УДК 631.365

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОЦЕС СУШІННЯ МОЛОКА

Казаков Д.Д., ст. викл., Якуба О.Р., д.т.н.,проф.,
(Сумський національний аграрний університет)

В роботі розглянуто вплив вхідних параметрів: температура на вході в сушильну камеру, витрати повітря на сушіння, число обертів механічної мішалки на процес сушіння. Методом планування експеременту встановлений вплив вхідних параметрів витрат повітря, температури та число обертів мішалки на продуктивність по випареній волозі при сушінні молока. По методу крутого сходження при постійних витратах нагрітого повітря та обмеженій температурі досягнута максимальна продуктивність.

Багаточисельні дослідження, які проводяться в процесі сушіння молока в сушарках з псевдозрідженим шаром інертного носія (рис.1) зводяться до вирішення задач, направлених на знаходження оптимальних умов протікання процесів сушіння.

Метою роботи є визначення впливу вхідних параметрів на процес сушіння. Для визначення впливу параметрів входу був проведений статистичний метод планування експеременту. [1,2]. В якості вхідних параметрів були взяті:

- температура на вході в сушильну камеру, t° С;
- витрати повітря на сушіння, $м^3$/год;
- число обертів механічної мішалки, об/хвил.

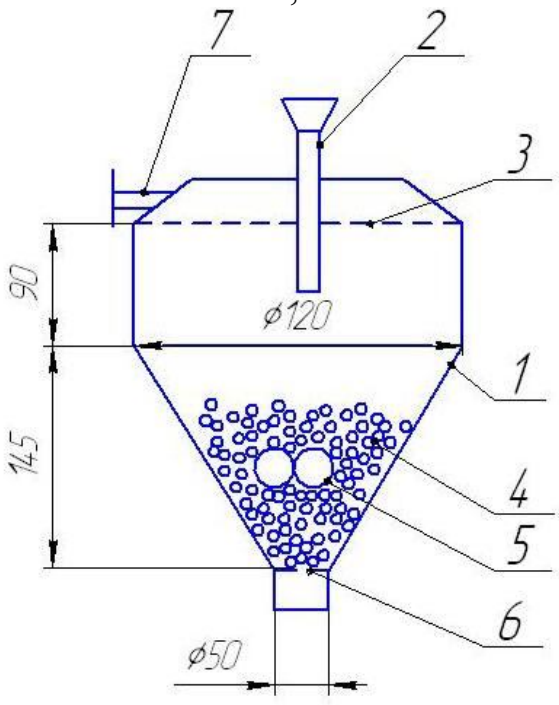

Рисунок 1 - Сушарка з інертним носієм: 1 - циліндро-конічний корпус; 2 - відбійна решітка; 3 - загрузочна воронка; 4 - вхідний патрубок повітря; 5 -

патрубок виходу використаного повітря; 6 - механічна мішалка; 7 - інертний носій

Кількість завантаженої крихти прийнята в кількості 50 г. [3]. На першому етапі досліджень був реалізований повторний факторний експеремент типу 2^3.

В таблиці приведені рівні інтервалу варіювання.

Таблиця 1 - Рівні та інтервали варіювання факторами.

Найменування	Витрати повітря, м3/год.	tºС, сушіння	Число обертів мішалки,об/хв.	Продуктивність по волозі г/год.
Нижній рівень	50	100	100	45
Верхній рівень	100	120	200	124
Базовий рівень	75	110	150	
Інтервал варіювання	25	10	50	
Кодове значення	X1 Q	X2 T	X3 N	Y

Рівні факторів і інтервали варіювання були вибрані по результатам попередніх досліджень.

В якості параметра оптимізації вибрана продуктивність по вологому продукту г/год і позначена через Y.

Розглянемо вплив окремих параметрів на продуктивність сушіння по волозі представлених в таблиці 2. Продуктивність, яка досягнута в двох експеременгах відмічена через Y_1, і Y_2, а середнє значення відмічено $\bar{Y}$.

