

FOSS

UN LIBRO BLANCO ELABORADO POR FOSS:

**EL USO DE LA
ESPECTROMETRÍA PARA LA
MEDICIÓN SIMULTÁNEA DEL
COLOR Y LA COMPOSICIÓN
EN MUESTRAS DE ALIMENTOS**

Autores: Barbara Tobijaszevska, Richard Mills, Jakob Jøns
June 2018
foss.es

ANALYTICS BEYOND MEASURE

Introducción

El color es una cualidad cada vez más importante para los productores de alimentos, pero su medición normalmente requiere un método visual subjetivo y precisa de mucho tiempo o de un aparato dedicado. ¿Pero qué pasaría si la capacidad intrínseca de los analizadores de alimentos basados en la espectroscopia se pudiese explotar para medir el color al mismo tiempo que parámetros composicionales tales como la proteína y la humedad?

Un concepto de este tipo promete la capacidad de realizar una medición rápida y sistemática del color y numerosos parámetros composicionales al mismo tiempo mediante el uso de una plataforma sólida y probada para los rigores del análisis rutinario de alimentos.

Exploramos ese concepto en este Libro blanco en relación con el instrumento de FOSS recientemente lanzado, el FoodScan™ 2, junto con una definición del parámetro de medición del color, cómo funciona y una comparación de los resultados obtenidos con el instrumento y los resultados de un medidor de color estándar. Con el fin de poner esta capacidad en el contexto del procesamiento de alimentos de hoy en día, empezamos con un repaso de la medición del color en el procesamiento de alimentos, una definición breve de los parámetros de medición del color y cómo se mide.

Índice

1. El color en la producción de alimentos hoy en día	3
2. Color: Definición y principio de medición	5
3. Medición del color con el FoodScan 2	8
4. Comparación de la medición del color con el FoodScan 2 con la de un medidor de color dedicado	10
5. Conclusión: Ventajas de la integración de la medición del color	13

1. El color en la producción de alimentos hoy en día

Desde el antiguo proverbio chino que dice que «comemos primero con los ojos» hasta los últimos estudios que indican la creciente importancia del color en la preferencia de los consumidores, no resulta difícil argumentar a favor de la mejora del control del color en la producción de alimentos.

Una búsqueda rápida en internet sobre la 'importancia del color para la preferencia de los consumidores' revela muchos resultados, tales como: El color del queso bajo en grasa influye en la percepción del sabor y en el gusto de los consumidores, 2012* se estableció un efecto significativo del color en el consumo general de las versiones bajas en grasa del queso Cheddar. Los participantes en el estudio se vieron influenciados negativamente cuando el aspecto del queso era demasiado translúcido o demasiado blanco.

Otras conclusiones son, simplemente, sentido común derivado de expectativas universales acumuladas a lo largo de nuestras vidas. Automáticamente pensamos: «este postre amarillo seguro que tiene un rico y dulce sabor a vainilla o esta carne tiene un tono rojo apetitoso y fresco. En consecuencia, los estándares del sector y las directrices se orientan a ayudar a los productores a satisfacer las expectativas. Los ejemplos incluyen las 'Directrices de medición del color en la carne de la American Meat Science Association' (Asociación científica cárnica americana), un documento pormenorizado de más de 100 páginas que abarca los numerosos aspectos de la medición del color que los productores tienen que considerar. De igual modo, la norma noruega 'Bransjstandard for Fisk', con una sección especial relativa al color del salmón, proporciona un rango claro para los productores.

A pesar de que la importancia del color en los alimentos no hace sino crecer, también lo hacen los retos a los que se enfrentan los productores para conseguir la consistencia de color requerida. Tradicionalmente, los productores podían haber tirado de conservantes como los nitratos o la sal para asegurarse de que el color fuese el que debía estar en la estantería del supermercado, pero las restricciones jurídicas les están obligando a replantearse. De igual modo, el uso de conservantes de número E está bajo presión, no solo por la legislación, sino también por parte del sentimiento de los consumidores. Los estudios indican que los consumidores quieren que los colores de los alimentos y las bebidas sean naturales. Según un informe de Nielsen** sobre tenencias de ingredientes, 2016, el 61 % de los consumidores afirmó evitar los colorantes artificiales. En Europa, el número de productos con colorantes naturales creció un 5,6 % en 2015, en comparación con la caída del 5,2 % de los colorantes artificiales.

