



## Молоко и молочная продукция

- FT-NIR анализаторы для контроля качества в лаборатории и на производства

# FT-NIR Фурье спектроскопия ближней инфракрасной области для анализа молока и молочной продукции



FT-NIR анализаторы Bruker Optics для контроля качества являются простым в использовании, надежным и выгодным с экономической точки зрения решением для современного производства. Благодаря единой оптической платформе, пользователь имеет возможность выбрать любую модель анализатора Bruker, оптимальную для решения своих текущих специфических задач и с запасом на будущие задачи.

# ● FT-NIR спектрометры для анализа молока и молочных продуктов

Компания Bruker Optics представляет широкий ассортимент аналитического оборудования: компактные анализаторы, приборы в сенсорном экране, промышленные спектрометры для анализа нескольких технологических потоков и автоматизированные системы, встраиваемые в технологический процесс для обеспечения управления производственным циклом с обратной связью. Экспресс анализ на всех этапах производства молочных продуктов является необходимым по ряду причин:

- Повышение эффективности выполнения лабораторного анализа
- Проверка соответствия и контроль качества исходного сырья для оптимизации его использования
- Оптимизация производства за счет предотвращения выпуска бракованной продукции, сокращения времени простоя и улучшения плановых показателей
- Повышение качества и однородности продукции за счет жесткого контроля на всех этапах производственного процесса
- Проверка конечного продукта на соответствие

## Анализ любых образцов на всех этапах производства

С помощью FT-NIR анализаторов компании Bruker Optics производитель молочной продукции получает возможность контролировать не только такие показатели как жирность, содержание

белка, лактозы и влаги, сухой остаток, но и другие параметры, необходимые для проверки соответствия/контроля качества входного сырья и проверки на соответствие партии выпускаемого продукта.

Анализ образца любой консистенции - жидкого, полутвердого или твердого, занимает всего несколько секунд и может быть сделан в лаборатории, у производственной линии или непосредственно в ходе технологического процесса.

## Простая интеграция в производственный процесс

Компания Bruker Optics поставляет системы со стартовыми калибровками, что позволяет быстро и эффективно интегрировать оборудование в производственный процесс:

- Сырое, обезжиренное, обработанное и сгущенное молоко
- Сыворотка и ее концентрат
- Сливки и подсырные сливки
- Концентраты сывороточного белка и лактозы
- Фильтрат и концентрат
- Сухое молоко, сухие сливки, сухая молочная сыворотка
- Сыр (мягкий, твердый, нарезка, обработанный, белый, творог и т.д.)
- Масло сливочное (соленое, несоленое)
- Йогурты, десерты и мороженое
- Молочные напитки



Рис. 1: FT-NIR спектрометры Bruker Optics отлично подходят для контроля входного сырья, промежуточных продуктов и конечного продукта. Основные показатели, контролируемые в производстве молочной продукции: содержание влаги, жирность, содержание белка, лактоза, сухой остаток и многие другие.

# ● FT-NIR спектрометры для анализа молока и молочных продуктов

## Усовершенствование производства

Использование FT-NIR спектрометров компании Bruker значительно повышает количество анализов, которые могут быть сделаны за смену, особенно по сравнению с применением стандартных методов. Более того, контроль технологического процесса в режиме on-line позволяет непрерывно отслеживать ключевые параметры, что напрямую ведет к снижению издержек производства благодаря следующим факторам:

- Повышение качества нормализации молока
- Непрерывный контроль жирности сливок
- Оптимизация содержания влаги и сухого остатка в сырах, йогуртах и масле
- Жесткий контроль содержания белков, жирности и сухого остатка в продукте при подаче на распылительную сушку, а так же контроль содержания влаги в сухом молоке в сушилке кипящего слоя
- Корректировка содержания сухих веществ в сыре и твороге в режиме реального времени

Аналитические системы Bruker дают возможность формировать протоколы испытаний, что является важной технической возможностью для:

- Подтверждения идентичности и качества витаминов и премиксов, эмульгаторов, углеводов, минералов, сахаров, подсластителей и т.д.
- Анализа пищевых масел на содержание йода, транс-изомеров и свободных жирных кислот, состава жирных кислот и перекисного числа
- Контроля состава и эффективности очищающих и дезинфицирующих растворов

## Bruker – надежный партнер производителей молочной продукции

На протяжении 50 лет компания Bruker является лидером в области аналитического приборостроения. Идеология Bruker — подбор оптимального решения под каждую аналитическую задачу. Оборудование компании Bruker применяется как в решении научно-исследовательских задач, так и для контроля качества производственных процессов.

