Характеристика продуктов питания

Процессы приготовления, производства и упаковки пищевых порошков требуют согласованности между партиями для обеспечения безопасности и лояльности потребителей. Выводы, полученные в результате экспериментов с использованием инструментов Anton Paar, которые определяют плотность, размер частиц, прочность когезии, сжимаемость и проницаемость, могут способствовать улучшению качества и консистенции пищевого порошка. В этом отчете основное внимание уделяется сухому молоку и муке общего назначения, поскольку они являются повсеместно распространенными продуктами и являются важнейшими ингредиентами многих других продуктов питания и пищевых добавок.

1 Введение

Консистенция продуктов питания обеспечивает безопасность и лояльность потребителей. Воспроизводимое качество легко достижимо с помощью приборов Anton Paar, которые измеряют физические свойства продуктов. Этот отчет посвящен физическим характеристикам порошков, поскольку они являются основными ингредиентами большинства продуктов питания. Фактически, твердые, жидкие и даже желатиновые продукты питания могут быть преобразованы (например, измельчены, распылены или обезвожены) в порошки, но при этом сохраняют сущность пищи. Характеристика порошков помогает обеспечить последовательность от партии к партии и может привести к большей уверенности в качестве продуктов питания и экономии с точки зрения рецептуры, переформулирования, упаковки, хранения и транспортировки.

2 Плотность, реология и размер частиц

Точное знание состава пищевого порошка приводит к надежной рецептуре - легко определяются ингредиенты. Знание о том, как смешивать ингредиенты вместе, чтобы получить надежный конечный продукт, является проблемой или коммерческой тайной. Антон Паар предлагает универсальный инструментарий для характеристики пищевых порошков:

Таблица 1: Анализаторы плотности твердых тел

Прибор	Измерения	Описание
AutoTap	Плотность ударов	Сжимаемость порошка под постоянной нагрузкой
UltraPyc 1200e	Основная/Истинная плотность	Отношение массы к объему

Таблица 2: Реометры MCR

Прибор	Измерения	Описание
MCR 302 с потоковой порошковой ячейкой	Сжимаемость	Процентное изменение объема порошка при нагрузке
	Сила когезии	Взаимодействие Между частицами
	Текучесть	Способность частиц к течению
	Водопроницаемость	Сопротивление потоку воздуха

Таблица 3: Анализаторы размера частиц

Прибор	Измерения	Описание
PSA *1190*	Распределение частиц по размерам посредством свободного падения	Агломерационный анализ
PSA *990,1090,1190*	Распределение частиц по размерам в режиме Вентури	Первичные частицы
LiteSizer *500*	Распределение частиц по размерам с помощью динамического рассеяния света	Стабильность размера частиц пищевых продуктов

Исследовательский центр им. Антона Паара провел эксперименты с использованием приборов для определения характеристик частиц на сухих пищевых порошках, включая сухое молоко (молочная смесь для грудничков и младенцев) и универсальную муку.

3 Результаты

Используя репрезентативный процесс контроля качества, были проведены эксперименты, чтобы сначала измерить плотность ударами с помощью Autotap. Затем определяли основную плотность с помощью UltraPyc 1200e. Результаты этих испытаний были дополнены сложными измерениями с анализаторами размера частиц и реологии.

3.1 Плотность постукивания и основная плотность

Исходные плотности наполнения для сухого молока были одинаковыми при 0,43 и 0,42 г / см^3 у смесей для грудничков и младенцев. После постукивания, следуя стандартной процедуре ASTM 7481-18, они достигли соответствующей плотности постукивания 0,56 и 0,55 г / см^3. Это изменение плотности позволило определить сжимаемость смеси, получив 24,3 и 25,0. Универсальная мука имела начальную плотность наполнения 0,56 г / см^3 и конечную плотность 0,71 г / см^3. Сжимаемость равнялась 21,1.

Для сухого молока основная плотность 1,19 и 1,08 г / см^3 почти вдвое превышала значения плотности для обоих. Соотношение постукивающих и основных плотностей равнялось 0,47 и 0,51, что говорит о том, что эти частицы далеки от сферических. Была определена основная плотность муки общего назначения, равная 1,50 г / см^3. Отношение плотности постукивания к основной было 0,47.

