

Подальші наші дослідження будуть спрямовані на отримання чисельних значень рівня якості отриманого фаршу з білого м'яса курятини (філе) в єдиній вимірній системі п'ятиінтервальної шкали Харрінгтона в загальному інтервалі шкали від 1 до 0.

#### *Список літератури*

1. Ячнева М. О. Фізико-хімічні та біологічні технології м'яса та м'ясопродуктів : навч. посібник / М. О. Ячнева, Л. В. Пешук, О. Б. Дроменко. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 304 с.
2. Шубина Г. Колбасы с мясом птицы: подбор оболочек / Г. Шубина // Мясной бизнес. – 2011. – № 3 (98).
3. Косой В. Д. Совершенствование производства колбас (теоретические основы, процессы, оборудование, технология, рецептуры и контроль качества) / В. Д. Косой, В. П. Дорохов. – М. : ДеЛипринт, 2006. – 766 с.
4. Чижикова Т. В. Машины для измельчения мяса и мясных продуктов / Т. В. Чижикова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 302 с.
5. Кузьмин В. В. Совершенствование процесса резания мясного сырья на основе математического моделирования формы режущих инструментов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / В. В. Кузьмин. – СПб., 2008. – 16 с.
6. Сидорьяк А.Н. Совершенствование процесса измельчения мяса : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / А. Н. Сидорьяк. – М., 2007. – 22 с.
7. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 280 с.
8. Топольник В. Г. Обґрунтування експерименту для оптимізації процесу подрібнення м'яса курятини / В. Г. Топольник, Н. М. Іванова // Наукові праці ОНАХТ. – 2009. – Вип. 35, т. 2. – С. 126–129.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© В.Г. Топольник, Н.М. Стукальська, О.В. Кузьмін, 2012.

УДК 66.083.2:379.4

**В.О. Сукманов**, д-р техн. наук (*ДонНУЕТ, Донецьк*)

**О.І. Бескровний**, канд. техн. наук (*ДонНУЕТ, Донецьк*)

**С.І. Охременко**, асист. (*ДонНУЕТ, Донецьк*)

### **ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ВИСОКИМ ТИСКОМ ПАСТИ З ПРЯНИХ ТРАВ**

*Наведено результати оптимізації параметрів процесу обробки (високий тиск, температура, час експозиції), які впливають на якість пасти з пряних трав.*

*Приведены результаты оптимизации параметров процесса обработки (высокое давление, температура, время экспозиции), которые влияют на качество пасты из пряных трав.*

*In the article the results of optimization of parameters of process are resulted treatments (high pressure, temperature, time of display) which influence on quality of paste from spicy herbares.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** На сучасному етапі розвитку харчової промисловості основним завданням перед виробниками стає розробка і застосування нових, досконаліших технологій у виробництві високоякісних продуктів харчування з високою біологічною цінністю.

Слід зазначити, що попит населення на пряно-смакові овочі, який постійно зростає, обумовлюється не лише їхніми смаковими особливостями та дієтично-лікувальними властивостями, але й великим естетичним значенням для оформлення кулінарних страв.

Нами запропоновано технологію виробництва пасти з прямих трав, яку обробили високим тиском. У наш час у багатьох зарубіжних країнах обробка харчових продуктів високим тиском уже стала реальністю. Практика його використання свідчить про те, що застосування даної технології не тільки забезпечує консервування харчових продуктів, але й деякою мірою покращує їх органолептичні властивості та значно подовжує термін зберігання [2].

Літературні дані про використання високого тиску дозволяють розраховувати на позитивний вплив на мікробіологічні, хімічні та органолептичні показники пасти з прямих трав [2].

**Мета та завдання статті.** Мета статті – викласти результати досліджень з оптимізації параметрів процесу обробки (високий тиск, температура, час експозиції), які впливають на якість пасти з прямих трав.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Вибір оптимальних значень параметрів процесу обробки пасти з прямих трав проводили в три етапи.

Перший етап – побудова математичних моделей, що адекватно, описують залежність вихідних параметрів від факторів, які вивчаються [1].