Компания Bruker занимает лидирующие позиции на рынке производителей FT-NIR спектрометров, которые нашли применение в различных областях промышленности, включая пищевое и молочное производство.

Оптические анализаторы BrukerOptics, в основе которых лежит современный спектрометр, представляют собой комбинацию непревзойденной гибкости и легкости в управлении. Благодаря широкому выбору аксессуаров для работы с образцами, технологический процесс контролируется даже в труднодоступных местах. Оптические модули управляются с помощью программного обеспечения. Интуитивно понятный интерфейс позволяет работать на анализаторах персоналу с разным уровнем подготовки, что гарантирует получение надежных и стабильных результатов анализа.

## Качество анализа, отвечающее техническим требованиям на всех этапах производственного цикла

Высокое качество производства — ключевой аспект успешного бизнеса. Качество производства зависит от надежности аналитических систем, используемых для контроля всего процесса производства.

Постоянный контроль и оптимизация производственного процесса гарантируют полное соответствие интернациональному стандарту системы качества ИСО 9001.



# • Применение

## Молоко и жидкая молочная продукция

Молоко является основой всех молочных продуктов, что значительно повышает требования к контролю качества молока. На состав молока влияет множество факторов: время года, регион сбора, индивидуальные особенности коровы. Поэтому для выпуска качественного молока и молочной продукции анализ молока является необходимым и очень важным процессом.

Компания BrukerOptics предлагает готовое аналитическое решение для контроля сырого молока и жидких молочных продуктов: анализатор MPA в комбинации с модулем для жидких образцов LSM. LSM это двухканальная система, которая управляется программным обеспечением и, в зависимости от вязкости образца, переключается между гомогенизатором и рукавным насосом для обработки и транспортировки пробы.

Так же в системе реализована возможность полуавтоматического отбора пробы и автоматической очистки.

Благодаря двухканальной конструкции системы, анализ любого жидкого молока или жидких молочных продуктов не представляет никакой сложности, даже без предварительной гомогенизации образца. Проточная кювета со сравнительно большой длиной оптического пути 1 мм (1000  $\mu\text{m}$ ) позволяет анализировать жидкие молочные продукты высокой вязкости, что не представляется возможным на стандартных FT-IR анализаторах. Перед проведением измерения проба автоматически подогревается до 40°C и подается в проточную кювету. Снятие фона так же не представляет никакой сложности, так как система автоматически перемещает кювету в опорное положение для снятия базового спектра, после чего устанавливает ее обратно в рабочее положение.

### Анализ сырого молока.

Сырое молоко, как правило, разогревается и гомогенизируется перед проведением измерений



Рис.2: Анализ молока и жидких молочных продуктов с использованием LSM (Liquid Sampling Module)

для обеспечения наиболее высокой точности и повторяемости результатов измерения. С точки зрения

точности и воспроизводимости результатов измерения FT-NIR LSM система эквивалентна традиционным FT-IR анализаторам, но обладает более широкими возможностями. Стандартная точность измерения при определении жирности и содержания белков находится в диапазоне 0,03% или выше, а воспроизводимость результатов измерения составляет 0,001%.

MPA в комплексе с LSM поставляется со стартовым пакетом калибровок, которые могут быть использованы для анализа любого типа молока: сырого, обезжиренного, нормализованного, ультрапастеризованного и т.д.

