

САХАРНАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

ФЕВРАЛЬ
2
1986

Основан в 1923 г.

Москва
ВО
«АГРОПРОМИЗДАТ»

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал-приложение
Государственного агропромышленного комитета СССР

УДК 664.1.054.08

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА КРИСТАЛЛОВ САХАРА В УТФЕЛЕ

А. П. КОЗЯВКИН, В. Н. КУШКОВ, В. Г. ТРЕГУБ КТИП

Гранулометрический состав кристаллов сахара — один из важнейших показателей процесса массовой кристаллизации. В настоящее время в сахарном производстве для объективной оценки гранулометрического состава кристаллов и анализа на его основе работы технологического оборудования и систем автоматизации используют два основных метода: ситовой и микроскопический.

Ситовой анализ фракционного состава требует подготовки большого количества пробы (из расчета получения 100 г сухого сахара), тщательного промывания и высушивания кристаллов. На воспроизводимость измерений значительное влияние оказывают качество применяемых сит, способ отсева, форма кристаллов. Поэтому этот метод применяют в основном для определения состава сухих продуктов, когда не предъявляется повышенных требований к точности измерений.

Микроскопический анализ позволяет более точно определить размеры и форму кристаллов, содержание друз. Известна методика для определения среднего линейного размера и неравномерности кристаллов с помощью микроскопа [1]. Для определения средневзвешенного размера и коэффициента неравномерности по Пауэрсу (аналогично ситовому анализу) предложен расчетно-графический метод обработки экспериментальных данных [2].

К недостаткам методики следует отнести трудности подготовки представительных проб утфеля, особенно с невысоким содержанием кристаллов, и отсутствие анализа точности результатов.

С целью изучения изменения параметров гранулометрического состава кристаллов сахара в процессе уваривания утфеля с требуемой точностью нами усовершенствован микроскопический метод. Пробы утфеля отбирают из вакуум-аппарата, отделяют межкристалльный раствор, а оставшиеся кристаллы промывают раствором, представляющим собой смесь глицерина с метиловым

спиртом в соотношении 1:1, насыщенным сахарозой [3]. Этот раствор разрушает конгломераты и смывает пленку с поверхности кристаллов. Несколько худшие, но вполне удовлетворительные результаты дает применение этилового спирта в растворе вместо метилового.

Для проведения измерений под микроскопом кристаллы со свежим раствором помещают в плоскую стеклянную кювету с высотой стенок не менее 3 мм. Длину и ширину кюветы выбирают, исходя из удобства ее размещения и закрепления на предметном столике. Кристаллы равномерно распределяют по дну кюветы. Наиболее удобен для измерений микроскоп, имеющий окуляр со шкалой и позволяющий перемещать поле зрения (сканировать) по длине и ширине кюветы. При необходимости делают микрофотографии кристаллов.

Число кристаллов, подлежащих обмеру, зависит от требуемой точности определения параметров функции распределения кристаллов по размерам и равномерности кристаллов. Чем выше неравномерность кристаллов и требуемая точность измерений, тем больше кристаллов должно быть обмерено.

Средний по выборке линейный размер $\bar{L}_n$ может отличаться от истинного на величину

$$\Delta l = \frac{tg S_n}{\sqrt{N}}, \quad (1)$$

где Δl — возможное отклонение вычисленного среднего размера от истинного, мм;

tg — критерий Стьюдента (находят по таблицам для $f=N-1$ степеней свободы и уровня значимости q);

S_n — среднеквадратичное отклонение линейного размера, мм;

N — число измеренных кристаллов.

Следовательно, максимальная относительная погрешность определения среднего линейного размера кристалла

$$\Delta l_{отн} = \frac{\Delta l}{\bar{L}_n} \cdot 100 = \frac{tg}{\sqrt{N}} \cdot v_n, \quad (2)$$

где $v_n = \frac{S_n}{\bar{L}_n} \cdot 100$ — коэффициент вариации, %.

Например, при доверительной вероятности $P=0,95$ и $v=50\%$ при $N=100$ относительная погрешность определения среднего

линейного размера кристалла $\Delta l'_{отн} = 10\%$, а при $N=40$ она возрастает до 16% .

