

Определение размера частиц порошка кофе методом динамического анализа изображений

Прибор: CAMSIZER X2

Требования по качеству к порошку кофе

Кофейные зерна являются одним из самых важных товаров, и, по оценкам, ежедневно во всем мире потребляется 1,4 миллиарда чашек кофе. Вкус кофе определяется обжаркой зерен, распределением порошка по размерам, а также типом и качеством приготовления. Различные способы приготовления в процессе заваривания и фильтрации (например, эспрессо-машина, фильтр-кофе или АэроПресс) требуют разного помола кофейного порошка для получения ароматного результата. При измельчении обжаренных кофейных зерен в порошок определение распределения частиц по размерам играет решающую роль, поскольку оно оказывает значительное влияние на свойства заваривания и фильтрации и, следовательно, на вкус и полезность напитка.

При приготовлении кофе важно добиться оптимального извлечения ингредиентов, которые растворяются в молотом кофе, с помощью горячей воды или пара. Чем мельче кофейный порошок, тем больше ингредиентов можно извлечь за более короткий промежуток времени. Если помол не оптимально подобран в соответствии с продолжительностью и температурой процесса заваривания, существует риск того, что кофе будет чрезмерно или недостаточно экстрагирован. Недостаточно экстрагированный кофе (= слишком грубый помол) имеет слабый аромат и водянистый привкус. Переэкстрагированный кофе (= слишком мелкий помол) имеет горький вкус из-за слишком большого количества растворенных компонентов (например, дубильные кислоты).

Надежно определяя размер частиц, можно добиться воспроизводимого помола для соответствующего процесса приготовления, в результате чего получается кофе с великолепным вкусом и сбалансированным ароматом.

Из-за высокого содержания масла, широкого распределения частиц по размерам и очень неправильной формы кофейный порошок обладает сложными свойствами сыпучих материалов, т. е. частицы имеют сильную тенденцию к агломерации, и порошок трудно насыпать или транспортировать. Это должно быть надлежащим образом учтено в механических и оптических методах измерения.

Традиционно распределение кофейного порошка по размерам частиц определялось аналитическим рассевом. Однако метод лазерной дифракции становится все более популярным в качестве стандартного метода. Оба метода имеют определенные ограничения с точки зрения информативности, точности и чувствительности. Кофейный порошок, особенно при использовании в капсулах или стручках, высоко оптимизирован для соответствующего процесса приготовления и должен соответствовать очень жестким требованиям к качеству. Часто их можно проверить только с помощью методов анализа изображений, которые обеспечивают распределение размеров с очень высоким разрешением при одновременной высокой пропускной способности образцов.



Рис 1: Анализатор динамических изображений CAMSIZER X2 идеально подходит для определения размера и формы порошка кофе.

Как работает определение размера частиц порошка кофе с помощью динамического анализа изображений?

При определении размера частиц методом динамического анализа изображений в соответствии со стандартом ISO 13322-2 поток частиц генерируется и пропускается системой камер. Изображения частиц записываются в движении в виде теневых проекций и оцениваются компьютером. Динамический анализ изображений работает как для сухих порошков, так и для суспензий. Для порошка кофе лучшим вариантом является измерение всухую. Процедура такого измерения с помощью системы анализа изображений CAMSIZER X2 показана на рис. 2. CAMSIZER X2 оснащен двумя камерами с разным увеличением, что позволяет проводить одновременный анализ мелких и крупных частиц без предварительной настройки диапазона измерений, например, путем выбора подходящих объективов. Это большое преимущество для анализа порошка кофе, который обычно имеет очень широкое распределение по размерам от нижнего микрометрового диапазона до 2 миллиметров. Во время измерения CAMSIZER X2 получает и оценивает до 310 изображений в секунду, что приводит к очень стабильным и воспроизводимым результатам из-за большого количества обнаруженных частиц. Типичная продолжительность анализа составляет 2-5 минуты.

