату калію мігрують з центру пачки до її країв (30-50 % йодвмісних добавок в залежності від вологості солі та виду добавки на протязі трьох місяців). Готовий продукт солі з добавкою йоду у вигляді йодиду калію має гарантований термін зберігання, не більше 3 місяців з дня виготовлення, а йодату калію – не більше 8 місяців [1-3].

Нами, раніше було запропановано спосіб отримання йодованої кухонної солі, що включає приготування суміші 40 % спиртового розчину йодиду натрію з розплавом харчового емульгатору, моноглицериду дистильованого, та введення її у підігріту до температури 70 – 83 °С кухонну сіль з наступним перемішуванням [4]. Однак, строк зберігання такої солі не перевищував 12 місяців. Крім того, технологічний процес приготування такої солі був дуже складним через необхідність використання розплаву харчового емульгатору, дистильованого моноглицериду. Також, необхідно було використовувати значну кількість дистильованого моноглицериду (не менше ніж 2,5 г/кг кухонної солі) [4].

Дана робота присвячена використанню ультразвуку при приготуванні йодованої кухонної солі. Ультразвук використовувався на стадії приготування розчину йодиду натрію в етанолі і на стадії розчинення харчового емульгатору, дистильованого моноглицериду, у етанольному розчині йодиду натрію.

Слід також зазначити, що йодид натрію входить до переліку речовин, що дозволяються МОЗ вводити до кухонної солі (перелік наведено у доповненні № 2 до міждержавного стандарту ГОСТ 13830 «Соль поваренная. Общие технические условия»), при цьому до кухонної солі повинно вводитись від 20 до 44 мг йодиду натрію на тонну кухонної солі.

### 2. Експериментальна частина

При виконанні даної роботи використовували ультразвуковий генератор типу 24–УЗГИ–К–1,2 до якого підключали магніострикційні та п'єзоелектричні випромінювачі, що дозволяють створювати в досліджуваних розчинах ультразвукові коливання частотою 66, 80, 90, 100, 150,

200, 250, 300, 350, 400, 440, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 880, 900, 950, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500 кГц. Застосовували стандартні п'єзоелектричні випромінювачі типу ЦТС–19, виготовлені із цирконата титану–плюмбуму із захисним покриттям із фторопласта [5]. Дані п'єзокерамічні випромінювачі були обрані, тому, що мають достатню механічну міцність і стабільність випромінювання на високих частотах УЗ ( від 100 кГц до 2,5 МГц) при інтенсивності до 12 Вт/см<sup>2</sup> [5]. Крім того використовували ультразвуковий диспергатор УЗДН – 1М з набором магнітострикційних випромінювачів, що дозволяло створювати у досліджуваній системі ультразвукові коливання частотою від 16 кГц до 100 кГц при інтенсивності ультразвуку до 25 Вт/см<sup>2</sup>. Також використовували типову методику з отримання та дослідження йодованої кухонної солі, запропановану ВНДІГалургії (Росія) [3]. Визначення вмісту йоду проводили за стандартними методами [6].

### 3. Результати та їх обговорення

Розчинення йодиду натрію в етанолі під дією ультразвуку частотою 100-150 кГц, інтенсивністю 0,15-0,25 Вт/см<sup>2</sup> дозволяє збільшити розчинність йодиду натрію в етанолі з 40 % до 55 % (табл.1 - табл.3). Слід також зазначити, що необхідність використання йодиду натрію, замість йодиду калію, пов'язана з тим, що останній значно краще розчиняється в етанолі [1].

**Таблиця 1.** Вплив частоти УЗ на розчинність йодиду натрію в етанолі. Інтенсивність УЗ – 0,20 Вт/см<sup>2</sup>. Час дії УЗ – 30 с.

Характеристики	Частота УЗ, кГц									
	Без УЗ	18	98	100	120	130	140	150	155	160
Розчинність йодиду натрію в етанолі, г/100 мл	40	40	42	50	52	53	55	55	45	42

**Таблиця 2.** Вплив інтенсивності УЗ на розчинність йодиду натрію в етанолі. Частота УЗ – 120 кГц. Час дії УЗ – 30 с.

Характеристики	Інтенсивність УЗ, Вт/см <sup>2</sup>									
	Без УЗ	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
Розчинність йодиду натрію в етанолі, г/100 мл	40	40	42	53	55	56	56	55	44	42

**Таблиця 3.** Вплив часу дії УЗ на розчинність йодиду натрію в етанолі. Частота УЗ – 120 кГц, інтенсивність УЗ – 0,20 Вт/см<sup>2</sup>.