Для цього було реалізовано активний експеримент по системі центрального композиційного уніформ-ротатабельного плану (ЦКРП), дані наведено в таблиці 1.

Як основні фактори було обрано:  $C_1$  – високий тиск (МПа),  $C_2$  – час обробки (с),  $C_3$  – температура (К). Вихідними параметрами стали основні показники якості:  $Y_1$  – вітамін С (мг/100 г),  $Y_2$  –  $\beta$ -каротин (мг/100 г),  $Y_3$  – кількість компонентів ефірної олії,  $Y_4$  – колір (у балах),  $Y_5$  – смак (у балах),  $Y_6$  – запах (у балах),

$Y_7$  – консистенція (у балах). Рівні й інтервали варіювання факторів було обрано, спираючись на відому з літературних джерел інформацію [3], а також результати попередніх досліджень.

Таблиця 1 – Характеристика ЦКРП

Характеристика планування	Фактор					
	Кодовані значення			Натуральні значення		
	$x_1$ , тиск	$x_2$ , час обробки	$x_3$ , температура	$C_1$ , МПа	$C_2$ , с	$C_3$ , °К
Основний рівень (0)	0	0	0	350	480	298
Верхній рівень (+1)	+1	+1	+1	500	720	313
Нижній рівень (-1)	-1	-1	-1	200	240	283
Верхня «зіркова» точка (+ $\alpha$ )	+1,68	+1,68	+1,68	602,3	883,68	323,23
Нижня «зіркова» точка (- $\alpha$ )	-1,68	-1,68	-1,68	97,7	76,32	272,77
Інтервал варіювання				150	240	15

Кодування факторів проводили за такими співвідношеннями:

$$x_i = \frac{H_i - H_{0i}}{h_i}, \quad (1)$$

де  $H_i$  – значення  $i$ -го фактора в натуральній розмірності;  
 $H_{0i}$  значення  $i$ -го фактора в натуральній розмірності в центрі експерименту;

$h_i$  – інтервал варіювання  $i$ -го фактора, який можна визначити за формулою

$$h_i = \frac{H_i^+ - H_i^-}{2}, \quad (2)$$

де  $H_i^+$  і  $H_i^-$  – значення вхідних параметрів відповідно на верхньому та нижньому рівнях у натуральній розмірності.

Експерименти проводили відповідно до матриці планування (табл. 2–4) та при цьому застосували рандомізацію експерименту із використанням таблиць випадкових чисел, щоб виключити вплив систематичних похибок, зумовлених зовнішніми умовами. Кожен експеримент виконували у подвійній повторюваності, а однорідність

результатів оцінювали за критерієм Кохрена. Обробку результатів ЦКРП проводили за типовою методикою.

На першому етапі з метою скорочення тривалості експериментальних досліджень та зниження витрат на їх реалізацію було реалізовано план повного факторного експерименту (ПФЕ – 2<sup>3</sup>) для вибору найбільш прийнятної форми рівняння регресії, відповідно до таблиці 2. Крім того, у центрі плану було проведено експерименти (№ 15-20), число яких обрали з урахуванням можливого у подальшому переходу до планування другого порядку.

Паралельні експерименти в центрі плану дозволили визначити, що рівняння регресії першого порядку, отримане за результатами ПФЕ, не може надати задовільного математичного опису модельних систем і необхідно перейти до планування другого порядку, щоб урахувати оцінки квадратичних ефектів факторів і побудувати адекватну математичну модель.

