



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo de Fin de Máster en Calidad, Seguridad y Tecnología de los Alimentos

Control de calidad de materias primas y productos terminados en la industria alimentaria a través de la Espectroscopía de Infrarrojo Cercano (NIRS)

Quality control of raw materials and finished products in the food industry through Near Infrared Spectroscopy (NIRS)

Autor/es

Violeta Obón Solanas

Director/es

Dra. Regina María Lázaro Gistau

Ana Herrero García

Facultad de Veterinaria

2022-2023

ÍNDICE

LISTADO DE ACRÓNIMOS.....	1
RESUMEN EN CASTELLANO E INGLÉS.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	4
1.2 ESPECTROSCOPIA NIR.....	8
1.2.1 Fundamentos de la espectroscopía NIR.....	8
1.2.2 Instrumentación de la espectroscopía NIR.....	10
1.2.3 Ventajas e inconvenientes de la espectroscopía NIR.....	13
1.2.4 Aplicaciones de la espectroscopía infrarroja en la industria.....	14
1.2.5 Aplicación de la quimiometría a la espectroscopía NIR.....	16
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	21
3. METODOLOGÍA.....	22
3.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	23
3.2.1. Materiales e Instrumentación.....	23
3.2.2 Descripción de muestras y plan de muestreo.....	23
3.2.3 Preparación de la muestra.....	25
3.2.4 Análisis de muestras mediante NIRS.....	26
3.2.5 Recopilación de espectros y creación de la biblioteca espectral.....	28
3.2.6 Puesta a punto de la técnica NIRS-ChB en Lacasa S. A.....	29
3.2.7 Construcción y mantenimiento de los modelos cualitativos.....	30
3.2.8 Validación de las muestras (Pruebas de conformidad).....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1 Puesta a punto de la técnica NIRS-ChB en Lacasa S. A.....	32
4.2 Recopilación de espectros y creación de la biblioteca espectral.....	33
4.3 Construcción y mantenimiento de los modelos cualitativos.....	33
4.4 Validación de las muestras (Pruebas de conformidad).....	34
5. CONCLUSIONES.....	40
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
7. ANEXO.....	47

LISTADO DE ACRÓNIMOS

Acrónimo	Significado en inglés	Significado en español
NIRS	<i>Near Infrared Spectroscopy</i>	Espectroscopía de Infrarrojo Cercano
NIR	<i>Near InfraRed</i>	Infrarrojo Cercano
MIR	<i>Middle InfraRed</i>	Infrarrojo Medio
FIR	<i>Far InfraRed</i>	Infrarrojo Lejano
MMPP	<i>Raw materials</i>	Materias primas
ChB	<i>Chemometric Brain</i>	
LED	<i>Light Emitting Diodes</i>	Diodos Emisores de Luz
AOTF	<i>Modulating Acoustic-Optical Filters</i>	Filtros Ópticos-Acústicos Modulables
FT	<i>Transformer of Fourier</i>	Transformada de Fourier
PRM	<i>Pattern Recognition Methods</i>	Métodos de Reconocimiento de Pautas
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>	Análisis de Componentes Principales
PC	<i>Principal Components</i>	Componentes Principales
SNV	<i>Standard Normal Variate</i>	Variable Normal Estándar
MSC	<i>Multiplicative Scatter Correction</i>	Corrección de dispersión multiplicativa
OSC	<i>Orthogonal Signal Correction</i>	Corrección de señal ortogonal

RESUMEN EN CASTELLANO E INGLÉS

Numerosos estudios muestran la importancia de implementar en el control de calidad de los alimentos métodos analíticos distintos a los tradicionales, que permitan detectar cualquier cambio en la composición química de los alimentos, para asegurar la calidad. Los nuevos avances en la instrumentación analítica, unidos a la innovación en el procesado de datos, están permitiendo crear bases de datos que permiten comparar y detectar cualquier posible modificación en la composición del alimento. Los métodos basados en espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) se presentan como una alternativa en la industria alimentaria, debido a que permite el análisis no destructivo y rápido de materias primas (MMPP), productos semielaborados y terminados durante el proceso de fabricación.

Los objetivos de este trabajo han sido realizar una revisión bibliográfica sobre las aplicaciones de la técnica NIRS en la industria alimentaria, así como implantar dicha técnica junto al software Chemometric Brain, al control de calidad (pruebas de conformidad) de materias primas y productos terminados en la empresa Lacasa S. A.

