

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ГТО ЗЕРНА ПРОСА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МУКИ

Анисимова Л.В., Сидорова А.А., Соколова Ю.Ю., Тужилкина В.В  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова  
(г. Барнаул)

При разработке любой технологии существенным моментом является выбор оптимальных режимов ее отдельных процессов. Для достижения поставленной цели широко используются математические методы планирования экспериментов, позволяющие получить модель, на основе которой находят оптимальный вариант.

Гидротермическая обработка ГТО зерна проса при получении муки позволяет улучшить ее качество, в том числе повысить стойкость при хранении. Кроме того, исследуемый способ ГТО, включающий операции увлажнения зерна (при атмосферном давлении), его последующее отволаживание и сушку, понижает прочность ядра, что дает возможность снизить затраты энергии при его размоле.

Нами изучалось совместное влияние основных параметров исследуемого способа ГТО зерна проса (влажности зерна после увлажнения, температуры агента сушки и влажности зерна после сушки) на эффективность его шелушения, выход муки, показатель степени измельчения ядра, содержание декстринов в просяной муке.

В опытах использовали зерно проса урожая 2009 г., выращенного в Алтайском крае, с исходной влажностью 12,7 %, пленчатостью 23,2 %.

Фракцию зерна проса, идущую сходом с сита 1,6×20 мм, направляли на ГТО, а затем на шелушение в лабораторном вальцедековом станке. Далее нешелушеное зерно, оставшееся после первого пропуска через вальцедековый станок, направляли на повторное шелушение. Целое и дробленое ядро измельчали на лабораторной мельнице. Просяную муку получали проходом через сито № 045.

Зерно при проведении ГТО увлажняли путем добавления расчетного количества воды до заданного уровня влажности, затем отволаживали в течение 12 часов. Далее зерно сушили в лабораторной сушилке в потоке нагретого воздуха до определенной влажности при различной температуре агента сушки. Влажность зерна после увлажнения и после сушки определяли стандартным методом в соответствии с ГОСТ 13586.5-93.

Эффективность шелушения зерна оценивали коэффициентами шелушения  $K_{ш}$  и цельности ядра  $K_{ц.я.}$  [1]. Показатель степени измельчения  $ПСИ$  ядра, характеризующий его прочностные свойства, определяли в соответствии с предложенной нами модификацией известной методики ВНИИЗ (для зерна пшеницы) применительно к ядру проса. Содержание декстринов в муке находили по методике, разработанной М. П. Поповым и Е. С. Шаненко.

Для отыскания оптимальных условий ведения процесса ГТО применили методы математического планирования экспериментов [2].

Уровни и интервалы варьирования факторов ГТО зерна приведены в таблице 1.

Время отволаживания зерна после увлажнения  $t_{оме}$  выбрали по результатам однофакторных экспериментов ( $t_{оме} = 12$  ч).

Математическую модель процесса получили на основе плана полного факторного эксперимента ПФЭ  $2^3$ . В качестве критериев оптимальности выбрали следующие показатели:

- коэффициент шелушения  $K_{ш} - y_I, \%$ ;
- коэффициент цельности ядра  $K_{ц.я.} - y_{II}$ ;
- выход просяной муки  $B_m - y_{III}$ ;
- показатель степени измельчения ядра  $ПСИ - y_{IV}, \%$ ;
- содержание декстринов в просяной муке  $C_d - y_V, \%$ .

После реализации плана эксперимента и статистической обработки опытных данных получили уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс ГТО зерна проса:

$$y_I = 58,40 - 1,09x_1 - 1,84x_2 - 0,79x_3 + 0,74x_2x_3 - 1,06x_1x_3 - 1,09x_1x_2x_3; \quad (1)$$

$$y_{II} = 0,90 - 0,01x_1 + 0,03x_2 + 0,01x_3 - 0,01x_1x_3; \quad (2)$$

$$y_{III} = 67,8 + 0,4x_1 + 4,3x_2; \quad (3)$$

$$y_{IV} = 84,20 - 0,89x_1 - 0,84x_2 + 0,49x_1x_2; \quad (4)$$

$$y_V = 0,55 + 0,06x_1 + 0,03x_2 + 0,02x_3 + 0,03x_1x_2 - 0,05x_2x_3 - 0,03x_1x_3; \quad (5)$$

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ГТО ЗЕРНА ПРОСА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МУКИ

Таблица 1 – Факторы и интервалы их варьирования

Фактор	Ед. измерения	Кодовое обозначение	Уровень факторов			Интервал варьирования
			нижний	основной	верхний	
Влажность зерна после увлажнения $W_3$	%	$x_1$	19	23	27	4
Температура агента сушки $t_{ac}$	°С	$x_2$	80	120	160	40
Влажность зерна после сушки $W_{3c}$	%	$x_3$	11,5	13,0	14,5	1,5

В связи с тем, что отдельные факторы ГТО (влажность зерна после увлажнения, температура агента сушки и влажность зерна после сушки) влияют на выход процесса ( $K_{ш}$ ,  $K_{ц.я}$ ,  $V_m$ , ПСИ,  $C_d$ ) по-разному, в отдельных случаях противоположным образом, провести оптимизацию процесса, например, по методу «крутого восхождения» не представляется возможным. Поэтому для отыскания оптимальных условий ведения процесса воспользовались графическим методом.

При выборе оптимальных условий процесса ГТО зерна проса ввели ряд ограничений. Так, коэффициент шелушения зерна должен быть не менее 58 %, показатель степени измельчения ядра – не ниже 84 %, содержание декстринов в муке должно составить не менее 0,5 %. Коэффициент цельности ядра и выход муки должны стремиться к максимально возможным уровням.

Анализ графиков позволил подобрать следующие оптимальные условия процесса ГТО зерна: влажность зерна после увлажнения – от 20 % до 22 %; влажность зерна после сушки – от 13,5 % до 14,0 %; температура

агента сушки – от 135 °С до 140 °С. Длительность отволаживания зерна после увлажнения равнялась 12 часам. При этом теоретические значения величин, характеризующих выход процесса, составляют:  $K_{ш} = 58,5$  %;  $K_{ц.я} = 0,92$ ;  $V_m = 70$  %; ПСИ = 84 – 85 %;  $C_d = 0,50$  %.

В опытах, проведенных при подобранных оптимальных режимах гидротермической обработки, получили результаты, подтверждающие правильность выбора условий ГТО зерна проса при получении муки ( $K_{ш} = 58,9$  %;  $K_{ц.я} = 0,93$ ;  $V_m = 69,5$  %; ПСИ = 84 %;  $C_d = 0,51$  %).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников, Е.М. Технология крупяного производства / Е.М. Мельников. – М. : Агропромиздат, 1991. – 207 с.
2. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов / Ю. П. Грачев. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.