Таблиця 2 – Матриця ЦКРП

№ з/п	Кодовані значення факторів			Натуральні значення факторів			Функція відгуку	
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$Y_1$	$Y_2$
1	+1	+1	+1	500	720	313	97,4	2,7
2	-1	+1	+1	200	720	313	91,4	2,9
3	+1	-1	+1	500	240	313	86,0	3,1
4	-1	-1	+1	200	240	313	124,1	2,7
5	+1	+1	-1	500	720	283	151,6	3,0
6	-1	+1	-1	200	720	283	184,8	2,8
7	+1	-1	-1	500	240	283	167,2	3,1
8	-1	-1	-1	200	240	283	193,0	2,7
9	+1,682	0	0	602,3	480	298	119,3	3,2
10	0	+1,682	0	350	883,68	298	158,4	2,9
11	0	0	+1,682	350	480	323,23	181,7	2,8
12	-1,682	0	0	97,7	480	298	196,0	2,7
13	0	-1,682	0	350	76,32	298	183,9	2,7
14	0	0	-1,682	350	480	272,77	178,1	2,7
15	0	0	0	350	480	298	177,3	2,7
16	0	0	0	350	480	298	177,3	2,7
17	0	0	0	350	480	298	177,3	2,7
18	0	0	0	350	480	298	177,3	2,7
19	0	0	0	350	480	298	177,3	2,7
20	0	0	0	350	480	298	177,3	2,7

Таблиця 3 – Матриця ЦКРП

№ з/п	Кодовані значення факторів			Натуральні значення факторів			Функція відгуку	
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$Y_3$	$Y_4$
1	+1	+1	+1	500	720	313	17	4
2	-1	+1	+1	200	720	313	15	4
3	+1	-1	+1	500	240	313	16	4
4	-1	-1	+1	200	240	313	14	4
5	+1	+1	-1	500	720	283	18	5
6	-1	+1	-1	200	720	283	13	5
7	+1	-1	-1	500	240	283	17	5
8	-1	-1	-1	200	240	283	13	5
9	+1,682	0	0	602,3	480	298	18	5
10	0	+1,682	0	350	883,68	298	12	5
11	0	0	+1,682	350	480	323,23	12	5
12	-1,682	0	0	97,7	480	298	11	5
13	0	-1,682	0	350	76,32	298	12	5
14	0	0	-1,682	350	480	272,77	12	5
15	0	0	0	350	480	298	12	5
16	0	0	0	350	480	298	12	5
17	0	0	0	350	480	298	12	5
18	0	0	0	350	480	298	12	5
19	0	0	0	350	480	298	12	5
20	0	0	0	350	480	298	12	5

Таблиця 4 – Матриця ЦКРП

№ з/п	Кодовані значення факторів			Натуральні значення факторів			Функція відгуку		
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	+1	+1	+1	500	720	313	3	5	3
2	-1	+1	+1	200	720	313	4	5	3
3	+1	-1	+1	500	240	313	3	5	3
4	-1	-1	+1	200	240	313	4	5	3
5	+1	+1	-1	500	720	283	5	5	5
6	-1	+1	-1	200	720	283	5	5	5
7	+1	-1	-1	500	240	283	5	5	5
8	-1	-1	-1	200	240	283	5	5	5
9	+1,682	0	0	602,3	480	298	5	5	4
10	0	+1,682	0	350	883,68	298	5	5	5
11	0	0	+1,682	350	480	323,23	5	5	5
12	-1,682	0	0	97,7	480	298	5	4	5

Продовження табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	0	-1,682	0	350	76,32	298	5	5	5
14	0	0	-1,682	350	480	272,77	5	5	5
15	0	0	0	350	480	298	5	5	5
16	0	0	0	350	480	298	5	5	5
17	0	0	0	350	480	298	5	5	5
18	0	0	0	350	480	298	5	5	5
19	0	0	0	350	480	298	5	5	5
20	0	0	0	350	480	298	5	5	5

На другому етапі, в результаті оптимізації опрацювання експериментальних даних, куди було включено і досліди в «зіркових» точках, за допомогою кореляційно-регресійного аналізу було отримано рівняння регресії.

Статистична обробка експериментальних даних містила обчислення оцінок регресійних коефіцієнтів, перевірку їх значущості, оцінку відтворюваності експериментів та встановлення адекватності отриманого регресійного рівняння. При цьому використовували статистичні критерії Кохрена, Стьюдента і Фішера (за довірчої ймовірності 95%).