### Анализ жидких молочных продуктов

Независимо от состава продукта, для анализа молока и жидких молочных продуктов используются одни и те же настройки прибора. Благодаря большой величине оптического пути (1 мм), возможен анализ образцов с высокой вязкостью, таких как сгущенное молоко и всевозможные концентраты. Перед анализом такие образцы не подлежат гомогенизации.

MPA идеально подходит для анализа продуктов, содержащих сахар и даже волокна, таких как йогуртовые напитки, молоко со вкусовыми добавками.

Конструкция LSM специально предназначена для работы с образцами такого типа. Рабочие режимы LSM переключаются с помощью программного обеспечения, что позволяет пользователю анализировать образцы разного состава и консистенции без дополнительной настройки оборудования.

MPA поставляется со стартовым пакетом калибровок для анализа молочных продуктов. Систему можно использовать не только для анализа молока, но так же для анализа жидких молочных продуктов без дополнительной обработки образца:

- Молочная сыворотка и ее концентраты
- Концентрат сывороточного белка и лактозы
- Сливки и подсырные сливки
- Фильтраты и концентраты
- Сгущенное молоко, сладкое сгущенное молоко
- Молочные напитки, например, основанные на йогурте
- Растаявшее мороженое



## ● Применение

### Анализ твердых и полутвердых молочных продуктов

Твердые и полутвердые молочные продукты включают в себя широкий спектр различных продуктов, от сухого молока до сыров, йогуртов и, например, промежуточных продуктов в производстве десертов. Использование FT-NIR спектроскопии отражения позволяет анализировать практически любой продукт. Благодаря простому способу отбора и анализа образцов, спектрометры MPA, MATRIX-I или TANGO с интегрирующей сферой идеально подходят для применения в лаборатории и на производстве. Образец помещают в стеклянную или одноразовую полистирольную чашку Петри и устанавливают в анализатор. Спектр отражения регистрируют через дно чашки, при этом во время измерения чашку несимметрично вращают относительно центра с целью получения наиболее полной спектральной информации и для нивелирования неоднородности пробы. Компания Bruker предлагает широкий выбор датчиков и аксессуаров, позволяющих проводить on-line и in-line анализ твердых и полутвердых образцов.

### Сухое молоко и сухая молочная сыворотка

Метод ИК спектроскопии зарекомендовал себя как экспресс метод, позволяющий одновременно определять содержание влаги, жира и белка в сухом молоке и сухой молочной сыворотке не только в лабораторных условиях, но и в ходе производственного процесса. Так же возможно определение таких показателей, как зольность или содержание лактозы.

Контроль данных показателей необходим по следующим причинам:

- Для оптимизации содержания влаги
- Для улучшения консистенции продукта
- Для более эффективного использования энергетических ресурсов (например, для оптимизации процесса сушки)
- Для снижения затрат на лабораторный анализ конечного продукта

В лабораторных условиях анализ сухого молока проводят в режиме отражения. Для чего образец помещают в стеклянную чашку Петри и устанавливают на анализатор. Спектр регистрируют через дно чашки Петри. После проведения измерения чашка очищается под давлением или механически с помощью мягкой щетки.

Компания Bruker предлагает набор калибровок для анализа сухого молока: от сухой молочной сыворотки и сухого цельного молока до сухих молочных сливок.

### Йогурты, десерты, мороженое

На сегодняшний день производится большой ассортимент йогуртов и десертов с различными вкусовыми добавками. Метод NIR спектроскопии позволяет быстро определять такие параметры, как жирность, содержание белка и сухой остаток в режиме on-line или рядом с технологической линией. Для анализа одного продукта требуется только одна калибровочная модель вне зависимости от наличия вида вкусовой добавки. Например, анализ йогурта с шоколадной вкусовой



добавкой делается на той же калибровочной модели, что и анализ йогурта с клубничным или ореховым вкусом.

Полутвердые образцы можно анализировать стеклянных или одноразовых полистирольных чашках Петри. Жидкие десерты средней вязкости и даже растаявшее мороженое можно проанализировать как жидкий образец, используя уникальный модуль LSM для разогрева и транспортировки образца к проточной кювете с большой длиной оптического пути.