Se analizaron muestras de diferentes lotes de 147 MMPP y de 51 productos terminados en el equipo NIR, sus datos sirvieron para crear una biblioteca espectral, la cual se utilizó para crear modelos cualitativos mediante el software Chemometric Brain (ChB). Posteriormente, se validaron muestras de MMPP y productos terminados.

Se ha creado una biblioteca espectral con 281 productos que ha posibilitado construir 27 modelos cualitativos de MMPP y 36 de productos terminados, los cuales han permitido realizar pruebas de conformidad a MMPP y productos terminados. Se ha comprobado que un 85,25% de muestras de los proveedores habituales de MMPP eran conformes respecto a sus especificaciones y cumplían los requisitos de calidad definidos por la empresa. En cuanto a muestras suministradas por proveedores de nueva incorporación, se realiza un seguimiento de su homogeneidad, pero hasta que no haya un número suficiente de muestras no se puede tomar una decisión acerca del proveedor. Por último, había proveedores que se encontraban en prueba para ser homologados, ya que sus MMPP eran de interés para la empresa. En cuanto a las muestras de productos terminados, el 56,20% han resultado conformes, mientras que en el resto se han encontrado desviaciones debidas a la codificación incorrecta de muestras, entre otros motivos. Como conclusión, se ha conseguido implantar y aplicar esta herramienta analítica en la empresa Lacasa S. A., lo que ha permitido evaluar la conformidad de MMPP y productos terminados para garantizar la calidad de dichos productos.

ABSTRACT

Numerous studies show the importance of implementing analytical methods other than traditional ones in food quality control, which can detect any change in the chemical composition of food, to ensure quality. The new ones in analytical instrumentation, together with innovation in data processing, are making possible to create databases that make it possible to compare and detect any possible modification in the composition of the food. Methods based on near infrared spectroscopy (NIRS) are presented as an alternative in the food industry, because they allow non-destructive and rapid analysis of raw materials (MMPP), semi-finished and finished products during the manufacturing process.

The objectives of this work have been to carry out a bibliographical review on the applications of the NIRS technique in the food industry, as well as to implement said technique, together with the Chemometric Brain software, to the quality control (conformity tests) of raw materials and finished products in the company Lacasa S. A.

Samples from different batches of 147 MMPP and 51 finished products were analyzed in the NIRS equipment, and their data were used to create a spectral library, which was obtained to create qualitative models. Subsequently, MMPP samples and finished products were validated according to the models.

A spectral library with 281 products has been created, which has allowed the construction of 27 qualitative models of MMPP and 36 of finished products, which have allowed conformity tests to be carried out on MMPP and finished products. It has been verified that 85.25% of the samples from MMPP's regular suppliers were compliant with respect to their specifications and met the quality requirements defined by the company. As for samples supplied by newly incorporated suppliers, their homogeneity is monitored, but until there is a sufficient number of samples, a decision about the supplier cannot be made. Finally, there were suppliers that were undergoing tests to be approved, since their MMPP were of interest to the company. Regarding the samples of finished products, 56.20% have been found to be compliant, while the rest have found deviations due to incorrect coding of samples, among other reasons. In conclusion, it has been possible to implement and apply this analytical tool in the company Lacasa S. A., which has made it possible to verify the conformity of MMPP and finished products to guarantee the quality of said products.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

El concepto de calidad, a lo largo del tiempo, ha ido evolucionando y dando lugar a innumerables definiciones. Tradicionalmente, se ha considerado que la calidad de un producto es función del grado de cumplimiento de lo que se esperaba de él. Según la Organización Internacional de Normalización (ISO) la calidad es la capacidad de un producto o servicio de satisfacer las necesidades declaradas o implícitas del consumidor a través de sus propiedades o características. (1)

En concreto, el concepto de calidad de los alimentos abarca todos los atributos que influyen en el valor de un producto para el consumidor. Cuando los alimentos no responden a la calidad necesaria para ser consumidos, son inadecuados para los fines previstos. En ese sentido es importante que, en toda la cadena agroalimentaria desde el productor primario, pasando por la industria alimentaria, centros de distribución, mercados y el consumidor final se tomen acciones para mantener la calidad del alimento.

La empresa alimentaria es una pieza fundamental en la cadena alimentaria, ya que se sitúa como eslabón intermedio, aportando valor añadido a la producción primaria. Está continuamente innovándose y adaptándose a las nuevas tecnologías y exigencias de los consumidores. Es por ello, que se enfrenta a nuevos retos de competitividad, exigencia de calidad y especialmente de seguridad. Para poder alcanzar estos objetivos necesita realizar una gestión eficaz de todas las actividades que lleva a cabo. Con esta finalidad, los sistemas de gestión se presentan como una herramienta eficaz y de gran utilidad que resulta de gran apoyo para el aseguramiento de la calidad en las industrias.(3) El control de calidad consiste en la implantación de programas, mecanismos, herramientas y/o técnicas en una empresa para garantizar la calidad de sus productos.