Sin embargo, la búsqueda de alternativas implica complicaciones para los productores. Por ejemplo, ¿cómo afectarán la reducción o la ausencia de conservantes con base de nitratos al color una vez abierto el paquete?

Con el fin de realizar una investigación de los productos y llevar a cabo comprobaciones de calidad rutinarias, actualmente hay dos opciones principales. Bien se puede evaluar el

*IR.WadhvaniD.J.McMahon: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030212002019

**Nielsen ingredient trends, 2016: www.nielsen.com/content/dam/nielsen/global/eu/docs/pdf/Global%20Ingredient%20and%20Out-of-Home%20Dining%20Trends%20Report.pdf

color subjetivamente con el ojo humano con una carta de colores (sección 2) o se puede utilizar un analizador de medición del color. Ambos están probados, pero implican costes significativos. En primer lugar, debido a la necesidad de personal formado y una ubicación especial con una iluminación homogénea y, en el segundo, debido a la necesidad de un analizador dedicado. La carga sobre las operaciones de control de la calidad es significativa cuando se consideran otras tareas analíticas, tales como el análisis composicional.

En este contexto, existe un margen para una mayor explotación de las soluciones de espectroscopia cada vez más potentes con el fin de que ofrezcan de forma simultánea el análisis composicional y del color. Esto se puede conseguir a través de la combinación del método óptimo para medir el color (reflectancia en el rango visual) con el método requerido para el análisis composicional (transmitancia en el rango infrarrojo) en una sola unidad.

Antes de nada, se requiere una referencia común para debatir sobre la medición del color.



El analizador FoodScan™ de FOSS mide el color en los productos alimentarios de manera simultánea a los parámetros composicionales

2. Color: definición y principio de medición

Las definiciones (al hilo de las que se pueden encontrar en internet y en los manuales) se centran en el color como una cualidad que viene determinada visualmente por la luz reflejada en relación con la tonalidad, la saturación y el brillo.

El sistema de combinación de colores de Pantone es una forma familiar de ofrecer una referencia común para la evaluación visual. En el ámbito de la producción de alimentos, las Normas de color del Instituto Nacional del Queso estadounidense constituyen un ejemplo similar que adopta la forma de una serie de referencias de color para la gradación visual de los colores del queso curado. Otra es la norma noruega para el salmón mencionada en la sección 1, que incluye la gama de una carta de colores específica que debe cumplir.

Si se considera por encima, la idea de mirar una carta de color al lado de una muestra puede parecer un enfoque simple, pero la evaluación visual tiene inconvenientes significativos. Es subjetiva, lo cual desemboca en irregularidades en las pruebas de una persona a otra o en la misma persona con el paso del tiempo. Requiere una ubicación con una iluminación homogénea y puede llevar mucho tiempo.

A modo de alternativa, las tecnologías de medición del color van más allá de la mirada subjetiva del ojo humano y nos permiten cuantificar de manera objetiva un arcoíris de colores para ofrecer un idioma común del color. Por ejemplo, una medición hecha en una ubicación se puede comparar con otra ubicación o en un momento distinto, en una terminología con aceptación internacional. Así se eliminan las percepciones del color y las diferencias de juicio entre los técnicos. Dichos instrumentos aparecen englobados bajo distintos nombres: colorímetro y espectrofotómetros.

Los colorímetros imitan la percepción humana ojo-cerebro mediante el uso de filtros para sintetizar la información sobre el color. Un espectrofotómetro utiliza una medición de color de espectro completo para ofrecer una medición más sofisticada, consulte más abajo en el principio básico de métodos objetivos.

Además, tal y como se comenta en este Libro blanco, un espectrómetro utilizado habitualmente para aplicaciones de infrarrojo cercano puede proporcionar una plataforma tecnológica que se puede aprovechar para medir el color de forma simultánea con los análisis composicionales.

Principio básico de los métodos objetivos

Se puede afirmar que todos los analizadores mencionados anteriormente miden el color como la intensidad de un haz de luz como una función de su longitud de onda. El colorímetro utiliza sensores para imitar la visión humana mediante tres fotocélulas como receptores, igual que el ojo humano. Los espectrofotómetros o espectrómetros recopilan todo el espectro (de cada longitud de onda) y lo transforman matemáticamente (algorítmicamente) en valores que corresponden a la percepción del ojo humano.

Para todas las situaciones, es preciso describir la sensación visual mediante funciones matemáticas.