Число необходимых для измерения кристаллов целесообразно определять, оценивая по результатам обмеров первых N (например $N=50$) кристаллов средний линейный размер и коэффициент вариации:

$$\bar{l}_n = \sum_{i=1}^N l_i / N; \quad (3)$$

$$v_n = \frac{S_n \cdot 100}{\bar{l}_n} = \frac{100}{\bar{l}_n} \sqrt{\sum_{i=1}^N l_i^2 / N - \bar{l}_n^2}. \quad (4)$$

Тогда минимальное число кристаллов, подлежащее обмеру, находят по формуле

$$N_e = \left(\frac{1g}{\Delta l'_{отн}} v_n \right)^2. \quad (5)$$

Погрешность измерения среднеквадратичного отклонения линейного размера можно найти, используя симметричный доверительный интервал, рассчитанный по критерию χ^2 (4). Для $N \geq 19$ и $q=0,05$ максимальную относительную погрешность измерения среднеквадратичного отклонения, %, определяют по формуле

$$\Delta S_{отн} = 100 / \sqrt{0,518N - 3,2/N - 2,4}. \quad (6)$$

Задаваясь $\Delta S_{отн}$, можно по табл. 1 определить требуемое минимальное число кристаллов N_s .

Когда необходимо определить с заданной точностью как средний линейный размер, так и среднеквадратичное отклонение, минимальное число измеряемых кристаллов находят как максимальное из двух значений N_e и N_s . Учитывая, что $\Delta S_{отн}$ не зависит от оценок $\bar{l}_n$ и S_n , число первых N кристаллов выбирают равным N_s . Определив их размеры, находят N_e по формуле (5). В конце измерений уточняют значения $\bar{l}_n$, S_n и v_n по формулам (3) и (4).

Например, априорно заданы $\Delta l'_{отн} = 5\%$, $\Delta S_{отн} = 10\%$. Из табл. 1 находят $N_s = 198$. Определив их размеры, рассчитывают по формулам (3) и (4) оценки $\bar{l}_n = 0,50$ мм, $v_n = 40\%$, а по формуле (5): $N_e = (1,97 \times 40/5)^2 = 249$. Измерив дополнительно размеры $249 - 198 = 53$ кристаллов, уточняют искомые средний размер, среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации.

При построении вариационного ряда количества интервалов, на которые разбивается диапазон размеров кристаллов, при построении гистограмм и графиков рекомендуется вычислять по эмпирическому уравнению (5):

$$M \approx \lg_2 N + 1. \quad (7)$$

Определить средневзвешенный размер $\bar{l}_m$ и коэффициент вариации v_m по массе кристаллов, соответствующие ситовому анализу, можно и не прибегая к разбивке диапазона измеренных значений на интервалы и вычерчиванию графика функции распределения. При этом учитывают, что массовая

Таблица 1

$\Delta S_{отн}, \%$	20	15	10	8	6	5	4
N_s	53	91	198	306	541	778	1250

доля i -го кристалла пропорциональна кубу его линейного размера, т. е.

$$\alpha_i = m_i / \sum_{i=1}^N m_i = l_i^3 / \sum_{i=1}^N l_i^3, \quad (8)$$

где m_i — масса i -того кристалла, мг.

Для средневзвешенного размера кристалла получим

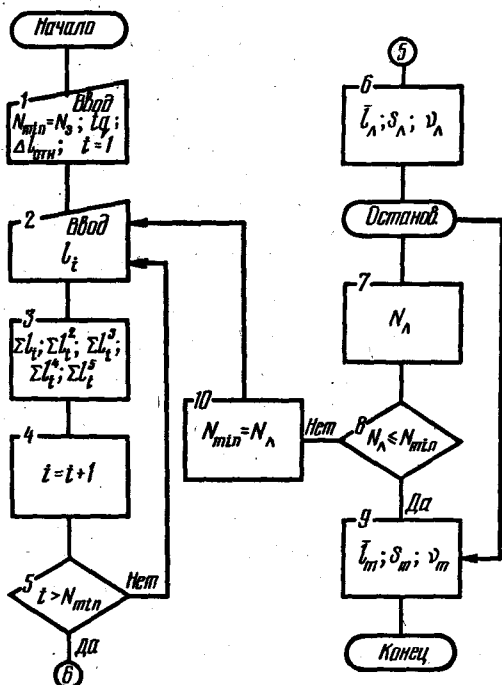
$$\bar{l}_m = \sum_{i=1}^N \alpha_i l_i = \sum_{i=1}^N l_i^4 / \sum_{i=1}^N l_i^3, \quad (9)$$

а для коэффициента вариации

$$v_m = \frac{S_m}{\bar{l}_m} 100 = \frac{100}{\bar{l}_m} \sqrt{\sum_{i=1}^N (l_i - \bar{l}_m)^2 \alpha_i} =$$

$$= \frac{100}{\bar{l}_m} \sqrt{\sum_{i=1}^N l_i^2 \alpha_i - \bar{l}_m^2} =$$

$$= \frac{100}{\bar{l}_m} \sqrt{\sum_{i=1}^N l_i^5 / \sum_{i=1}^N l_i^3 - \bar{l}_m^2}.$$



Блок-схема алгоритма расчета параметров гранулометрического состава кристаллов

Таблица 2

$\tau_{\text{ж}}$	$\bar{L}_d$ мм	S_d мм	v , %	$\bar{L}_m$ мм	S_m мм	v_m %
0,10	0,13	0,06	47	0,21	0,07	31
0,23	0,29	0,15	52	0,52	0,16	31
0,65	0,62	0,28	45	0,88	0,19	21
1,00	0,90	0,41	46	1,30	0,29	22

$\tau_{\text{ж}}$ — относительное время роста кристаллов.

