ЛЕКЦИЯ 7
Наносенсоры и интеллектуальная упаковка

Цель: сформировать представление об основах темы, технологических возможностях, ограничениях и требованиях к доказательной оценке наноструктурированных пищевых систем.

Принцип сенсорной системы

Наносенсор использует чувствительный элемент, изменение свойств которого можно связать с измеряемым показателем. В пищевых технологиях изучают индикаторы газов, влажности, летучих метаболитов, изменения pH и специфических аналитов. Сенсорная чувствительность, специфичность и воспроизводимость должны оцениваться раздельно.

Способы регистрации

Оптические сенсоры изменяют цвет или спектральные свойства; электрохимические — ток, потенциал либо сопротивление. Наноструктурированные покрытия могут увеличивать рабочую поверхность чувствительного элемента. Однако сигнал может зависеть от температуры, влажности, фоновых компонентов пищевой матрицы и старения сенсора.

Калибровка и валидация

При разработке строят градуировочную характеристику, определяют предел обнаружения, линейный диапазон, повторяемость, устойчивость к помехам и долю ошибочных срабатываний. Для оценки свежести нельзя использовать один индикатор как универсальный заменитель микробиологического контроля; связь сигнала с качеством зависит от вида продукта и условий хранения.

Интеграция в технологическую цепочку

Данные сенсора могут поступать в систему мониторинга холодовой цепи. При этом необходимы защита данных, контроль ложных тревог и процедуры поверки или калибровки. Цифровая индикация не заменяет установленные требования безопасности продукта.

Практическое задание

Спроектируйте эксперимент по оценке индикатора свежести рыбы: эталонный метод, точки отбора проб, температурные режимы, возможные ложноположительные сигналы.

Контрольные вопросы

1. В чём различие чувствительности и специфичности сенсора?
2. Почему индикатор свежести нельзя считать гарантией безопасности?
3. Какова роль калибровки в работе сенсора?

Рекомендуемая литература

1. EFSA Scientific Committee. Guidance on risk assessment of nanomaterials to be applied in the food and feed chain. EFSA Journal, 2021.

2. McClements D. J. Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques. CRC Press, 3rd ed., 2015.

3. McClements D. J. Nanoparticle- and Microparticle-based Delivery Systems: Encapsulation, Protection and Release of Active Compounds. CRC Press, 2014.

Примечание: учебный материал. Практическое пищевое применение наноматериалов требует отдельной оценки безопасности и соответствия действующим требованиям.