Эти результаты показывают, что оба пищевых порошка обладают проходимой текучестью и являются материалами, способствующими непрерывным технологическим потокам.

3.2 Размер частиц

Сухое молоко: На рисунке 1 показаны различия в распределении частиц по размерам в образцах сухого молока для детей грудного и младенческого возраста. Первичные агрегаты (измерения в режиме Вентури) в формуле сухого молока для младенческого возраста находятся в меньшем диапазоне размеров, чем первичные агрегаты питания для детей грудного возраста.

Интересно, что анализ D10, D50 и D90 в режиме свободного падения показал только небольшие различия в размерах между агрегатами двух порошков (см. Таблицу 4). Между тем, наблюдался сдвиг в сторону меньшего диапазона размеров для первичных частиц в случае формулы для младенцев.

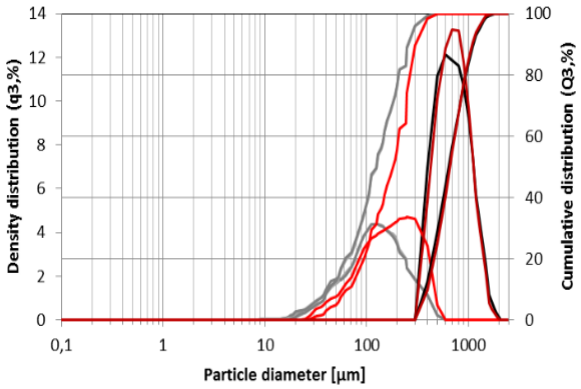

Рисунок 1: Плотность частиц (q3,%) и кумулятивное распределение (Q3,%) детской смеси, измеренной с помощью режима Вентури (светло-красный) и режима свободного падения (темно-красный) и формулы малыша, измеренной с помощью режима Вентури (серый) и режим свободного падения (черный).

Таблица 4: Сводка взвешенных по D-объему данных лазерной дифракции смесей для грудничков (I) и для младенцев (T)

Формула для грудничков (I) и младенцев (T)				
		D10 [µм]	D50 [µм]	D90 [µм]
Вентури	I	72	189	402
	T	48	130	315
Свободное падение	I	501	765	1193
	T	478	746	1222

Различный размер первичных частиц, измеряемый в трубке Вентури, может быть напрямую связан со скоростью восстановления и скоростью растворения сухого молока. Смесь для грудничковых имеет более крупные первичные частицы, что означает меньшую площадь поверхности, чем образец смеси для младенцев. Более крупные частицы дополнительно предполагают более высокую пористость для смеси грудничков. По этой причине смесь для питания грудничков будет быстрее растворяться в воде. Кроме того, сыпучесть будет также лучше, чем для младенцев, благодаря большему размеру агломерата, измеренному в условиях свободного падения.

3.3 Реология

Мука: Измерения сжимаемости предоставляют информацию об объемной плотности (уплотненной и неуплотненной) образца после обработки / хранения при повышенной влажности и различном времени кондиционирования. На рис. 2 показано, что увеличение относительной влажности до 95% при 35 °C снижает насыпную плотность. Таким образом, чем дольше мука подвергалась воздействию относительной влажности 95% при 35 °C, тем выше была пористость муки. Это связано с увеличением размера частиц.

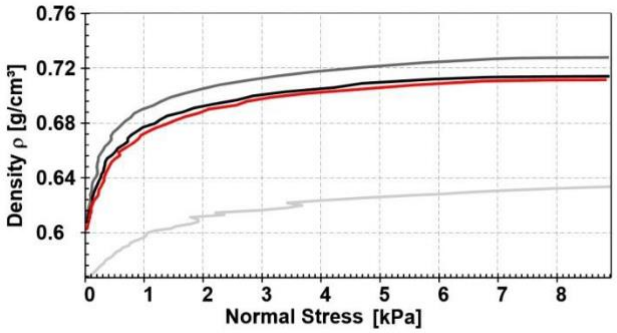

Рисунок 2: Измерения сжимаемости образцов муки после 0 (темно-серый), 1 (черный), 2 (красный) или 24 ч (светло-серый) при 35 °C и относительной влажности 95%.

