

## ПЛОТНОСТНОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАХМАЛИСТОСТИ КАРТОФЕЛЯ

Е. А. ЯЦЕНКО, В. И. ЛУЦЫК, И. Е. ИЗВОЛЕНСКИЙ

Киевский ордена Трудового Красного Знамени технологический институт  
пищевой промышленности

Для проведения полного автоматизированного контроля качества картофеля при его приемке и заготовке разработана автоматизированная система экспресс-анализа качества картофеля АСЭАК-К, экспериментальный образец которой успешно прошел межведомственные испытания [1, 2].

Одним из основных параметров качества картофеля при его приемке от поставщиков является крахмалистость  $K_p$ , для определения которой при массовой приемке предприятия используют весы Парова [3]. Принцип такого измерения  $K_p$  основан на зависимости между плотностью и содержанием сухих веществ  $СВ$  картофеля с последующим нахождением  $K_p$  по разности между общим содержанием  $СВ$  и некрахмалистых  $СВ$ .

Для определения  $K_p$  в подмороженном и гнилом картофеле заменяют метод Эверса. В КТИПП разработан поляриметрический метод определения  $K_p$  в зерне и картофеле [5]. При биохимических исследованиях картофеля для сравнительной оценки  $K_p$  нашел применение физический метод, основанный на определении  $K_p$  по плотности или концентрации клеточного сока [6].

Для определения общего содержания углеводов в бражках спиртового производства применяется калориметрический антроновый метод ВНИИПрБ [7].

Физико-химические методы определения  $K_p$  сложны, громоздки, длительны, оперируют малыми навесками (порядка 30—50 г), требуют измельчения клубней и трудно поддаются технической реализации в автоматизированных системах.

Из перечисленных методов определения  $K_p$  для реализации в автоматизированных системах определения качества наиболее перспективен плотностной метод. Он позволяет совместить в одном устройстве определение загрязненности и  $K_p$  пробы картофеля; анализируется вся проба (в АСЭАК массой 20—50 кг), что обеспечивает высокую ее представительность по отношению к партии картофеля и повышает точность определения  $K_p$  партии в целом; не требуется измельчения клубней пробы; простыми техническими средствами можно добиться высокой степени автоматизации определений.

Состояние метрологического обеспечения весов Парова показывает, что понятие «точность» определения с их использованием не соответствует точности метода, так как указанная точность шкалы  $K_p$  соответствует цене деления весов или точности измерения массы пробы. Точность метода определения  $K_p$  при этом метрологически не обоснована.

Основными источниками снижения точности определения  $K_p$  на весах Парова являются следующие: в основу градуировки положена таблица Меркера, в которой погрешности составляют  $\pm 2\%$ ; содержание некрахмалистых веществ  $СВ$  принимают постоянным (5,75 или 5,8%), между тем как оно колеблется в пределах от 4,68 до 11% и находится в прямой зависимости от общего содержания  $СВ$  [6]; для анализа берут постоянную навеску 5000 г (для мокрого картофеля,

5050 г), что затрудняет применение метода в автоматизированных

системах, снижает представительность пробы и точность определения  $Kp$  партии; не позволяют определять крахмалистость ниже 10%, в то время как в низокрахмалистых сортах картофеля это может иметь место.

В связи с перечисленными недостатками возникла необходимость разработки модифицированного плотностного метода, удовлетворяющего требованиям АСЭАК-К: быстрой определения, достаточная точность, высокая представительность пробы, возможность технической реализации простыми средствами и полной автоматизации определений. Разработку выполнила группа сотрудников КТИПП под руководством Архиповича Н. А.

В разработанном методе  $Kp$  картофеля определяют для чистой, отмытой от земли пробы на лабораторной установке для определения массы картофеля в воздухе  $M_a$  и массы картофеля в воде  $M_{вод}$ .

Алгоритм определения  $Kp$  состоит в том, что измеряют  $M_a$ ,  $M_{вод}$  и температуру воды  $t_{вод}$  при измерении  $M_{вод}$ . По значениям  $M_a$ ,  $M_{вод}$  и  $t_{вод}$  вычисляют плотность картофеля  $\rho_k$  по формуле:

$$\rho_k = \frac{M_a \cdot \rho_{t_{вод}}}{M_a - M_{вод}}, \quad (1)$$

где  $\rho_{t_{вод}}$  — коэффициент, учитывающий изменение плотности воды в зависимости от  $t_{вод}$  и численно равный плотности воды при температуре измерения  $M_{вод}$ ;

0,99 — коэффициент, учитывающий поверхностную влагу клубней при измерении  $M_a$  мокрого картофеля.

Вычисляют  $CB$ , % по формуле, выведенной экспериментально:

$$CB = \frac{296,08 \cdot (\rho_k - 1)}{\rho_k}. \quad (2)$$

По корреляционной зависимости между  $Kp$  и  $CB$  вычисляют  $Kp$ , %:

$$Kp = 0,84 CB - 3,24. \quad (3)$$

В качестве контрольного при определении  $Kp$  картофеля использован поляриметрический метод КТИПП.

Результаты исследования модифицированного плотностного метода определения  $Kp$  для картофеля сортов Столовый (1), Прикульский ранний (2), Полисянка (3) и Житомирянка (4) приведены в таблице.