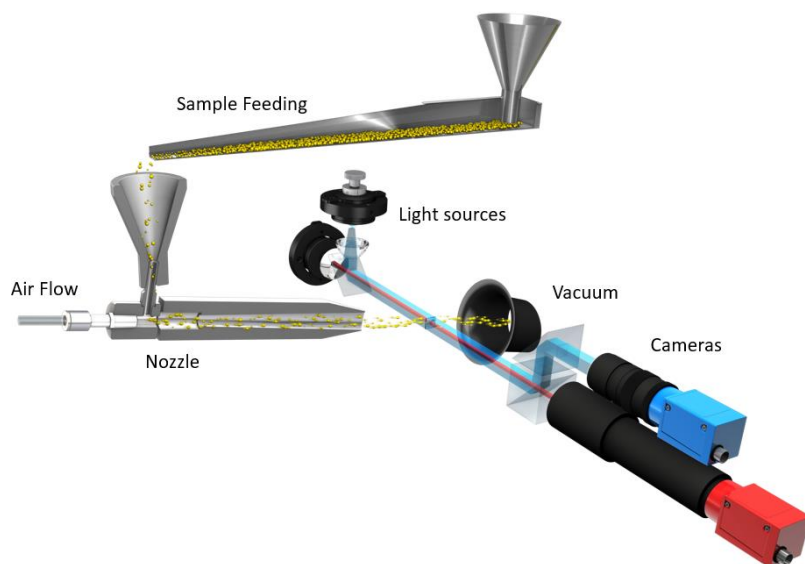


Рис. 2: Принцип измерения CAMSIZER X2 для измерения всухую порошка кофе. Образец подается в прибор по лотку, где он захватывается воздушным потоком. Частицы обнаруживаются в движении двумя камерами с разными масштабами изображения в виде теневых проекций и оцениваются.

Преимущество двухкамерного принципа проиллюстрировано на рис. 3. На диаграмме показано распределение порошка кофе по размерам, измеренное обеими камерами, вместе с результатом одного и того же образца только с основной камерой и только с камеры с увеличением. Камера с увеличением фиксирует мелкую фракцию, но только несколько крупных частиц из-за небольшой площади изображения, что видно по выраженным ступеням на крупной стороне распределения. Основная камера не может правильно захватить мелкую фракцию из-за более низкого разрешения. Таким образом, две камеры идеально дополняют друг друга и, таким образом, превосходят любую систему анализа изображений, использующую только одну камеру.

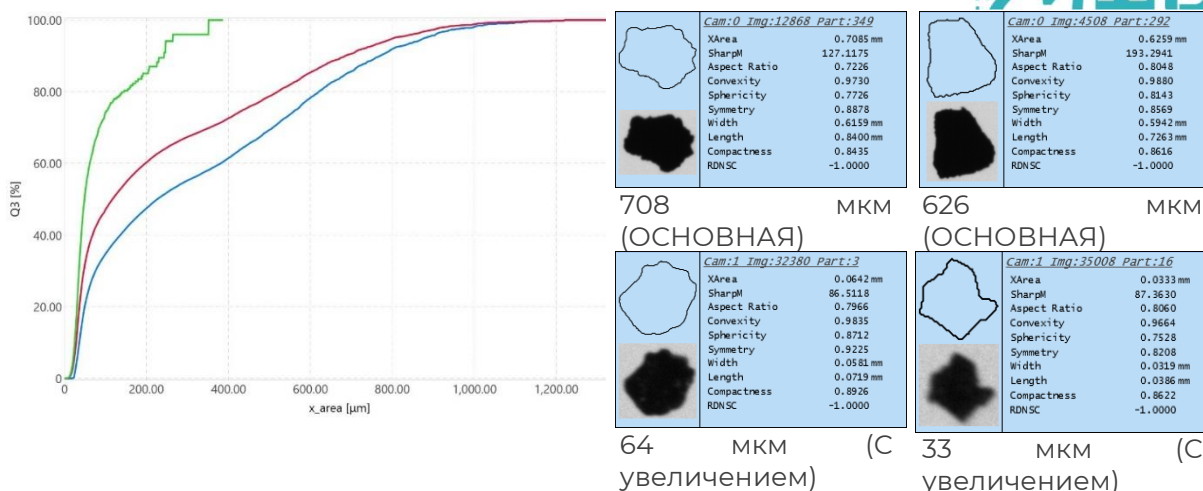


Рис. 3: Образец порошка кофе, измеренный только с помощью камеры с увеличением (зеленый): крупные частицы теряются. Образец порошка кофе, измеренный только с помощью ОСНОВНОЙ камеры (синий): мелкие частицы теряются. Измерение с помощью ОБЕИХ камер (красный): правильный результат! На изображениях показаны частицы, измеренные с помощью камеры ОСНОВНОЙ и с УВЕЛИЧЕНИЕМ.