### **Сыр**

FT-NIR спектрометры отражения компании Bruker Optics, включая MPA, MATRIX или TANGO позволяют определять такие важные параметры качества продукта как жирность, содержание белка и сухого остатка в считанные секунды. Простой и точный анализ твердых сыров, нарезки, сливочных и мягких сортов сыра делается на одном анализаторе. Для некоторых сортов сыра реализована возможность одновременного определения содержания соли и показателя pH.

Твердые сорта сыров перед анализом натирают и насыпают в чашку Петри. Мягкий сыр обычно помещают в чашку Петри и размазывают. Пользователь имеет возможность выбрать оптимальный метод отбора и подготовки образца.

### **Сливочное масло**

Наиболее важным фактором в производстве сливочного масла является получение продукта с содержанием жира максимально близким к заявленному, т. е. довести содержание влаги



до максимума, не выходя, при этом, за рамки технических характеристик, заявленных в спецификации. Метод FT-NIR спектроскопии наилучшим образом подходит для анализа жирности и содержания влаги в сливочном масле.

Спектрометры MPA, MATRIX-I и TANGO предназначены для анализа сливочного масла по спектрам отражения. Образец помещают в стеклянные или полистирольные чашки Петри и устанавливают в анализатор. Для увеличения сканируемой поверхности образца и получения более полной информации, образец вращается во время проведения измерения.

Содержание влаги можно определять как в соленом так и в несоленом сливочном масле. Так же реализована возможность определения содержания соли в соленом масле.



# ● Управление технологическим процессом

## MATRIX-F: On-line и in-line производственный контроль

FT-NIR спектроскопия - идеальный инструмент для on-line контроля технологического процесса. На сегодняшний день лабораторного анализа уже недостаточно для эффективного управления производством. On-line и in-line контроль позволяют непрерывно получать актуальную информацию о параметрах технологического процесса. Ключевые параметры измеряются в нескольких контрольных точках, а результаты измерений непрерывно передаются на систему управления, что позволяет избежать нежелательных отклонений в ходе технологического процесса и значительно снизить риск получения продукции несоответствующего качества. Таким образом, производитель получает возможность корректировать такие важные параметры, как сухой остаток в сырах или содержание влаги в сухом молоке на этапе производства и максимально приблизиться к заданным значениям этих параметров в конечном продукте.

Во время производства очередной партии продукта, результаты FT-NIR анализа помогают снизить отклонения основных параметров от заданных величин и тем самым увеличить выход продукции.

Пропускная способность лабораторного анализа достаточно низкая. Контроль процесса производства в режиме in-line позволяет

анализировать несравненно большее количество проб, что является одним из решающих факторов в минимизации риска возникновения производственных ошибок.

Спектрометр MATRIX-F это идеальное решение задач on-line и in-line контроля производства любого типа молочной продукции, поскольку спектрометр работает с оптическими и измерительными датчиками различного типа:

- Датчики пропускания для анализа прозрачных жидкостей и сыворотки
- Датчики пропускания-отражения для анализа любых жидкостей от молока до жидкостей с высоким содержанием сухого вещества
- Датчики для бесконтактных измерений методом отражения любых твердых продуктов, таких как сухое молоко или сырные головки (брикеты).
- Датчики отражения для анализа твердых или полутвердых продуктов.

Прибор оснащен встроенным мультиплексером, позволяющим проводить последовательные измерения в шести точках. Поскольку большинство производственных процессов в молочной промышленности начинаются с молока, а заканчиваются твердыми или полутвердыми продуктами, возможность подключения датчиков различного типа к одному анализатору является неоспоримым преимуществом спектрометра MATRIX-F.





## Усовершенствование управления технологическим процессом и повышение производительности производства

Производство сухого молока составляет существенную часть в производстве молочной продукции. Значительные возможности по получению прибыли кроются в грамотно поставленном контроле технологических параметров на стадии сушки — анализ в сушилке кипящего слоя и при подаче в питательный патрубок распылительной сушилки. Учитывая огромную мощность современных сушилок, возможность контролировать содержания влаги в сухом молоке on-line напрямую влияет на себестоимость производства.