В целом, повышенное содержание влаги в муке снижает достижимую объемную плотность при сжатии. Это свидетельствует о более высоком межзерновом трении, а также об увеличении угла естественного откоса. Эти явления отражаются в анализе когезии. Это справедливо для разного времени воздействия в камере с условиями окружающей среды, а также для различных процедур предварительной обработки перед воздействием высокой влажности и температуры.

3.4 Когезия Уоррена Спринга

Мука: Метод Уоррена Спринга применяется для измерения когезии особенно вязких порошков, таких как мука. Пример измерения (с несколькими повторениями) показан на рисунке 3. Максимум кривой представляет значение силы когезии Уоррена Спринга. Резкое снижение прочности когезии после пика указывает на быстрое разрушение образца. Напротив, широкий пик и плавное снижение прочности когезии со временем указывают на медленно разрушающийся порошок. В этом случае мы видим промежуточное поведение, при котором сила когезии образует пик, не острый и не широкий, что подтверждает применимость метода.

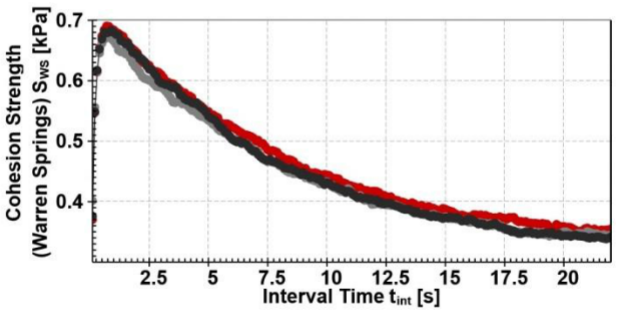

Рисунок 3: Воспроизводимость измерений когезии Уоррена Спринга образцов муки при 3 кПа (предварительная обработка: 90 ° C в течение ночи).

Более длительная предварительная обработка образца муки в экологической камере повысила силу когезии Уоррена Спринга (см. Рис. 4). Повышенная влажность образца способствует образованию капиллярных мостиков между частицами. Кроме того, изменение химического состава поверхности гранул крахмала (поглощение воды) приводит к заметному увеличению внутреннего трения и, следовательно, к повышению когезии. Таким образом, повышенная когезия Уоррена Спринга вызвана несколькими факторами, которые способствуют заметному изменению поведения потока.

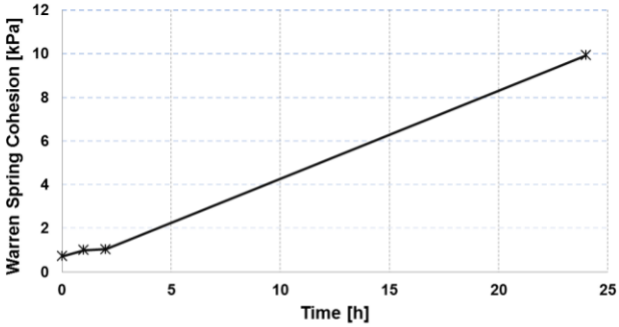

Рисунок 4: Когезия Уоррена Спринга образцов муки через 0, 1, 2 и 24 ч в камере окружающей среды.

3.5 Водопроницаемость

Сухое молоко: на рисунке 5 и в таблице 5 показаны результаты проницаемости, представляющие сопротивления воздушного потока порошка при различных силах уплотнения. Детская смесь заметно более проницаема и в большей степени зависит от уплотнения, о чем свидетельствует значительное изменение проницаемости при разных уплотнениях.

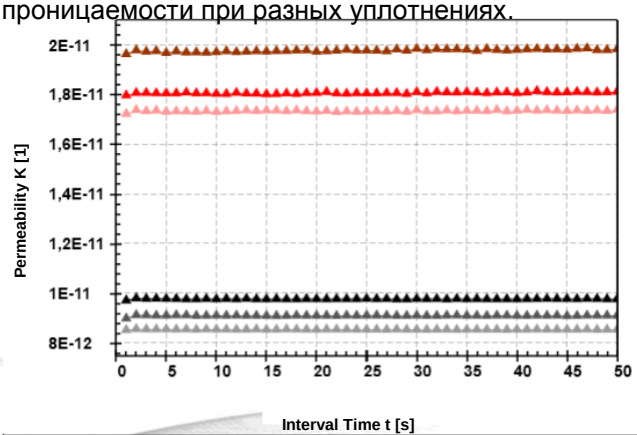

Рисунок 5: Проницаемость - смесь для младенцев (черные на серые кривые) и грудничков (красные кривые), измеренные при компрессиях 3 кПа, 6 кПа и 9 кПа (от самых темных до самых светлых).