Пример измерений порошка кофе

Порошок кофе обычно имеет широкое распределение частиц по размерам с ярко выраженной мелкой и крупной частью. Мелкая фракция составляет менее 200 мкм, крупная фракция может достигать 2 мм. Благодаря запатентованной двухкамерной системе и, как следствие, очень широкому динамическому диапазону измерений, CAMSIZER X2 может определять как с высоким разрешением, так и с хорошей статистической достоверностью в случае порошка кофе. Это показано на рисунке 4 на примере порошка кофе с различным помолом. Во время измерения частицы диспергировались сжатым воздухом в картридже подачи образца X-Jet (Рис. 2) при 80 кПа. Для подачи порошка кофе в загрузочный лоток компания Microtrac разработала устройства, которые обеспечивают бесперебойную подачу для измерения даже при очень слабом потоке порошка кофе.

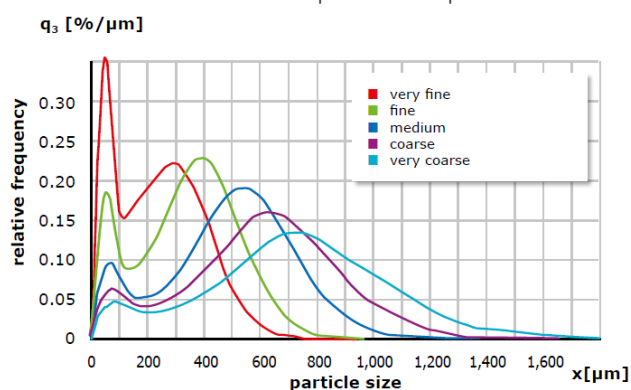


Рис. 4: Измерение пяти различных видов порошка кофе. Характерной особенностью является всегда присутствующая мелкая фракция <200 мкм и широкое распределение по размерам почти до 2 мм. Заварной кофе обычно требует более грубого помола, чем эспрессо.

Обжарка кофейных зерен влияет на их хрупкость. Молотый кофе из хрупких зерен часто состоит из угловатых или заостренных зерен, что приводит к снижению плотности упаковки в прессованном кофе. Как распределение частиц по размерам, так и форма частиц влияют на насыпную плотность, фильтрующие и экстракционные свойства порошка и, следовательно, также на качество приготовленного кофе. На рисунках 5а и 5б показано, что CAMSIZER X2 может использовать анализ изображения для одновременного определения ширины, длины и диаметра, эквивалентного окружности, и выводить каждую из них в виде собственных кривых распределения. Таким образом, одно измерение дает

несколько результатов, основанных на трех различных определениях размера частиц. Результаты в отношении этих параметров существенно различаются, что в то же время описывает неправильную форму частиц: для сферических частиц распределения для всех трех определений размера были бы идентичными. Для сравнения, результат лазерной дифракции, который предполагает, что частицы имеют сферическую форму, дает только среднее значение по ширине и длине частиц. Таким образом, распределение, полученное с помощью лазерной дифракции, наиболее точно соответствует определению "эквивалентного диаметра сферы" при анализе изображений, но с большим размахом. В двух примерах на рис. 5 средние значения (d50) хорошо сопоставимы, и то же самое верно для процентного содержания мелких частиц <200 мкм. Таким образом, лазерная дифракция вполне способна достаточно надежно охарактеризовать порошок кофе. Однако правильное определение крупной фракции затруднено. Поскольку углы дифракции становятся меньше с увеличением размера частиц, это труднее измерить. Таким образом, разрешающая способность приборов неизбежно ухудшается для крупных частиц. Кроме того, небольшие количества частиц большого размера могут не генерировать достаточного сигнала для отображения в результатах. Это особенно ясно видно в примере на рис. 5б: анализ изображения обнаруживает частицы длиной до 2 мм, результат лазерной дифракции не показывает никаких частиц > 1200 мкм!