Se utilizan los denominados valores «triestímulos para medir la intensidad de la luz en función de tres valores de color primarios: rojo, verde y azul. Estos colores se representan mediante coordenadas X, Y y Z, lo cual facilita el uso de diagramas para definir los colores.

El sistema se ha utilizado ampliamente durante décadas como estándar común para la medición objetiva del color, además de estar definido por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE, por sus siglas en inglés) Estándar de espacio de color XYZ (1931). Las respuestas espectrales XYZ se encuentran enseguida en internet.

El sistema XYZ se creó en la década de los 70 con la idea de elaborar un modelo más sofisticado que incluyese también la dimensión adicional de la luminosidad, conocida como coordenadas de color $L^*a^*b^*$ (o también como CIELAB), espacio de color. El modelo se estableció como norma en 1976 de conformidad con la CIE. Esto nos proporciona la norma CIELAB para la medición del color (figura 1).

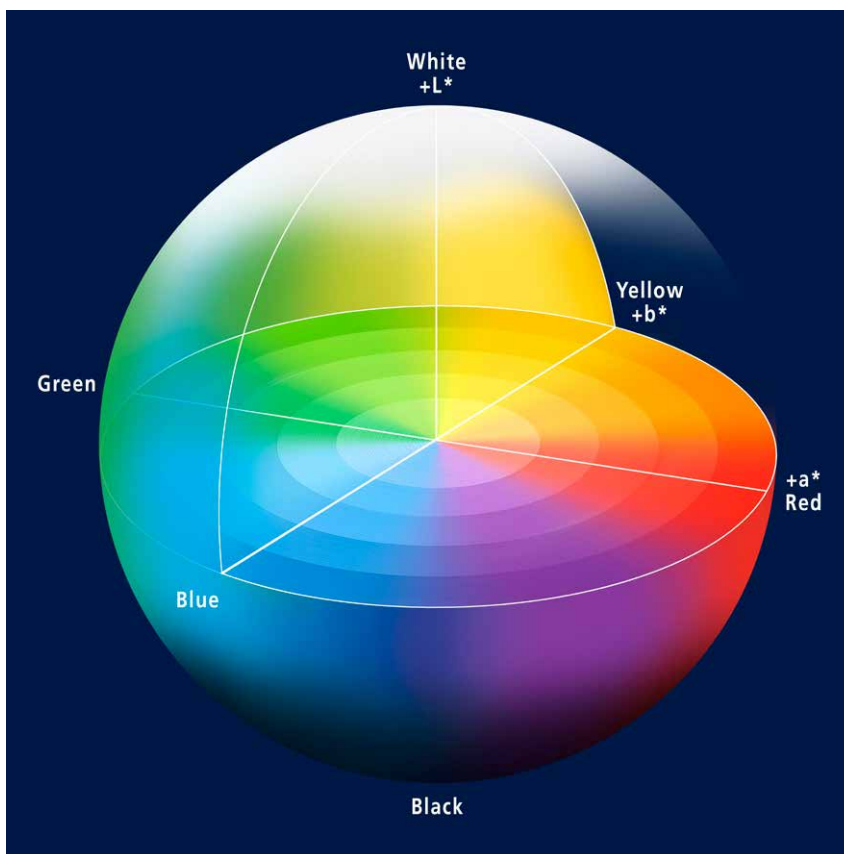


Fig. 1 Diagrama de esferas y LAB que ejemplifica la descripción exhaustiva que ofrece la definición del espacio de color CIELAB. L^* describe la luminosidad, entre 0 para el negro y 100 para brillante. a^* positivo apunta al rojo y el negativo al verde. b^* alterna entre amarillo (positivo) y azul (negativo).

Enfoque del espectroscopio

Para hacer una medición, se expone una muestra a la luz y se mide la cantidad de luz recopilada para cada longitud de onda. En función de la absorción y la reflexión, las características espectrales de la muestra indican un distintivo claro que se relaciona con la impresión del color, figuras 2 y 3.