Рівняння регресії які адекватно описують залежність відгуків  $y_i$  від керівних факторів мають такий вигляд:

$$Y_1 = 178,37 - 16,12 x_1 - 6,44 x_2 - 21,37 x_3 + 4,59 x_1 x_2 + 3,36 x_1 x_3 - 13,77 x_1^2 - 8,99 x_2^2 - 5,89 x_3^2, \quad (3)$$

$$Y_2 = 2,7 + 0,12 x_1 + 0,01 x_2 - 0,002 x_3 - 0,1 x_1 x_2 - 0,05 x_1 x_3 - 0,03 x_2 x_3 + 0,1 x_1^2 + 0,04 x_2^2 + 0,02 x_3^2, \quad (4)$$

$$Y_3 = 11,92 + 1,81 x_1 + 0,22 x_2 + 0,07 x_3 + 0,125 x_1 x_2 - 0,625 x_1 x_3 + 0,125 x_2 x_3 + 1,41 x_1^2 + 0,53 x_2^2 + 0,52 x_3^2, \quad (5)$$

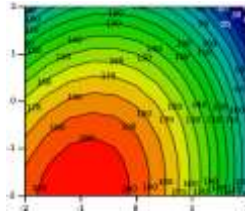
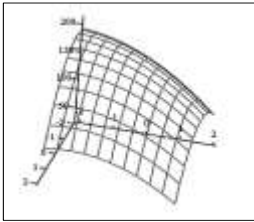
$$Y_4 = 5,02 - 0,29 x_3 - 0,11 x_1^2 - 0,11 x_2^2 - 0,11 x_3^2, \quad (6)$$

$$Y_5 = 5,02 - 0,15 x_1 - 0,44 x_3 - 0,25 x_1 x_3 - 0,16 x_1^2 - 0,16 x_2^2 - 0,16 x_3^2, \quad (7)$$

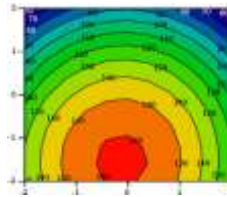
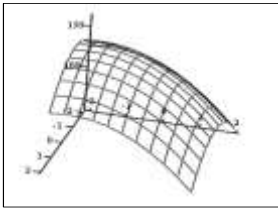
$$Y_6 = 4,99 + 0,12 x_1 - 0,14 x_1^2 + 0,04 x_2^2 + 0,04 x_3^2, \quad (8)$$

$$Y_7 = 5,03 - 0,12 x_1 - 0,59 x_3 x_1 - 0,35 x_1^2 - 0,17 x_2^2 - 0,17 x_3^2. \quad (9)$$

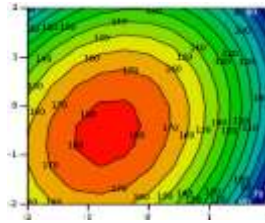
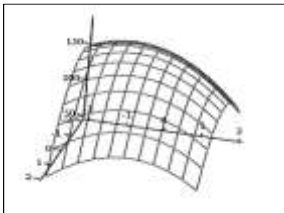
Графічну інтерпретацію залежності  $Y_1$  у вигляді поверхні відгуку та ліній рівня подано на рисунках 1–3.



**Рисунок 1 – Поверхня відгуку та лінії рівня для залежності кількості вітаміну С при фіксованому значенні  $x_2$  ( $\tau = 288$  с)**



**Рисунок 2 – Поверхня відгуку та лінії рівня для залежності кількості вітаміну С при фіксованому значенні  $x_1$  ( $P = 500$  МПа)**



**Рисунок 3 – Поверхня відгуку та лінії рівня для залежності кількості вітаміну С при фіксованому значенні  $x_3$  ( $T = 297$  К)**

Аналіз графіків поверхонь відгуку та ліній рівнянь показує, що максимальні значення досліджених значень перебувають в області експерименту. Це дозволяє для знаходження екстремумів використати методи класичного аналізу.