Dentro del marco de la industria alimentaria, se pueden diferenciar dos grandes grupos de sistemas de gestión de la calidad:(1,3,4)

- A. Sistemas de gestión obligatorios en todas las empresas de la cadena alimentaria y en la distribución, independientemente de su tamaño: (1,3,4)
 - Sistema de autocontrol basado en un Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC): Modelo con un enfoque sistemático en la identificación, evaluación y control de aquellas etapas en el manufacturado de los alimentos que

son críticas para la inocuidad del producto.(3,4) así, el artículo 5 del Reglamento (CE) nº 852/2004 dispone que los operadores de empresa alimentaria deben crear, aplicar y mantener un procedimiento permanente basado en los principios del análisis de peligros y puntos de control crítico («procedimientos basados en el APPCC» o «APPCC»).

B. Sistemas de gestión voluntarios que se pueden implantar en las empresas:

- Buenas Prácticas Agrícolas (GLOBALGAP): Conjunto de normas que garantizan unas buenas prácticas agrícolas (BPA), desde el punto de vista social y ambiental. La norma GLOBALGAP que se utiliza más ampliamente es la de Aseguramiento Integrado de Fincas (IFA), y se aplica a frutas y hortalizas, acuicultura, floricultura y ganadería, entre otros.(5)
- ISO 22000:2005 Sistemas de Gestión de la inocuidad de los alimentos: Norma internacional que especifica requisitos para un sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos cuando una organización en la cadena alimentaria necesita demostrar su capacidad para controlar los peligros relacionados con la inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria con el objeto de asegurarse de que el alimento es inocuo en el momento del consumo humano.(6)
- ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad: Norma internacional que establece los requisitos para un sistema de gestión de la calidad. Todos los requisitos de esta norma son genéricos y se pretende que sean aplicables a todas las organizaciones, sin importar su tipo o tamaño, o los productos y servicios suministrados.(7)
- British Retail Consortium (BRC): Modelo que permite a los distribuidores y grandes superficies cualificar a sus proveedores de producto de marca propia, asegurando que cumplan con unos requisitos que garantizan la seguridad, calidad, y legalidad de sus alimentos.(8)
- International Featured Standards (IFS): Normas internacionales enfocadas en alimentación, productos y servicios, que garantizan que las empresas certificadas fabrican un producto o bien prestan un servicio, que cumple las especificaciones de cliente y que siempre se trabaja por una mejora continua de los procesos.(9)

- EMAS e ISO 14001: El Reglamento europeo EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) define un esquema de gestión y auditoría ambientales abierto a cualquier tipo de organización a nivel internacional e independientemente de su actividad. El modelo de sistema de gestión ambiental de este Reglamento está basado en la norma ISO 14001 y propone una sistemática eficaz para ayudar a las organizaciones a gestionar y mejorar de manera continua su desempeño ambiental.(3,4)
- OHSAS: Sistema de gestión más empleado para garantizar la seguridad y salud en el trabajo. Dentro de éste, existen dos normas que se complementan: OHSAS 18001:2007 "Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Requisitos", la cual ha sido ya sustituida por la norma ISO 45001, y OHSAS 18002:2008 "Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.(3,4)

Por otra parte, la calidad de los alimentos se evalúa a través de indicadores de calidad, que son parámetros físicos, químicos o bioquímicos, cuantificables que permiten comprobar que el producto cumple con un estándar de calidad. Esta evaluación se lleva a cabo siguiendo los Métodos Oficiales de Análisis.(2) Sin embargo, existen algunas propiedades de los alimentos, como la homogeneidad, que representan un problema para la gestión de la calidad en la industria alimentaria, por lo que es necesario implementar en el control de calidad y seguridad de los alimentos aplicaciones analíticas basadas en métodos que permitan detectar cualquier cambio en la composición química de los alimentos.(1)