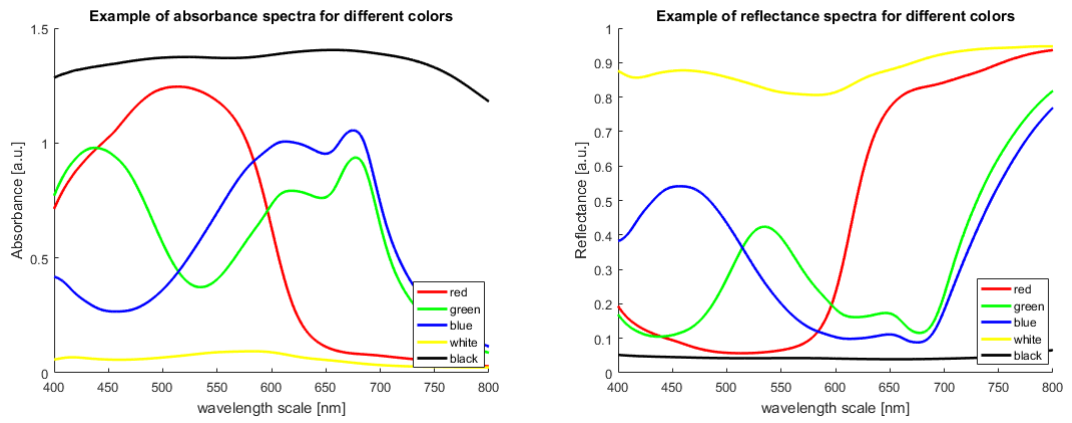


Fig. 2 Mediciones de distintas cartas de colores (muestras en papel) - En el panel de la izquierda, espectro de absorción y, en el de la derecha, la reflectancia correspondiente.

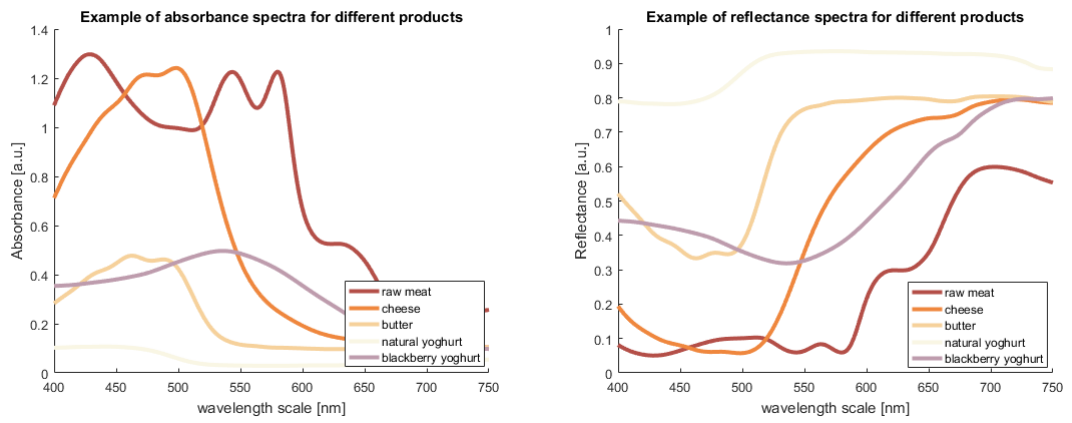


Fig. 3 Mediciones de distintos productos - En el panel de la izquierda, espectro de absorción y, en el de la derecha, la reflectancia correspondiente. El color de la línea corresponde al color del producto.



3. Combinación del análisis composicional y visual con FoodScan 2

Un analizador por espectroscopia que abarque el rango adecuado de longitudes de onda infrarrojas y visuales puede ofrecer una forma rápida de analizar el color de manera simultánea mediante el análisis composicional de los alimentos.

Así, los encargados del control de calidad pueden obtener conocimientos sobre el parámetro del color (que es cada vez más importante), sin tener que configurar una sala para la evaluación visual y contar con personal experimentado. Y, lo que es más importante para el presupuesto del laboratorio, solo se necesita un instrumento, en lugar de dos.

Color medido en un rango visual con reflectancia

El color se puede medir por espectroscopia con los métodos de reflectancia y transmitancia, pero la reflectancia en la longitud de onda visual (400-750 nm) inmediatamente contigua a la infrarroja, es particularmente eficaz porque el color de los alimentos se define en gran medida por las características de la superficie, esto es, por la luz reflejada, excepto en el caso de muestras transparentes y líquidas, claro está.

Por otro lado, la mejor forma para determinar la composición es escanear la mayor parte posible de la muestra. Esto es de especial importancia en el caso de muestras no homogéneas, como la carne picada, en las que la transmitancia ofrece un escaneo representativo de la muestra 'bajo la superficie'.