Далі визначили ступень оптимізації за отриманими функціями відгуку. Для цього використовували показник якості параметрів оптимізації  $\varepsilon_y$  і показник крутизни поверхонь відгуку  $\xi_y$ :

$$\varepsilon_y = \left| \frac{\bar{y}}{y_{opt} - \bar{y}} \right|; \quad \xi_y = \left| \frac{y_{opt} - y_{nopt}}{y_{opt}} \right|, \quad (10)$$

де  $\bar{y}$  – середнє арифметичне значення досліджених параметрів;  $y_{opt}$  – оптимальне значення параметра;  $y_{nopt}$  – неоптимальне значення параметра в області дослідження зміни факторів.

Нами за параметр оптимізації обрано параметр  $Y_1$  при фіксованих значеннях  $Y_3$  і  $Y_7$ . Відповідно складена функція мети і система рівнянь Логранжа:

$$\begin{aligned} F = & 178,37 - 16,12 y_1 - 6,44 y_2 - 21,37 y_3 + 4,59 y_1 y_2 + \\ & + 3,36 y_1 y_3 - 13,77 y_1^2 - 8,99 y_2^2 - 5,89 y_3^2 + \lambda_1 (11,92 + 1,81 y_1 + \\ & + 0,22 y_2 + 0,07 y_3 + 0,13 y_1 y_2 - 0,63 y_1 y_3 + 0,13 y_2 y_3 + 1,41 y_1^2 + \\ & + 0,53 y_2^2 + 0,53 y_3^2 - y_6) + \lambda_2 (5,03 - 0,12 y_1 - 0,59 y_3 - 0,35 y_1^2 - \\ & - 0,17 y_2^2 - 0,17 y_3^2 - y_{10}) + \lambda_3 (y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 - R^2), \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial x_1} = & -16,12 + 4,59 y_2 + 3,36 y_3 - 27,54 y_1 + \lambda_1 (1,81 y_1 + 0,13 y_2 - \\ & - 0,63 y_3 + 0,28 y_1^2) + \lambda_2 (-0,12 - 0,7 y_1) + 2 \lambda_3 y_1 = 0, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial x_2} = & -6,44 y_2 + 4,59 y_1 y_2 + 0,31 y_2 - 17,98 y_2 + \lambda_1 (0,22 + 0,13 y_1 + \\ & + 0,13 y_2 + 1,06 y_3) - 0,35 \lambda_2 y_2 + 2 \lambda_3 y_2 = 0, \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial x_3} = & -21,37 y_3 + 3,36 y_1 + 0,31 y_2 - 11,78 y_3 + \lambda_1 (0,07 y_3 - 0,63 y_1 + \\ & + 0,13 y_2 + 1,06 y_3) + \lambda_2 (-0,59 y_3 - 0,34 y_3) + 2 \lambda_3 y_3 = 0, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial \lambda_1} = & 11,92 + 1,81 \chi_1 + 0,22 \chi_2 + 0,07 \chi_3 + 0,13 \chi_1 \chi_2 - 0,63 \chi_1 \chi_3 + 0,13 \chi_2 \chi_3 + \\ & + 1,41 \chi_1^2 + 0,53 \chi_2^2 + 0,53 \chi_3^2 - y_6 = 0, \end{aligned} \quad (15)$$



$$\frac{\partial F}{\partial \lambda_2} = 5,03 - 0,12y_1 - 0,59y_3 - 0,35y_1^2 - 0,17y_2^2 - 0,17y_3^2 - y_{10} = 0, \quad (16)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda_3} = y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 - R^2 = 0. \quad (17)$$

Оптимізація здійснювалась у кроковому режимі для значень  $0 \leq R \leq 1,682$ , в інтегрованому пакеті MAPLE 13.

Отримано оптимальні значення відгуку:  $Y_1=145,55$ ;  $Y_2=3,01$ ;  $Y_3= 15,14$ ;  $Y_4= 4,85$ ;  $Y_5= 4,64$ ;  $Y_6= 5,01$ ;  $Y_7= 4,47$  при  $P = 495,5$ ,  $\tau = 270$ ,  $T = 300^0\text{K}$ .