В производственных лабораториях этот анализ делается с периодичностью в несколько часов. On-line анализ методом FT-NIR спектроскопии позволяет анализировать содержание влаги каждую минуту с точностью 0.15%, что сопоставимо с референтным методом Карла Фишера. Таким образом, непрерывный контроль данного параметра позволяет поддерживать содержание влаги в соответствии с заданным значением, что в свою очередь ведет к снижению производственных затрат за счет повышения производительности и экономии электроэнергии на данном этапе производства. Так же риск выпуска бракованной продукции сводится к минимуму. Не требуется дополнительных затрат на переработку некачественного продукта и снижается время простоя производства. Срок окупаемости представленного решения в среднем составляет менее 12 месяцев.

Уникальная конструкция анализатора позволяет подключить к одному прибору до шести датчиков различного типа для анализа как твердых так и жидких образцов. Таким образом

с помощью одного FT-NIR анализатора со встроенным мультиплексором возможно проводить последовательные измерения проб различной консистенции в шести точках.

Мониторинг ключевых точек процесса производства сухого молока осуществляется следующим образом:

- Датчик пропускания-отражения устанавливается в емкость предварительной обработки или в питающий патрубок распылительной сушилки.
- Измерительные датчики устанавливаются на выходе из сушилки кипящего слоя или в очиститель

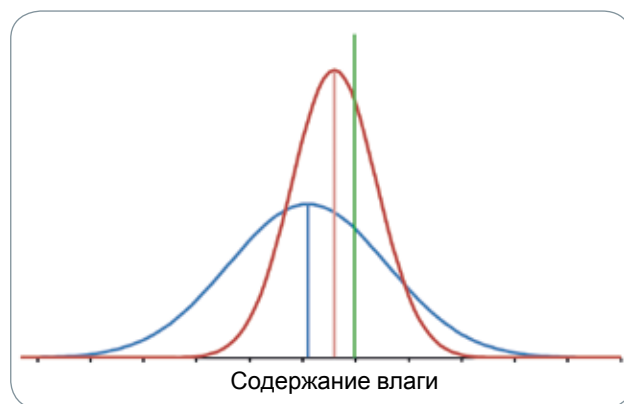


Рис. 3: Использование FT-NIR спектроскопии для обеспечения контроля распределения влаги в целях повышения однородности продукта. Повышение производительности за счет смещения среднего значения распределения влаги к заданной величине. (Содержания влаги: голубой - результаты, полученные с помощью предыдущей системы контроля, красный - результаты, полученные с использованием FT-NIR анализатора компании Bruker, зеленый - заданное значение)