План 2^3 реалізований в вигляді таблиці. Він дозволяє одержати рівняння Y=f (x) та окремі коофіцієнти регресії і скласти рівняння у вигляді:

$$Y= b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{13}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \qquad (1).$$

Таблиця 2 – План експерементальних досліджень та реалізація їх типу 2^3.

Кодове позначення																
Номер досліду	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$X_1X_2X_3$	y1	y2	$(Y_1-\bar{Y})$	$(Y_1-\bar{Y})^2$		$(y2-\overline{\gamma})$	$(y_{2^-}\overline{y})^2$
1	+	-	-	-	+	+	+	-	44	48	-2	4	2	4	46
2	+	+	-	-	-	-	+	+	60	62	-1	1	1	1	61
3	+	-	+	-	-	+	-	+	59	63	-2	4	2	4	61
4	+	+	+	-	+	-	-	-	61	67	-3	9	3	9	64
5	+	-	-	+	+	-	-	+	67	71	-2	4	2	4	69
6	+	+	-	+	-	+	-	-	100	110	-5	25	5	25	105
7	+	-	+	+	-	-	+	-	80	82	-1	1	1	1	81
8	+	+	+	+	+	+	+	+	120	118	-4	16	4	16	124

Коофіцієнти регресії в рівнянні (1) визначені по залежності для варіанта продуктивності за вологою $\bar{\gamma}$ = ¯w. Коофіцієнти регресії в рівнянні (1) визначені по залежностям b = $\frac{\sum_{i=1}^{N} Y_n}{N}$; $b_n = \frac{\sum_{n=1}^{N} X_{in} Y_n}{N}$; $b_{ie} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_{in} \cdot x_{en} \cdot Y_n}{N}$;

В результаті розрахунків були отримані наступні значення коофіцієнтів [3,4,5]. b_0 = 76,375; b_1= 12,125; b_2= 6,125; b_3=18,375; b_{12}= - 0,625; b_{13}= 7,625; b_{23} = 1,625; b_{123} = 2,325.

Після підстановки значень коофіцієнтів в рівняння (1). Воно прийняло вигляд:

$$Y = 76,375 + 12,125\ x_1 + 6,125\ x_2 + 18,375\ x_3 - 0,625\ x_1x_2 + 7,625\ x_1x_3 + \\ + 1,625\ x_2x_3 + 2,375\ x_1x_2x_3 \qquad (2).$$

Для перевірки гіпотези адекватності моделі, представленій рівнянням (2) знаходимо дисперсію адекватності:

$$S_{ad} = \frac{\sum_{n-1}^{N} (Y_n - \bar{Y})^2}{f} \qquad (3)$$

де Y_n – експеременталні значення параметра оптимізації в n-м досліді.

$\bar{Y}$- середнє значення параметра отимізації в n-ому досліді, яке розраховується за рівнянням (3), f – число ступенів вільності,

f=N-(K+1); K – число факторів яке дорівнює 3. Для розрахунку суми, яка входить в рівняння (3), проаналізуєм дані та проведем розрахунки

$$\sum (Y_i - \bar{Y}_i)^2 = 4+1+4+9+4+25+1+16=64$$

$$G_y^2 = \frac{\sum_{n-1}^{N} (Y_1 - Y_i)^2}{N} = \frac{64}{4} = 16$$

$$G_{bi} = \sqrt{\frac{G_y^2}{N}} = \sqrt{2} = 1,41$$

Значення критерія Стьюдента (t) для різних коефіцієнтів регресії вичислимо по залежності t = $\frac{b_i}{G_{bi}}$:

b_1 : t = $\frac{76,375}{441}$ = 54,163;

b_1 : t = $\frac{12,125}{1,41}$ =8,6;

b_2 : t = $\frac{6,125}{1,41}$ = 4,34;

b_3 : t = $\frac{18,375}{1,41}$ = 13,03;

$b_{12} : t = \frac{6,625}{1,41} = 0,44;$

$b_{13} : t = \frac{7,625}{1,41} = 5,4;$

$b_{23} : t = \frac{1,625}{1,41} = 1,1524;$

$b_{123} : t = \frac{2,375}{1,41} = 1,68;$

Табличне значення критерія Стьюдента при f = 4 та надійності 0,95 складає t= 2,306. Виключивши перемінні x_1x_2; x_2x_3; x_{123} отримаємо:

$$Y= 76,375 + 12,125\ x_1 + 6,125\ x_2 + 18,375\ x_3 + 7,625\ x_1x_3 \qquad (4)$$

Перевіримо на адекватність за критерієм Фішера (1,2,4,5) : F_{kp} = [0,95 : 4:0] = 8,84.