На кінцевому етапі, були проведені експериментальна перевірка оптимальних параметрів і оцінка ступеня точності й надійності отриманих значень параметрів оптимізації. При значеннях факторів ( $P = 500$ ,  $\tau = 270$ ,  $T = 300^0\text{K}$ ), що наближені до оптимальних, було проведено десять паралельних опитів, результати їх статистичної обробки наведено в табл. 5.

*Таблиця 5 – Результати оптимізації*

Параметр оптимізації	Значення параметрів		Дисперсія $S^2$	Критерій $t_p$	Помилка $\delta$	Довірчий інтервал
	$y^p$	$y^e$				
$Y_1$	144,13	140,90	26,55	1,98	3,73	140,40...147,86
$Y_3$	15,28	14,75	0,64	2,16	0,58	14,70...15,86
$Y_7$	4,45	4,25	0,09	1,89	0,22	4,23...4,67

Правильність вибору раціональних значень керівних факторів була підтверджена низкою паралельних експериментів, які показали достатню подібність результатів.

**Висновки.** Проведено оптимізацію процесу обробки пасти з прямих трав. Отримано рівняння регресії, що має практичне значення для розрахунків вибору параметрів процесу обробки пасти з прямих трав. Доведено, що найдоцільніше для пасти з прямих трав застосовувати такі параметри обробки:  $P = 500$ ,  $\tau = 270$ ,  $T = 300^0\text{K}$ .

*Список літератури*

1. Протодяконов М. М. Методика рационального планирования экспериментов / М. М. Протодяконов, Р. И. Тедер. – М. : Наука, 1970. – 76 с.
2. Сукманов В. А. Сверхвысокое давление в пищевых технологиях. Состояние проблемы : монография / В. А. Сукманов, В. А. Хазипов. – Донецк : ДонГУЭТ, 2003. – 168 с.

3. Охременко С. І. Планування експериментального дослідження з пошуку оптимальних умов обробки високим тиском пасти з прямих трав / С. І. Охременко // Луцький національний технічний університет. Товарознавчий вісник : зб. наук. праць. – Луцьк, 2012. – Вип. 5. – С. 363–367.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© В.О. Сукманов, О.І. Бескровний, С.І. Охременко, 2012.

УДК 664.68

**А.М. Дорохович**, д-р техн. наук (НУХТ, Київ)

**Н.П. Лазоренко**, канд. техн. наук (НУХТ, Київ)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИПІКАННЯ МАФФІНІВ НА САХАРОЗІ (ЦУКРІ БІЛОМУ КРИСТАЛІЧНОМУ), ФРУКТОЗІ ТА ЛАКТУЛОЗІ**

*Розглянуто процес випікання маффінів на різних цукрах, визначено оптимальні умови їх випікання, досліджено кінетику зміни температури центральних та поверхневих шарів маффінів на сахарозі та фруктозі, визначено ріст заготовки в процесі випікання.*

*Рассмотрен процесс выпекания маффинов на различных сахарах, определены оптимальные условия их выпекания, исследована кинетика изменения температуры центральных и верхних слоев маффинов на сахарозе и фруктозе, определен рост заготовки в процессе выпечки.*

*The process of baking of maffiniv is considered on different cukrozaminnikakh, certainly optimum terms of baking of maffiniv, investigational kinetics of change of temperature of central and superficial layers of maffiniv on sugar and fructose, certainly growth of purveyance in the process of baking.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Усі борошняні кондитерські вироби підлягають термічній обробці, внаслідок чого, тістова заготовка набуває якісно нових характеристик, які формують органолептичні та структурно-механічні показники, харчову та біологічну цінність, створюють відповідні умови транспортування та зберігання.

Серед різних груп БКВ досить широко користуються популярністю бісквіти, кекси на хімічних розпушувачах, зараз набуває популярності новий вид борошняних кондитерських виробів – маффіни. Маффіни – це золота середина між кексом і масляним бісквітом.