## Точки установки датчиков для контроля типового процесса распылительной сушки сухого молока

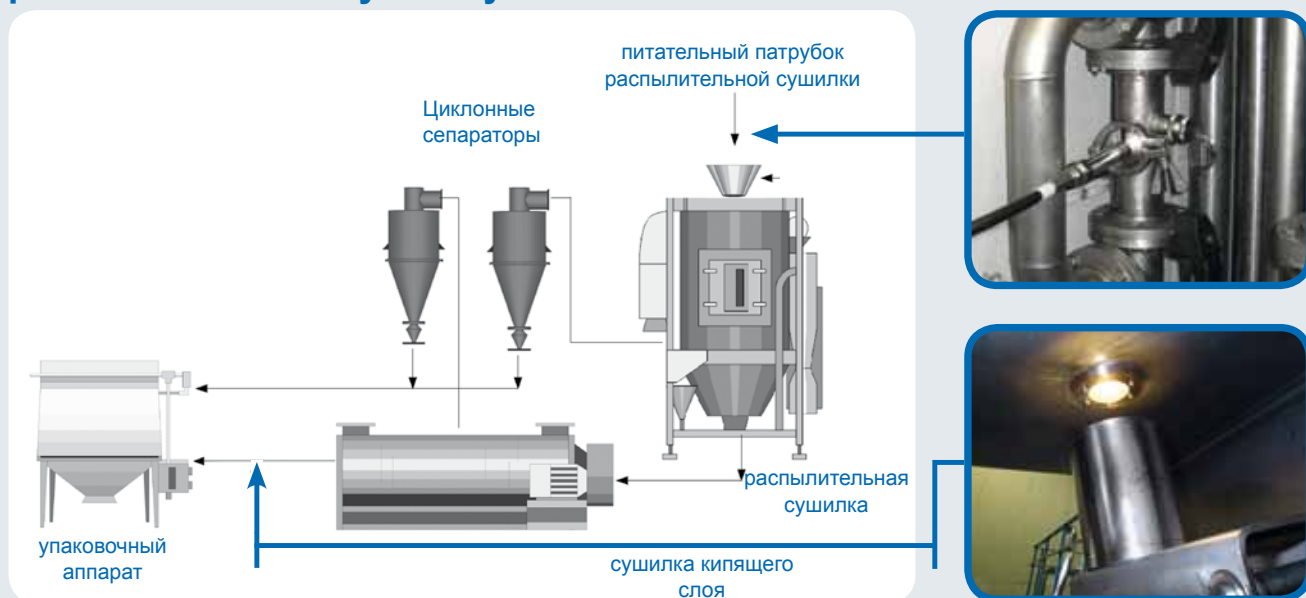


Рис.4: On-line анализ технологического процесса производства сухого молока. Верхняя часть: датчик пропускания-отражения, установленный в питающий патрубок распылительной сушилки. Нижняя часть: измерительный датчик для бесконтактного анализа сухого молока, установленный в очиститель сушилки кипящего слоя.

## • Технология

### Передовая технология и простота использования

FT-NIR спектрометры компании Bruker оснащены современной оптикой. Ключевым элементом спектрометра, обеспечивающим высочайшую стабильность результатов измерений является не требующий настройки интерферометр Rock-Solid с уголковыми зеркалами.

В отличие от плоских зеркал, на уголковые зеркала практически не влияет угол наклона зеркала. (т. е. угол поворота зеркала). Это очень важный фактор, поскольку лучи света, отраженные от светоделителя, должны точно рекомбинировать при возвращении на светоделитель. В противном случае снижается стабильность, разрешение и качество спектра.

Интерферометр RockSolid состоит из двух отражателей - уголковых зеркал, расположенных на качелях. Специфика использования таких зеркал позволяет избежать ошибок, связанных с отклонениями плоскости отражателя. В конструкции интерферометра для обеспечения прецизионного перемещения зеркал используются неизнашиваемые осевые бесфрикционные подшипники. Сочетание всех технологических особенностей делает интерферометр устойчивым к вибрации и колебаниям температур. Интерферометр Rocksolid обеспечивает исключительную стабильность и надежность работы оборудования

не только в лаборатории, но так же при его эксплуатации в жестких технологических условиях. Более того, точность установки длины волны сохраняется в течение долгого времени, что является неременным условием для успешного переноса калибровок.

Конструкция всех анализаторов позволяет проводить техническое обслуживание приборов силами пользователя, что снижает время простоя оборудования и затраты на техническое обслуживание. Расходные материалы, такие как источник света, поставляются в предварительно отъюстированном модуле и легко заменяются пользователем.