Как правило, проницаемость снижалась с увеличением нормального напряжения во время сжатия, и смесь для младенцев показала значительно более высокую проницаемость (более чем в 2 раза), чем смесь для малышей. Само по себе это может указывать на большее разнообразие размеров частиц. Однако это также может зависеть от химического состава. Более высокое количество углеводов в композиции

(как в случае с формулой малыша) естественным образом изменит морфологию частиц, что в этом случае приведет к уменьшению свободного объема и, следовательно, к уменьшению проницаемости.

Зависимость от сжатия показывает уязвимость некоторых порошков в уплотнении (как видно на муке на рисунке 2). Можно ожидать, что смесь для питания грудничков с большей вероятностью будет давать комки после длительного хранения по сравнению со смесью для младенцев. Тем не менее, формула для младенцев демонстрирует худшее поведение при растворении независимо от приложенного напряжения и, таким образом, комки будут появляться в любом случае. Это также наблюдалось субъективно на этапах растворения.

Таблица 5: Результаты измерений проницаемости

Образец	**Проницаемость [10^{-12}m²] при 3 кПа**	Проницаемость [10^{-12}m²] **при 6 кПа**	**Проницаемость [10^{-12}m²] при 9 кПа**
Грудничкии	19.8	18.1	17.4
Младенцы	9.8	9.1	8.5

3.6 PSA на влажных образцах

Мука: В случае образцов муки целью измерения размера частиц является исследование процесса агломерации и его влияния на сыпучесть материала. На рисунке 6 показаны изменения в распределении частиц по размерам (PSD) из-за образования агломератов в течение времени кондиционирования. Сдвиг пиков в сторону увеличения диапазона размеров и перестройка положения пиков произошли из-за увеличения агломерационных событий.

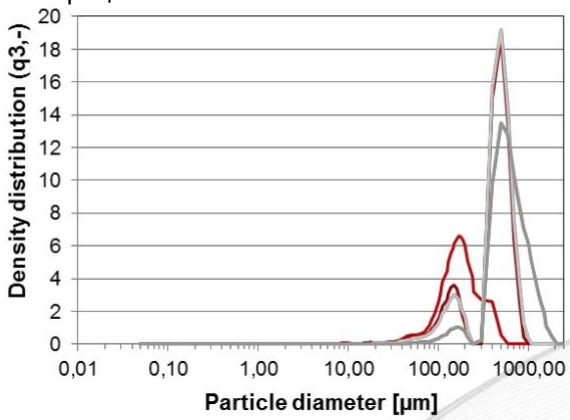

Рисунок 6: Распределение плотности частиц (q3, -) образца некондиционной муки (темно-красный) и муки через 1 час (красный), через 2 часа (светло-серый), через 24 часа (темно-серый) кондиционирования при температуре 35 °C а влажность до 95% в камере окружающей среды измеренное в режиме свободного падения.

Пик, обнаруженный около 300 мкм в образце без кондиционирования, обусловлен агрегатами крахмал-белок. После кондиционирования крахмал начинает диссоциировать от белков, набухать и образовывать агломераты с другими гранулами одиночного крахмала. Это явление отвечает за образование частиц размером более 300 мкм.

Значения D10, D50, and D90 приведены в Таблице 6 и, как ожидается, увеличиваются со временем кондиционирования.

D-взвешенные значения и кривые PSD образцов, подвергнутых кондиционированию в течение 1 или 2 ч, существенно не отличаются. Однако после 24 ч кондиционирования резкое увеличение размера частиц явно указывает на образование более крупных агломератов.

Таблица 6: Сводка взвешенных по D-объему данных лазерной дифракции, показывающих агломерацию во времени от свободного падения

Кондиционирование	D10 [µm]	D50 [µm]	D90 [µm]
Нет	92.3	181.9	388.4
1 ч	132.2	509.6	696.7
2 ч	148.1	519.1	726.9
24 ч	418.4	640.6	1143.8

Распределение частиц по размерам, полученное при измерениях в режиме Вентури (рис. 7), сильно отличается от измерений при свободном падении. В них отсутствуют крупные (> 600 мкм) частицы, и они по существу являются мономодальными, что говорит о том, что установка Вентури способствует диспергированию агрегат.