$F_p = \frac{G_y^{\ 2}}{G_{bi}^{\ 2}} = \frac{16}{1,99} = 8$; $F_p < F_{kp}$ – рівняння адекватне.

Для встановлення оптимальних значень продуктивності скористаємося методом крутого сходження. Складем таблицю 3:

Таблиця 3 – Оптимальні значення методом крутого сходження

Змінні	Витрати, $м^3$/год	Температура,ºС	Число обертів мішалки, об/хв
Позначення перемінних	X_1	X_2	X_3
Нижній рівень	50	100	100
Верхній рівень	100	120	200
Базовий рівень	75	110	150
Кооффіцієнти регресії	12,125	6,125	18,375
Інтервал варіювання	25	10	100
Ві Δ х інтервал варіювання	303,125	61,25	918,75
Відповідаючий зміні x_3 на 100	32,98	6,654	0,1088
Округлено початок крутого сходження	70 $м^2$/хв.	5ºС	100 об./хв.

За початок крутого сходження приймаємо дослід 8 з максимальною продуктивністю по випареній волозі W(γ) = 124 $\frac{г \cdot вологи}{годину}$

Таблиця №4 – Круте сходження.

Дослід 8	X_1 = 100$м^3$/год.	X_2 = 120ºС	X_3 = 200 об./хв.	W(γ) = 124 г/год.
Круте сходження. Дослід 1.	100	125	300	140
Дослід 2	-------	130	400	160

Дослід 3	-------	135	500	180
Дослід 4	-------	140	600	200
Дослід 5	-------	145	700	220
Дослід 6	-------	150	700	230
Дослід 7	-------	150	900	245
Дослід 8	-------	150	1000	250

Висновки: Методом планування експеременту встановлений вплив вхідних параметрів витрат повітря, температури та число обертів мішалки на продуктивність по випареній волозі при сушінні молока. По методу крутого сходження при постійних витратах нагрітого повітря та обмеженій температурі досягнута максимальна продуктивність при температурі 150ºС та числу обертів мішалки 1000 об./хв.

Список літератури

1. Налимов В.В., Черновап Н.А. Статические методы планирования екстримальных экспериментов.-М: Наука, 1965.-340с.
2. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981.- 184г.
3. Сабадаш С.М., Якуба О.Р., Касянчук В.В. Дослідження процесу сушіння молока в сушарках із псевдозрідженим шаром. Вісник СНАУ, вип. 3(19), 2008-с.111-114.
4. Адлер Ю.П., Марков Є.В., Грановский Ю.В. Планирование експерименте при поиске оптимальных условий.-М.: Наука, 1926.- 279с.
5. Харман К. Лецкий Э., Шефер В. Планирокание экспериментов.-М.: Мир, 1977.-с. 552.

Анотация

Исследование влияния входных параметров на процесс сушки молока

Казаков Д.Д., Якуба О.Р.

В работе рассмотрено влияние входных параметров: температура на входе в сушильную камеру, расхода воздуха на сушку, число оборотов механической мешалки на процесс сушки. Методом планирования эксперимента установлено влияние входных параметров расхода воздуха, температуры и число оборотов мешалки на производительность по выпаренной влаге при сушке молока. По методу крутого восхождения при постоянных затратах нагретого воздуха и ограниченной температуре достигнута максимальная производительность.

Study of input parameters on the process of dry milk

D.Kazakov, O.Yakuba

In this paper, the influence of the input parameters: temperature at the inlet of the drying chamber, air flow for drying, mechanical stirrer speed on the drying process. The method of experiment planning The influence of the input parameters of air flow, temperature and stirrer speed on the performance of moisture evaporated during drying of milk. After a steep ascent method with fixed costs and limited hot air temperature reached maximum capacity.