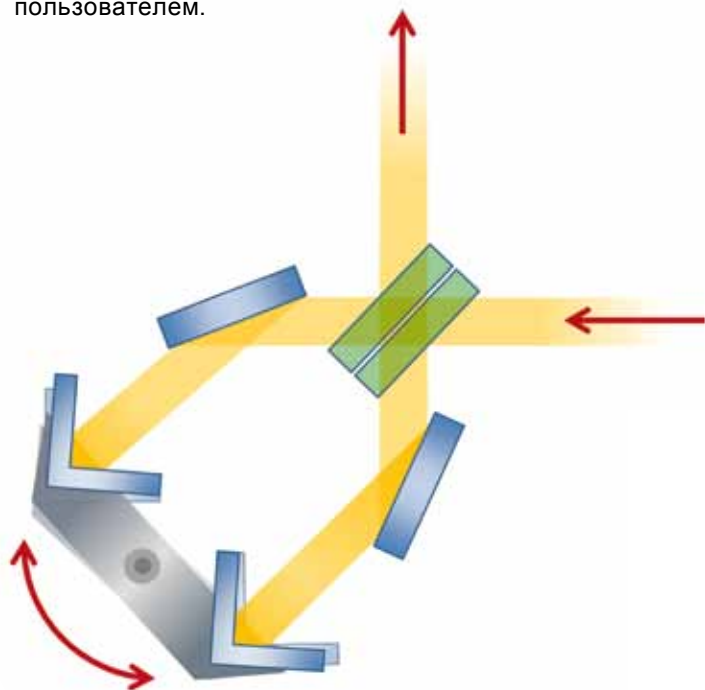


Рис. 5: Интерферометр RockSolid компании Bruker с уголковыми зеркалами.



# • Программное обеспечение

## Программное обеспечение

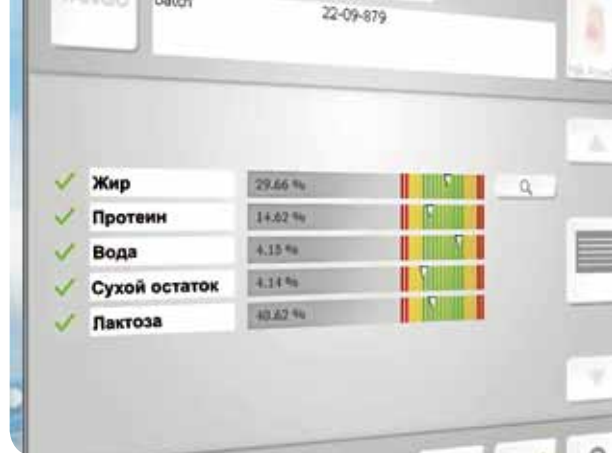
ПО OPUS компании Bruker Optics – простое в использовании спектроскопическое программное обеспечение. ПО включает в себя обширный набор инструментов для сбора, обработки и оценки данных и может быть полностью сконфигурировано в соответствии с требованиями пользователя, включая расширенные возможности управления системой и различными уровнями доступа для пользователей.

Для настройки метода используются три основные функции:

- Создание калибровки для количественного анализа компонентов и их свойств
- Установка библиотеки данных для идентификации входного сырья
- Тест на соответствие для контроля качества продукта

## Multi Evaluation

Использование уникального функционала ПО OPUS Multi Evaluation позволяет пользователю устанавливать иерархический порядок для методов. Это позволяет автоматически обрабатывать различные оценки и определять последующие



шаги или назначать выполнение дополнительного расчета. Например, за идентификацией может последовать количественное определение и тест на соответствие; или после количественного анализа, в зависимости от полученных результатов, может последовать дополнительный количественный анализ. Результаты измерения отображаются на экране. Отчеты сохраняются и, при необходимости, могут быть распечатаны.

## Лабораторный анализ

Программный пакет OPUS/LAB - это интуитивно понятное и простое в освоении программное обеспечение для решения стандартных задач, которое не требует дополнительной подготовки операторов. Пользователю необходимо выбрать продукт, который планируется анализировать, ввести описание пробы и дополнительную информацию об исследуемом образце. Результаты измерения отображаются на экране, а так же сохраняются в PDF формате и в файлах журнала регистрации. Вся полученная информация считывается лабораторной информационной системой.

## Промышленный анализ

Программный комплекс OPUS/PROCESS для настройки параметров автоматического управления процессом и отображения результатов измерения. Возможна конфигурация параметров с большим количеством дополнительных настроек, предназначенных для циклических измерений или установка пороговых значений в системе управления технологическим процессом. Результаты измерений и пороговые значения передаются на систему управления технологическим процессом через протоколы обмена Fieldbus, Modbus, 4-20 mA или OPC.