Применение программируемых микрокалькуляторов существенно упрощает процесс расчетов по приведенным формулам. Блок-схема расчета показана на рисунке.

После измерения каждого кристалла его значение вводится в микрокалькулятор. В конце расчета получают искомые значения $\bar{L}_d$, S_d , v_d и $\bar{L}_m$, S_m , v_m . В зависимости от целей исследования рассчитывают и другие характеристики; средний поверхностный (эквивалентный) диаметр, среднюю массу кристалла и др.

Описанную методику использовали для определения изменения параметров фракционного состава кристаллов сахара в процессе уваривания утфеля I кристаллизации на Носовском сахарном заводе. В табл. 2 приведены примеры обработки данных одного цикла уваривания.

Определяемый средний линейный размер в реальных условиях всегда меньше средневзвешенного, причем разница увеличивается с ростом неоднородности кристаллов. Коэффициент вариации, вычисленный по массе кристаллов, значительно ниже опре-

деляемого по линейному размеру вследствие уменьшения доли мелких частиц в общей массе. Из табл. 2 видно также, что в процессе роста кристаллов в вакуум-аппарате возрастают как средние размеры кристаллов, так и их среднеквадратичные отклонения, что является результатом совместно протекающих процессов роста и растворения кристаллов. Таким образом, диапазон размеров частиц расширяется к концу процесса уваривания утфеля.

Описанная методика может использоваться для определения с требуемой точностью параметров фракционного состава кристаллов сахара в процессе уваривания и кристаллизации утфелей, а также в сыпучих готовых продуктах.

Список использованной литературы

1. Соколова А. Л., Терешин Б. Н. Оценка неоднородности размеров кристаллов сахара. — Сахарная промышленность, 1965, № 1, с. 19—22.
2. Кот Ю. Д., Белостоцкий Л. Г. Определение гранулометрического состава кристаллов сахара в утфеле. — Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1968, № 5, с. 168—169.
3. Carragana, L. y A. Koziavkin. Determinación de la composición granulométrica en azúcar y productos intermedios utilizando el microscopio. — Revista Cuba Azucar, 1985, julio — septiembre, p. 3—8.
4. Трохименко Я. К., Любич Ф. Д. Инженерные расчеты на программируемых микрокалькуляторах. — Киев: Техника, 1985. — 328 с.
5. Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное издание. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 473 с.

УДК 664.126.1.039.3

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО АППАРАТА СОКА I САТУРАЦИИ Ш1-ПАС-6,0 НА ТЕОФИПОЛЬСКОМ САХАРНОМ ЗАВОДЕ

Ю. В. АНИКЕЕВ, В. Ф. ШУТКА,
В. А. ШЕСТАКОВСКИЙ, А. М. ФЕЩЕНКО
ВНИИСП

Г. Н. ХЕЙЗЕ

Главсахар
М. П. СПИВАК, В. И. ПЕТРИК
Теофипольский сахарный завод
Э. П. ТКАЧЕНКО
Смелянское СКБ

С целью улучшения работы аппаратов I сатурации производительностью 3 и 6 тыс. т свеклы в сутки НПО «Сахар» модернизировал их. В связи с невозможностью выдерживать в типовом сатураторе барботажный

режим из-за факельного подъема газа через слой сока [1], при его модернизации были удалены решетки и аппарат дооборудован барботером специальной конструкции и циркуляционной трубой. Барботер изготавливали из шести параллельных газораспределительных труб, расположенных в плоскости, перпендикулярной оси аппарата. Трубы имеют поперечные щели, обращенные вверх (рис. 1).

Для очистки щелей от отлагающегося осадка предусмотрено очистительное устройство (регенератор), расположенное внутри газораспределительных труб. На валу, проходящем через газораспределительную трубу, установлены пластины (перья). Каждое перо входит в соответствующую щель трубы и совершает в ней колебательные движения с частотой вращения 0,05 с⁻¹ (2,8 об/мин), очищая при этом стенки щели от осадка. Вал установлен на подшипниках скольжения и с одной стороны связан через кривошипно-шатунный меха-