Medición del color con el FoodScan 2

El FoodScan 2 emplea un espectro de luz visible reflejada a 45 ° de la superficie de la muestra para evaluar el color.

Se ilumina la muestra desde arriba mediante la fuente de ancho de banda. La fuente de iluminación se escanea con un monocromador. Para adquirir el espectro de reflejo, se sincroniza la detección de la luz reflejada con el escaneo de la fuente.

Con el fin de evaluar el color de la muestra, se normaliza el espectro del reflejo hasta una Muestra de referencia difusa (DRS, por sus siglas en inglés).

El espectro de reflejo de la muestra se convierte a los parámetros de color XYZ a través del filtrado matemático del espectro normalizado con perfiles espectrales predefinidos para los parámetros X, Y y Z (Fig. 4) y se convierten en CIELAB (Fig. 5).

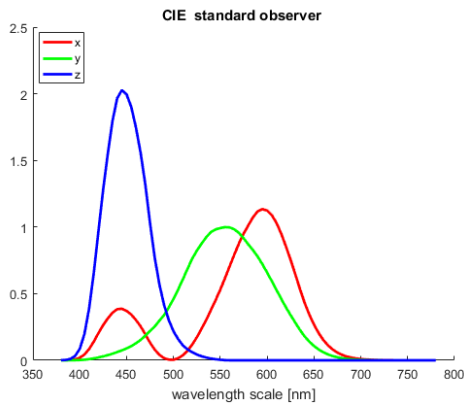


Fig 4. Funciones triestímulo CIELAB.

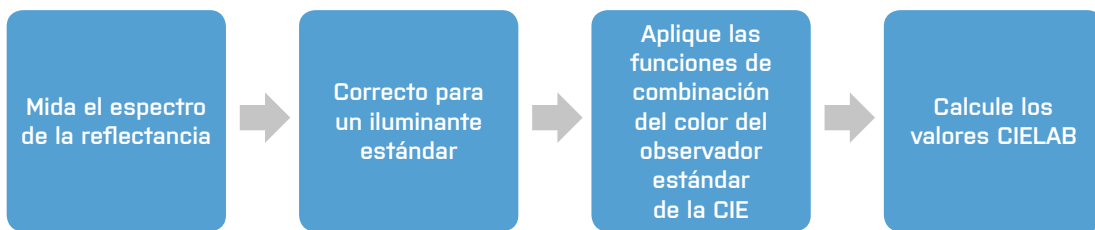


Fig. 5 De acuerdo con la norma CIELAB, los pasos desde la recogida de la luz reflejada en la muestra a los valores $L^*a^*b^*$ presentados en la pantalla del FoodScan 2.

La mecánica para la medición del color en un entorno de producción de alimentos se ha considerado de manera minuciosa y el instrumento se ha fabricado de acuerdo con los principios de diseño clave que se mencionan aquí:

- Solidez: el instrumento puede soportar el contacto directo rutinario con las muestras de alimentos y se limpiará de manera sencilla sin afectar a sus prestaciones.
- Se puede medir la superficie de una muestra mediante la exposición directa al aire, por ejemplo, sin necesidad de taparla. Esto permite estudiar la interacción de la atmósfera con la muestra, por ejemplo, con unos resultados rápidos que permiten evaluar cómo la carne cambia de color cuando entra en contacto con el aire.
- No existe ningún riesgo de que la luz ambiental influya en las prestaciones de la medición. Esto se consigue gracias a una cámara de muestras especialmente diseñada.
- Presentación intuitiva de los resultados para su aprobación o rechazo y acompañados por los resultados en formato $L^*a^*b^*$.
- Transferibilidad de la calibración entre instrumentos FoodScan 2 para unas mediciones sistemáticas y una gestión mínima del instrumento: un aspecto especialmente importante para aquellos usuarios que manejen más de una unidad, quizás en distintas plantas.



4. Comparación de la medición del color con el FoodScan™ 2 con la de un medidor de color disponible en el mercado

El objetivo de Diseñada que se persigue con la medición del color del FoodScan 2 es ofrecer una medición que sea comparable con las mediciones de un medidor de color utilizando el principio del espectrofotómetro.