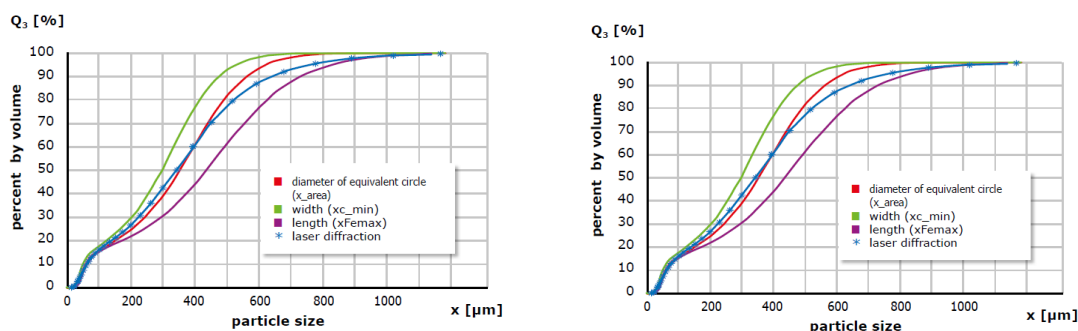


Рис. 5а (слева): Результаты измерений образца кофе, прикл. 10 мкм - 1000 мкм. CAMSIZER X2 и лазерная дифракция.

Рис. 5б (справа): Результаты измерений образца кофе, прикл. 10 мкм - 2000 мкм. CAMSIZER X2 и лазерная дифракция.

Проблема при анализе порошка кофе с помощью рассева заключается в когезивности продукта. Содержание масла неизбежно приводит к образованию комков, прилипанию к каркасу сита и засорению ячеек сита. Для размера частиц менее 200 мкм в любом случае следует использовать воздушнорассеивающий ситовый анализ. Все это требует больших временных затрат для определения распределения по размерам, которое в итоге включает не более восьми точек данных (= количество используемых сит). Сравнение с динамическим анализом изображений показывает, что данные рассева очень хорошо согласуются с определением размера "ширина частиц" (Рис. 6). Это связано с тем, что в процессе рассева частицы материала пробы выравниваются таким образом, что они проходят через ячейку сита с наименьшей возможной проекцией. Таким образом, ситовый анализ имеет тенденцию определять ширину частиц. Из этих наблюдений следует, что сравнить данные рассева и лазерной дифракцией вряд ли возможно особенно для частиц неправильной формы, таких как порошок кофе.

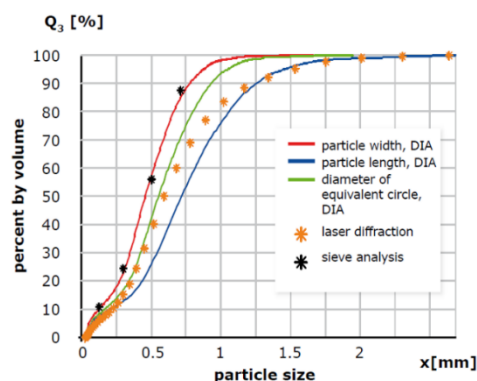


Рис. 6: Анализ образца порошка кофе с помощью лазерной дифракции (оранжевый), ситовой анализ (черный) и динамического анализа изображений CAMSIZER X2: ширина частиц (красный), длина частиц (синий), эквивалентный диаметр сферы (зеленый). Обратите внимание на большую разницу данных измерения между лазерной дифракцией и ситовым анализом.

Выводы

При определении размера частиц порошка кофе с помощью метода динамического анализа изображений преимущества его использования становятся очевидными. Однако следует отметить, что только двухкамерная система, такая как CAMSIZER X2, обеспечивает диапазон измерений, который может фиксировать широкий гранулометрический состав порошка кофе за один анализ. Одновременное использование двух камер (CCD zoom и CCD basic) с различными масштабами воспроизведения гарантирует правильное измерение мелких и крупных частиц. Это устраняет необходимость предварительной настройки диапазона измерений путем выбора подходящих линз или объективов, что необходимо для многих других анализаторов изображений, а иногда даже для приборов, работающих на принципе лазерной дифракции. Обе камеры вносят свой вклад в результат измерения, и распределение по размерам рассчитывается автоматически. В случае с порошком кофе важно как можно точнее определить распределение по размерам, чтобы иметь возможность надежно предсказать поведение экстракции, количество растворенных веществ и, следовательно, в итоге вкус.

Например, данные CAMSIZER используются для правильной настройки кофемолок полностью автоматических кофемашин на заводе для достижения оптимального распределения частиц по размерам для процесса заваривания.

Для получения дополнительной информации, пожалуйста, свяжитесь с нами по адресу:

www.microtrac.com