## Диагностика спектрометра

Непрерывный контроль технических характеристик спектрометра гарантирует получение стабильных и надежных результатов измерения.

ПО OPUS обеспечивает:

- Постоянную on-line диагностику прибора
- Отображение статуса прибора в режиме реального времени
- Генерацию отчетов о состоянии прибора
- Встроенное автоматическое тестирование (OQ, PQ)

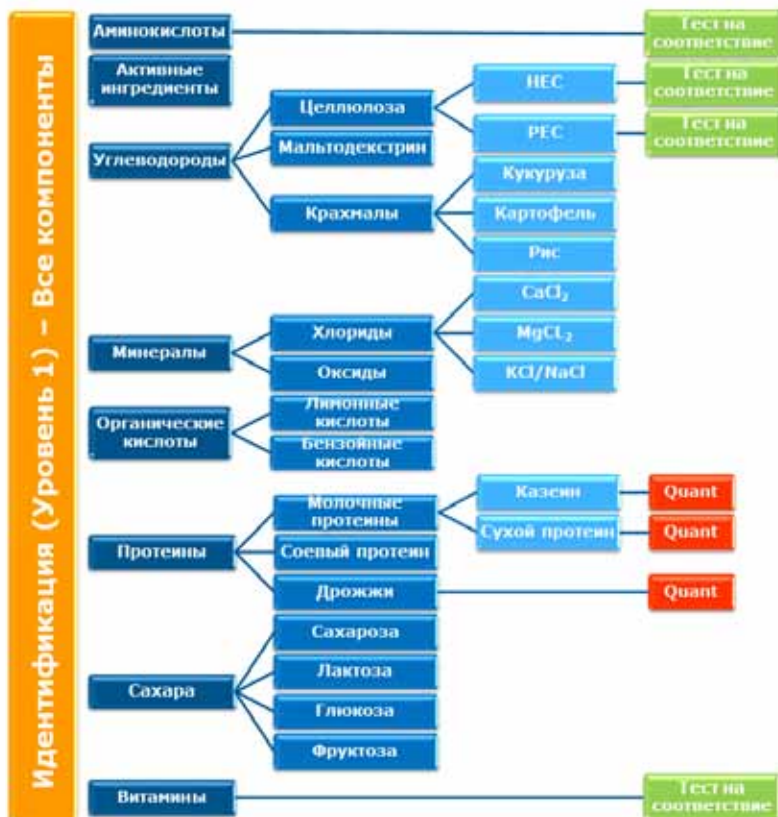


Рис.6: Пример схемы многоуровневого метода Multi Evaluation с последующим тестом на соответствие или количественным определением.

## • Сервис и поддержка

Сотрудники Bruker Optics - высококвалифицированные специалисты, ученые и инженеры, которые в совершенстве владеют не только методами инструментального анализа, но и хорошо понимают особенности технологических процессов производства молочной продукции. Наши специалисты помогут в подборе и использовании оборудования, оптических компонентов, устройств для работы с образцами и программного обеспечения. Мы предлагаем полный комплекс услуг по обучению и технической поддержке. Спектрометры Bruker Optics разработаны для обеспечения безотказной работы в течение многих лет. Но даже в случае возникновения проблем, корпоративная сеть Bruker и ее представительств по всему миру быстро отреагирует на запросы пользователей. Bruker гарантирует профессиональную установку и запуск оборудования, полную поддержку в вопросах применения в соответствии с поставленными задачами и высокое качество послепродажного обслуживания.



[www.bruker.com/optics](http://www.bruker.com/optics)

• **Bruker Optik GmbH**

Ettlingen · Germany  
Phone +49 (7243) 504-2000  
Fax +49 (7243) 504-2050  
[info@brukeroptics.de](mailto:info@brukeroptics.de)

Ваш поставщик в регионе  
ООО "КОЛБА"  
+7-962-345-15-68  
[info@kolba24.ru](mailto:info@kolba24.ru)