Para ello, se compararon las mediciones de color hechas con un FoodScan 2 con las de un medidor de color estándar para todas las aplicaciones principales del FoodScan 2, tanto carne y productos cárnicos, como queso, productos fermentados, mantequilla y untables. Las muestras se analizaron de forma repetida en el FoodScan 2 y en el medidor de color. La prueba también incluyó el análisis de muestras artificiales. A continuación, se presentaron los resultados del análisis de las muestras artificiales y las reales. También se examinó la repetibilidad de los resultados que indicasen rendimiento y la reproducibilidad de los resultados que indicasen transferibilidad.

Comparación con un medidor de color dedicado

Hay una buena coincidencia entre el medidor de color y el FoodScan 2 para la medición directa de la superficie (Figura 6).

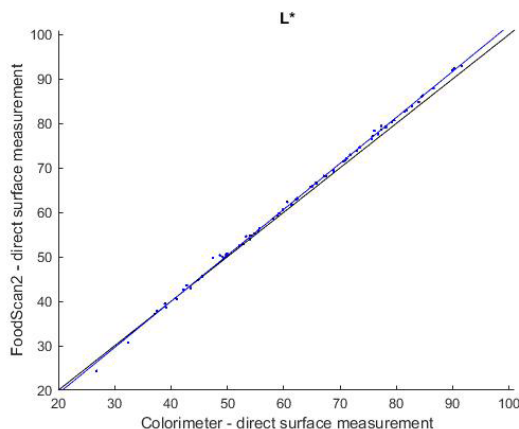


Figura 6. Ejemplo de la medición de la superficie directa del brillo (L^*).

Las mediciones pueden diferir debido a la presentación distinta de las muestras (Fig. 7), por ejemplo, si medimos a través de una placa de Petri con el medidor de color y lo comparamos con la medición directa de la superficie con el FoodScan 2.

Hay una serie de factores que pueden influir en la compatibilidad, entre ellos:

- Diferencias menores en el algoritmo CIELAB, ya que el medidor de color se basa en longitudes de onda a partir de 380 nm, y el FoodScan 2 en longitudes de onda a partir de 400 nm.
- Diferencias en la presentación de las muestras.
- Ajustes específicos del medidor de color, por ejemplo, es importante utilizar la misma norma de un convenio cuando se compara con un colorímetro. CIELAB define dos normas: la norma de 1931 de observaciones desde un ángulo de 2° y la norma de 1964, que define un ángulo de observador estándar de 10° . El modelo empleado para la prueba de comparación fue el de 10° .
- No homogeneidad de la muestra. Puesto que un FoodScan 2 escaneará hasta 20 veces más de la superficie de la muestra, puede ser necesario tener que escanear la muestra con el medidor de color en múltiples posiciones y utilizar un valor medio para ajustarlo con el FoodScan 2.

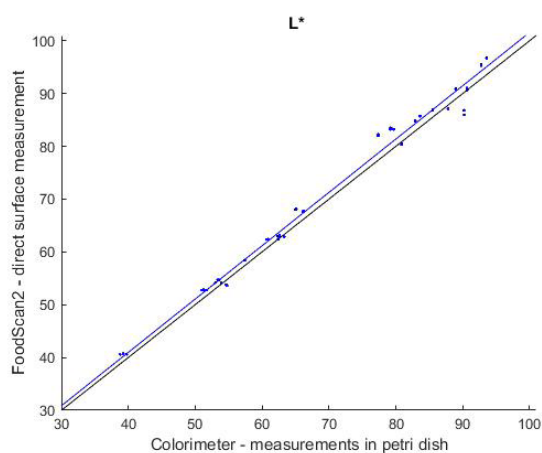


Figura 7. Comparación de la medición directa con la medición hecha a través de una placa de Petri.

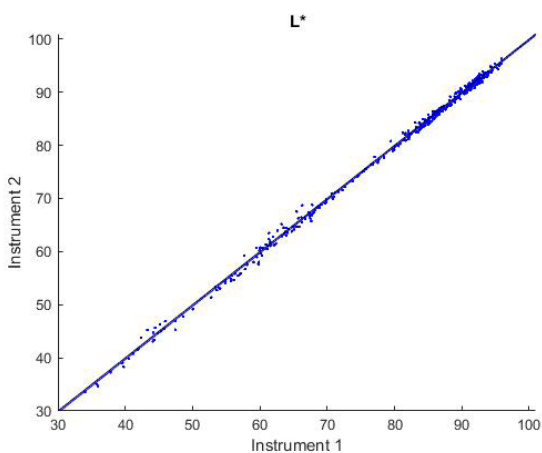


Figura 8. Reproducibilidad del brillo en los productos alimentarios (carne, queso, yogur y mantequilla) medida por dos instrumentos FoodScan 2.