Характеристики	Час дії УЗ, с									
	Без УЗ	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Розчинність йодиду натрію у етанолі, г/100 мл	40	40	45	55	55	56	56	56	56	55

Використання одночасної дії ультразвуку частотою 20-45 кГц, інтенсивністю 0,10-0,35 Вт/см<sup>2</sup> та ультразвуку частотою 1,0-2,5 МГц, інтенсивністю 0,50-0,75 Вт/см<sup>2</sup> на протязі 0,5-3 хв дозволяє проводити розчинення емульгатору, моноглицериду дистильованого в 45 – 55 % спиртовому розчині йодиду натрію( табл. 4 – табл. 7). Слід також зазначити, що використання ультразвуку тільки однієї низької або тільки однієї високої частоти не призводить до розчинення емульгатору МГД у спиртовому розчині йодиду натрію (табл. 4, табл.5).

У табл. 8 наведено порівняння методів отримання йодованої кухонної солі за відомим та за методом, що пропонується. Як виходить з даних, наведених у табл. 8, використання методу, що пропонується дозволяє збільшити строк придатності солі до 2-х років, при цьому кількість необхідного емульгатору МГД може бути зменшена з 2,5 до 1,0 г/кг проби солі. Тобто, використання методу, що пропонується дозволяє зменшити злежуваність готового продукту й збільшити збереження йодвмістної добавки – розчину йодиду натрію в емульгаторі МГД до 2- років (опір стиску при досліджуванні злежування кухонної солі ексикаторним методом вважається допустимим менше ніж 0,3 кг/см<sup>2</sup>).

**Таблиця 4.** Вплив частоти високочастотного УЗ на розчинність харчового емульгатору „Моноглицериди дистильовані” (МГД) у спиртовому розчині йодиду натрію

Частота УЗ, МГц	Розчинність емульгатору МГД, г/100 мл, у спиртовому розчині йодиду натрію, %			
	40 %	45 %	50 %	55 %
0,5	17	24	26	31
1,0	22	56	58	59
1,5	23	57	58	60
2,0	22	56	60	62
2,5	23	54	57	62
3,0	-	31	36	38
Без дії УЗ*	0	0	0	0

Частота низькочастотного УЗ 22,0 кГц. Інтенсивність низькочастотного УЗ – 0,20 Вт/см<sup>2</sup>, інтенсивність високочастотного УЗ – 0,60 Вт/см<sup>2</sup>. Час дії УЗ – 1 хв. \*Задіяна тільки дія ультразвуку низької частоти.

**Таблиця 5.** Вплив частоти низькочастотного УЗ на розчинність харчового емульгатору „Моноглицериди дистильовані” (МГД) у спиртовому розчині йодиду натрію

Частота УЗ, кГц	Розчинність емульгатору МГД, г/100 мл, у спиртовому розчині йодиду натрію, %			
	40 %	45 %	50 %	55 %
19	11	22	23	24
20	22	54	56	57
22	22	56	58	59
30	21	55	57	60
45	22	56	58	61
46	14	31	33	35
Без дії УЗ*	0	0	0	0

Частота високочастотного УЗ 1,0 МГц. Інтенсивність низькочастотного УЗ – 0,20 Вт/см<sup>2</sup>, інтенсивність високочастотного УЗ – 0,60 Вт/см<sup>2</sup>. Час дії УЗ – 1 хв. \*Задіяна тільки дія ультразвуку високої частоти.

**Таблиця 6.** Вплив інтенсивності ультразвуку на розчинність емульгатору „Моноглицериди дистильовані” (МГД) у спиртовому розчині йодиду натрію

Інтенсивність низькочастотного УЗ, Вт/см <sup>2</sup>	Інтенсивності УЗ високої частоти, Вт/см <sup>2</sup>					
	0,45	0,50	0,60	0,40	0,75	0,76
Розчинність хлориду натрію у перексиді гідрогену, г/100 мл						
0,05	24	28	26	27	23	22
0,10	33	56	57	57	56	30
0,20	32	57	58	59	58	30
0,35	31	57	60	60	59	34
0,40	30	32	32	34	33	31

Частота низькочастотного УЗ – 22 кГц, частота високочастотного УЗ – 1 МГц. Час дії УЗ – 1 хв. Використано 50 % спиртовий розчин йодиду натрію.