Распределения, полученные для некондиционирвоанных и кондиционированных (24 ч) образцов, аналогичны, но в обзоре кумулятивного распределения для кондиционированного образца можно увидеть небольшой сдвиг в сторону более крупных размеров частиц.

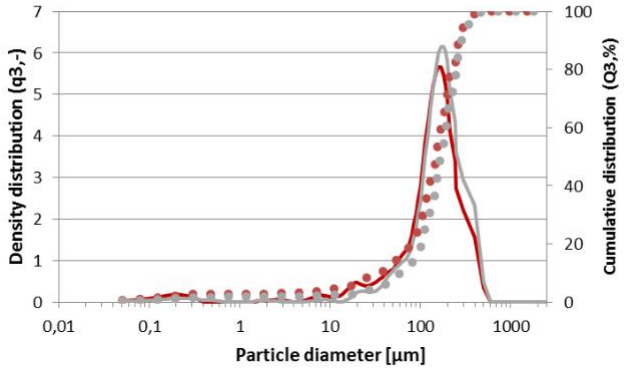

Рисунок 7: Распределение плотности частиц (q3, -) и кумулятивное распределение (Q3,%) необработанного образца муки (красный) и после 24 ч (серый) кондиционирования при 35 ° C, относительной влажности 95% в камере окружающей среды, измеренной в Вентури Режим.

Увеличение значений D_{10}, D_{50}, and D_{90}, хотя они четко обнаруживаются (см. Таблицу 7), также ограничено.

Поскольку давление воздуха и проход через трубку Вентури вызывают рассеивание агломератов, можно наблюдать влияние влаги и температуры на первичные частицы. Таким образом, оставшийся сдвиг, как полагают, является результатом набухания отдельных гранул крахмала в ответ на поглощение воды.

Таблица 7: Сводка взвешенных по D-объему данных лазерной дифракции в режиме Вентури

Кондиционирование	D10 [µm]	D50 [µm]	D90 [µm]
Нет	38.1	157.3	340.9
24	67.6	178.8	376.3

3.7 Litesizer

Сухое молоко: обе смеси содержат молоко, растительные масла и различные минералы. Содержание жира вызывает обнаружение пиков между 100 нм и 10 мкм в обеих формулах. Однако более высокое содержание лактозы и присутствие мальтодекстрина определяют пик при 2179 нм в формуле для младенцев (см. Рис. 8).

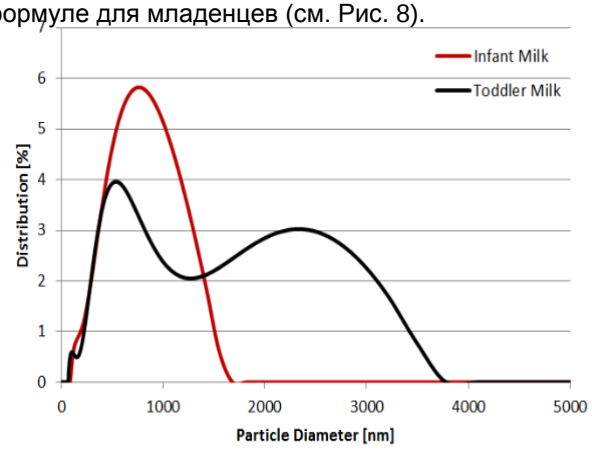

Рисунок 8: PSD сухого молока для грудничков (красный цвет) и для младенцев (черный цвет).

4 Заключение

Исследовательский центр имени Антона Паара исследовал физические характеристики сухого молока и муки, используя приборы для определения плотности твердых тел, размер частиц и реологических свойств. Эта мультиинструментальная методология обеспечивает надежный, воспроизводимый процесс тестирования качества пищевых порошков, чтобы помочь обеспечить последовательность от партии к партии, что ведет к безопасности и лояльности потребителей.

Продукты - это лишь один из классов порошков. Эти методы могут иметь отношение к другим порошкам.