Для двух последних сортов число повторений анализов одной и той же пробы уменьшено до четырех, так как при увеличении числа повторений наступало изменение физических характеристик объекта (картофеля) при определении  $M_{вод}$ .

Таблица

С	п	Модифицированный плотностный метод при определении						Кр поляри- метри- ческий мето- д	Погрешность, %					
		массы пробы в воздухе			массы пробы в воде				отно- сите- ль- ная	абсо- лют- ная				
		$M_a$	$\bar{X}$	$\sigma_x$	$\sigma_x$	$\bar{X}_1$	$\sigma_{x1}$				$Kp$ , %	$\sigma_x$		
1	20	5215	5222,2	2,91	0,65	455	455,6	0,5	0,11	18,03	0,004	17,86	0,17	0,95
2	19	5405	5412	3	0,68	405	407	2,5	0,56	14,97	0,03	15,18	-0,21	1,38
3	4	1915	1918,7	2,5	1,25	205	208,7	2,5	1,25	23,52	0,14	22,69	0,83	3,66
4	4	2085	2088,8	2,5	1,52	190	190	—	—	19,05	0,025	18,56	0,49	2,64

С — условный номер сорта; п — число опытов;  $\bar{X}$  — среднее арифметическое;  
 $\sigma_x$  — среднее квадратичное отклонение;  $\sigma_{x1}$  — среднее квадратичное отклонение  
 среднего арифметического.

Наибольшая суммарная абсолютная погрешность модифицированного плотностного метода, %:

$$\Delta_{\text{м}} = 1,1 \sqrt{\frac{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2}{4}} =$$

$$= 1,1 \sqrt{\frac{0,17^2 + 0,21^2 + 0,83^2 + 0,49^2}{4}} =$$

$$= 1,1 \sqrt{0,2505} = 0,55.$$

Наибольшая суммарная относительная погрешность, %:

$$\sigma_{\text{м}} = 1,1 \sqrt{\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2}{4}} =$$

$$= 1,1 \sqrt{\frac{0,95^2 + 1,38^2 + 3,66^2 + 2,64^2}{4}} =$$

$$= 1,1 \sqrt{5,793} = 2,65.$$

Пример расчета  $K_p$  предложенным методом:  $M_g = 4065$  г;  $M_{\text{вод}} = 445$  г;  $t_{\text{вод}} = 18^\circ\text{C}$ ;  $\rho_{\text{вод}} = 0,998621$  г/см<sup>3</sup>. Определяем плотность картофеля по формуле (1):

$$\rho_{\text{к}} = \frac{M_g \cdot \rho_{\text{вод}}}{M_g - M_{\text{вод}}} = \frac{4065 \cdot 0,998621}{4065 - 445} = 1,12138 \text{ г/см}^3,$$

по формуле (2) вычисляем:

$$CB = \frac{296,08 \cdot (\rho_{\text{к}} - 1)}{\rho_{\text{к}}} = \frac{296,08 \cdot (1,12138 - 1)}{1,12138} = 32,048 \approx 32,05 \%$$

По корреляционной зависимости (3) определяем  $K_p$  картофеля:

$$K_p = 0,84 CB - 3,24 = 0,84 \cdot 32,05 - 3,24 = 23,68 \%$$

### ВЫВОДЫ

Разработанный модифицированный плотностной метод обеспечивает точность определения крахмалистости 0,5 абс.%, требуемую по ГОСТ 7194—81 [3]; позволяет определять крахмалистость ниже 10% и выше 30%; обеспечивает высокую представительность пробы при ее массе в пределах от 5 до 50 кг; представляет возможность определять по массе пробы в воздухе, массе в воде и температуре воды одновременно три параметра качества картофеля: плотность, содержание сухих веществ и крахмалистость; позволяет добиться высокой степени автоматизации простыми техническими средствами; в настоящее время аттестован и рекомендуется к применению в автоматизированных системах экспресс-анализа качества картофеля.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Луцк В. И., Скобло Д. И. Автоматизация управления процессами пищевых производств по показателям качества сырья, полупродуктов и готовой продукции. — Изв. вузов СССР, Пищевая технология, 1980, № 3, с. 44.
2. А. с. 1030723 (СССР). Линия автоматизированного определения показателей качества картофеля / Н. А. Архипович, Б. Е. Беленький, В. Т. Горяжа и др. — Оpubл. в Б. И., 1983, № 27.
3. ГОСТ 7194—81. Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества. — М., Изд-во стандартов, 1981.
4. Щербakov И. М., Бурман М. Е. Контроль и учет производства картофельного крахмала. — М.: Пищепромиздат, 1951. — 111 с.
5. Архипович Н. А., Волошаненко Г. П. Определение крахмала в зерне и картофеле. — Труды Киев. технол-ого ин-та пищ. пром-сти, 1962, вып. 25, с. 44.
6. Вечер А. С. Основные проблемы биохимических исследований картофеля. — В сб.: Картофель, Минск. Урожай, 1966. — 235 с.
7. Рухляева А. П. Технохимический контроль спиртового производства. — М.: Пищ. пром-сть, 1974. — 147 с.