Reproducibilidad de las mediciones (transferibilidad)

En la Figura 8 anterior se muestra la comparación de los valores obtenidos por dos analizadores FoodScan 2 distintos. Se midieron yogur, queso, productos cárnicos y mantequilla, se predijeron los valores por dos instrumentos distintos y luego se compararon. El ejemplo que se muestra corresponde al brillo (L^*).

Repetibilidad de los resultados

La base de cualquier buen método está en una buena repetibilidad. Puesto que la repetibilidad depende de la homogeneidad y la presentación de las muestras, se llevó a cabo un estudio en el que se analizaron los tipos de muestras descritos anteriormente escaneando una muestra en 4 copias en un FoodScan 2.

Se prepararon las muestras en una cubeta mediana y en una grande, para establecer el efecto de un escaneo de la zona superficial más grande posible de la muestra. A modo de referencia, también se escaneó la muestra preparada en una cubeta mediana mediante un medidor de color por espectrofotómetro disponible en el mercado.

Tipo de producto		Cubeta mediana FS2	Cubeta grande FS2
Carne	L^*	0,20	0,19
	a^*	0,10	0,05
	b^*	0,05	0,02
Queso	L^*	0,38	0,13
	a^*	0,04	0,03
	b^*	0,20	0,10
Yogur	L^*	0,04	0,08
	a^*	0,01	0,01
	b^*	0,01	0,01
Mantequilla	L^*	0,04	0,01
	a^*	0,02	0,01
	b^*	0,21	0,14

Tabla 1, Además de la repetibilidad de las mediciones realizadas sobre el mismo producto (por ejemplo, queso), se examinó la repetibilidad de las mediciones entre cubetas con muestras grandes y pequeñas. La finalidad de esto era tener en cuenta las distintas propiedades superficiales debido a las muestras no homogéneas. En la Tabla 1 se muestra la repetibilidad en relación con el tipo de producto y la cubeta para muestras; las cifras indican la media de cuatro pruebas: cuanto menor sea la cifra, menor será la variación. Esto supone una correlación clara entre la zona de escaneo de la superficie y la repetibilidad, por ejemplo, para el brillo del queso (L).

Se infiere claramente del estudio que cuanto menos homogénea es la muestra, más fiable es el resultado obtenido al escanear una zona superficial más grande de la muestra.

5. Conclusión: ventajas de la integración de la medición del color

El FoodScan 2 promete una oportuna y novedosa capacidad de realizar una medición rápida y sistemática del color y numerosos parámetros composicionales al mismo tiempo. Como tal, ofrece una alternativa 'dos en uno' a la evaluación subjetiva y engorrosa del color a ojo o a la necesidad de contar con un equipo dedicado para la medición del color.

Ofrece mediciones rápidas en el formato de la norma CIELAB, integradas en un analizador sólido de los alimentos diseñada para su uso en los entornos de producción de alimentos. Así, el FoodScan 2 ofrece una plataforma sólida para el análisis rutinario frente a estándares de color y para la investigación y el desarrollo de productos alimentarios, por ejemplo, podría resultar valioso a la hora de analizar las repercusiones de la reducción del conservante a base de nitratos y sal en los productos alimentarios.

Las mediciones son repetibles y reproducibles. Los resultados del estudio muestran que el FoodScan 2 es comparable con el medidor de color utilizado. Asimismo, la sólida cadena de medición del FoodScan 2 se puede aprovechar para ofrecer una plataforma estable para la medición del color en entornos de producción de alimentos. La reproducibilidad también está a la altura de los altos estándares de la plataforma del FoodScan 2.

Existen algunas diferencias con las mediciones del medidor de color debido a la falta de homogeneidad de las muestras o de la presentación de las mismas. Se puede afirmar que las diferencias refuerzan la noción de una solución muy estable debido al hecho de que el FoodScan 2 escanea hasta 20 veces más de la superficie de la muestra que un medidor de color estándar.

FOSS

FOSS
Josep Tarradellas, 8-10
08029 -BARCELONA
España

Tel.: +34 934 949 940
Fax: +34 934 052 176

infofoss@foss.es
www.fossanalytics.com