**Таблиця 7.** Вплив часу дії ультразвуку на розчинність емульгатору „Моноглицериди дистильовані” (МГД) у спиртовому розчині йодиду натрію

Характеристики	Час дії УЗ, хв									
	Без УЗ	0	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0	3,5	3,6
Розчинність емульгатору МГД, г/100 мл	Не розчиняється	40	41	42	55	58	59	58	56	51

Частота низькочастотного УЗ – 22 кГц, частота високочастотного УЗ – 1 МГц. Інтенсивність низькочастотного УЗ – 0,20 Вт/см<sup>2</sup>, інтенсивність високочастотного УЗ – 0,60 Вт/см<sup>2</sup>. Використано 50 % спиртовий розчин йодиду натрію.

#### 4. Висновки

Таким чином, проведені дослідження показали, що використання ультразвуку при приготуванні йодвмісної добавки – розчину йодиду натрію в емульгаторі МГД дозволяє збільшити

строк зберігання йодованої кухонної солі до 2 років. При цьому використовуються безпечні компоненти – йодид натрію, етанол та емульгатор МГД (відноситься до харчових речовин і використовується при приготуванні маргаринів). Крім того, слід зазначити, що остаточний вміст йодиду натрію після 2- років зберігання складає не менш 80% від введеної кількості (табл.8), що повністю відповідає вимогам міждержаного стандарту ГОСТ 13830-97.

**Таблиця 8.** Порівняння методів отримання кухонної солі за прототипом та за методом, що пропонується

№ проби	Введено NaI, мг/кг проби	Введено емульгатора МГД, г/кг проби	Знайдено NaI, мг/кг проби				Опір стиску, кг/см <sup>2</sup>			
			9 місяців	12 місяців	18 місяців	24 місяці	9 місяців	12 місяців	18 місяців	24 місяці
Метод за прототипом										
1	20	1,00	16,4	14,7	10,1	2,4	1,05	1,43	2,48	3,97
1	36	1,00	29,1	23,8	18,4	3,9	1,06	1,37	2,32	3,12
1	44	1,00	35,1	28,2	20,3	4,8	1,08	1,29	2,12	3,04
2	20	2,00	18,4	17,8	11,2	2,9	0,11	0,28	1,67	2,05
2	36	2,00	33,0	30,1	19,0	4,5	0,09	0,22	1,45	1,98
2	44	2,00	40,0	34,6	22,3	5,3	0,08	0,26	1,40	1,87
3	20	2,50	19,6	19,6	11,9	3,2	*	0,11	1,65	2,03
3	36	2,50	35,2	34,9	19,5	4,8	*	0,10	1,64	1,95
3	44	2,50	42,7	40,1	22,9	6,0	*	0,09	1,59	1,92
Метод, що пропонується										
1	20	0,50	17,5	17,0	15,1	12,3	0,11	0,28	1,03	2,12
1	36	0,50	33,2	33,9	18,4	14,7	0,09	0,21	1,05	2,12
1	44	0,50	38,7	38,2	25,3	21,3	0,08	0,23	1,05	2,14
2	20	1,00	19,7	19,4	17,2	11,5	*	*	0,11	0,28
2	36	1,00	35,9	35,2	32,0	29,5	*	*	0,09	0,27
2	44	1,00	44,0	43,8	40,3	35,3	*	*	0,10	0,28
3	20	1,50	19,9	19,7	18,7	18,2	*	*	*	0,11
3	36	1,50	35,8	35,6	33,8	32,3	*	*	*	0,09
3	44	1,50	43,4	42,9	40,7	36,0	*	*	*	0,09

\*-Ознак злежування не знайдено

*Приклад.* Попередньо готують йодвмістну добавку таким чином. Розчиняють йодид натрію в етанолі під дією УЗ частотою 100 – 150 кГц, інтенсивністю 0,15-0,25 Вт/см<sup>2</sup> на протязі 20-30 с. При цьому отримують 50- 55 % розчин йодиду натрію в етанолі. Далі готують 55-60 % розчин емульгатору МГД у 50- 55 % розчині йодиду натрію в етанолі під дією УЗ частотою 20-45 кГц, інтенсивністю 0,10-0,35 Вт/ см<sup>2</sup> та УЗ частотою 1,0-2,5 МГц інтенсивністю 0,50-0,75 Вт/см<sup>2</sup> на протязі 0,5-3 хв. Відповідну кількість приготованої таким чином йодвмістної добавки (вміст йодиду натрію повинен бути 20-44 мг/кг проби кухонної солі, а емульгатору МГД 1,00-2,50 г/кг проби кухонної солі) змішують з підігрітою до температури 70-83 °С 1 кг кухонної солі. Кожну пробу отриманої таким чином кухонної солі поділяють на дві частини. Одну частину вносять до ексікатору для проведення випробувань на злежуваність ексікаторним методом, другу – поміщають у стандартну упаковку і через 9, 12, 18 та 24 місяці визначають вміст йодиду натрію. Результати випробувань наведені у табл. 8.

Результати випробувань показують, що можливо отримати йодовану кухонну сіль з незначною злежуваністю, строк зберігання якої становить 24 місяці.

### Література

1. Бакланов О.М., Авдєєнко А.П., Чмиленко Ф.О., Бакланова Л.В. Аналітична хімія кухонної солі і розсолів.- Краматорськ: вид-во ДДМА, 2011.- 268 с.
2. ДСТУ 3583-97 (ГОСТ 13830-97). Сіль кухонна. Загальні технічні умови.-К: Вид-во стандартів, 1997.- 38с.

3. Фурман А.А., Бельды М. П., Соколов И.Д. Поваренная соль. Производство и применение в химической промышленности.–М.: Химия, 1989.– 272 с.
4. Матвеева Т.А., Бакланов А.Н., Селитренников Ю.Г. Способ иодирования поваренной соли – А.с. № 1491811, СССР– Оpubl. 07.07.89– Бюл. № 25
5. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / Гл.ред. И.П. Голямина – М.: Сов. энцикл., 1979.– 400 с.
6. «Сіль кухонна. Методи випробувань» ДСТУ 4886.1:2007 - ДСТУ 4886.24:2007.- К: Вид-во стандартів, 2007.- 143с.

#### References

1. Baklanov O.M., Avde"e"nko A.P., SHmilenko F.O., Baklanova L.V. Anali'tichna hi'mi'ya kuhonnoi` soli' i' rozsoliv. Kramators'k: vid-vo DDMA, 2011. 268 s.
2. tehni'chni' umovi. K.: Vid-vo standarti'v, 1997. 38s.
3. Furman A.A., Bel'dy' M. P., Sokolov I.D. Povarennaya sol'. Proizvodstvo i primeneniye v himicheskoy promy'shennosti. M.: Himiya, 1989. 272 s.
4. A.s. № 1491811, SSSR Matveeva T.A., Baklanov A.N., Selitrennikov YU.G. Sposob iodi-rovaniya povarennoy soli. Opubl. 07.07.89. Byul. № 25
5. Ul'trazvuk. Malen'kaya e`nciklopediya / Gl.red. I.P. Golyamina. M.: Sov. e`ncikl., 1979. 400 s.
6. DSTU 4886.1:2007 - DSTU 4886.24:2007. Si'l' kuhonna. Metodi viprobuvan' K.: Vid-vo standarti'v, 2007. 143s.

*Поступила в редакцию 1 июля 2011 г.*

О. И. Юрченко, А. Н. Бакланов. Ультразвук при получении иодированной кухонной соли.

Изучено влияние ультразвука при получении иодированной кухонной соли. Ультразвук использовался на стадии приготовления раствора иодида натрия в этаноле и на стадии растворения пищевого эмульгатора – дистиллированного моноглицерида, в этанольном растворе иодида натрия. Показано, что использование ультразвука соответствующих частот и интенсивностей позволяет увеличить срок хранения иодированной кухонной соли до 24 мес.

**Ключевые слова:** иодированная кухонная соль, ультразвук, пищевые эмульгаторы, растворимость, метрологические характеристики.

O. I. Yurchenko, A. N. Baklanov. Ultrasound for preparation of iodated cooking salt.

The ultrasound influence on the process of preparation of the iodated cooking salt was investigated. The ultrasound was applied at the stage of preparation of the sodium iodide solution in ethanol, as well as on the stage of dissolution of the emulgator, distilled monoglyceride, in the ethanol solution of sodium iodide. The application of the ultrasound of the appropriate frequencies and intensities was shown to increase the storage period for the iodated cooking salt up to 24 months.

**Key words:** iodated cooking salt, ultrasound, food emulgators, solubility, metrological characteristics.

Kharkov University Bulletin. 2011. № 976. Chemical Series. Issue 20(43).