Los nuevos avances en la instrumentación analítica, unidos a la innovación en el procesado de datos, están permitiendo crear bases de datos que permiten comparar y detectar cualquier posible modificación en la composición del alimento. Los métodos basados en la espectroscopía de infrarrojo cercano, por su naturaleza no destructiva y su rapidez en combinación con técnicas quimiométricas, se presentan como una alternativa prometedora para solucionar los problemas surgidos en la industria alimentaria a la hora de garantizar la calidad y seguridad de los alimentos y detectar rápidamente cualquier alteración en la composición de los mismos. (3,10-16) Estos métodos se han utilizado ampliamente para analizar cualitativamente (trazabilidad y autenticidad) y cuantitativamente (predecir la composición y cuantificar) varias matrices alimentarias. (6,11,17-21)

Por lo cual, en el presente trabajo, se pretende implantar en la empresa Lacasa S. A. la aplicación del software quimiométrico (Chemometric Brain) junto con la tecnología NIRS al control de calidad de MMPP y productos terminados a través de pruebas de conformidad para la identificación y clasificación de MMPP, la detección de desviaciones o errores en MMPP y productos terminados, lo que permite controlar la homogeneidad de MMPP y el proceso de fabricación de productos terminados, pudiendo detectar errores en la producción con suficiente antelación para poder corregirlos ahorrando tiempo y coste económico.(6,17,20,25-28)

1.2 ESPECTROSCOPIA NIR

1.2.1 Fundamentos de la espectroscopía NIR

La palabra espectroscopía deriva de la raíz latina *spectrum* (aparición, imagen) y la palabra griega *skopia* (inspección, examen visual). La espectroscopía es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia. El conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas de diferentes longitudes de ondas configura el espectro electromagnético, en el cual la región infrarroja está comprendida entre 780 y 10^6 nm y dividida en tres subregiones: infrarrojo lejano (FIR), entre 4×10^4 y 10^6 nm; infrarrojo medio (MIR), entre 2500 y 4×10^4 nm; e infrarrojo cercano (NIR), entre 780 y 2.500 nm. (10,12,29,31)

El fundamento de la espectroscopía de infrarrojo cercano se basa en la interacción que tiene lugar cuando la radiación electromagnética infrarroja cercana incide sobre una muestra, (24,34,35) una parte de los fotones se transmite o refleja a través de la misma y el resto es absorbida. Cabe destacar que, para que una molécula absorba radiación infrarroja, la energía de radiación ha de coincidir con la diferencia de energía entre dos estados energéticos y debe producirse un cambio en el momento dipolar de la molécula debido a movimientos vibratorios. Los modos de vibración más importantes se engloban en dos grupos: vibraciones de tensión o estiramiento (*stretching*), se produce un cambio la distancia interatómica a lo largo del eje entre dos átomos, y vibraciones de flexión (*bending*), se produce un cambio el ángulo de enlace entre dos átomos. (34,37,38)

La absorción de energía por la muestra produce que los enlaces entre carbono e hidrógeno (C-H), oxígeno e hidrógeno (O-H) y nitrógeno e hidrógeno (N-H), principales constituyentes de la estructura básica de las sustancias orgánicas como agua, lípidos, proteínas..., vibren en distintas formas y longitudes de onda diferentes generando bandas de absorción, que corresponden con sobretonos y bandas de combinación de vibraciones moleculares y, por tanto, formen el espectro correspondiente de dicha muestra. La tabla 1 muestra la longitud de onda a la cual los enlaces entre los átomos generan vibración y el compuesto orgánico al que corresponden. (11,16,24,36,38)

Tabla 1-Longitud de ondas de absorción para compuestos orgánicos. (21)

Longitud de onda (nm)	Compuestos orgánicos	Tipo de enlace
1200	Lípidos	C-H
1440	Agua y Carbohidratos	O-H

1730	Lípidos	C-H
1780	Lípidos	C-H
1940	Agua	O-H
1980	Proteína	N-H
2080	Carbohidratos	O-H
2180	Proteína	C=O, N-H
2320	Lípidos	C-H
2350	Lípidos	C-H

La interacción entre radiación y muestra obedece a la Ley de Beer-Lambert, la cual establece que la absorbancia (A) a cualquier longitud de onda es proporcional al número o concentración de moléculas absorbentes de dicha muestra presentes en el camino recorrido por la radiación.(6,21,25,38) La forma más habitual de cuantificar la absorción de energía en la región NIR es a partir de la medida de la energía reflejada ($A = \log(1/R)$) o transmitida ($A = \log(1/T)$) por la muestra, donde R y T son el valor de Reflectancia o Transmitancia, respectivamente.(6,34) La representación gráfica de los valores de absorbancia de la muestra obtenidos a las diferentes longitudes de onda en el rango NIR (750nm-2.500 nm) da lugar a una curva denominada espectro NIR, el cual es resultado de los diferentes sobretonos, bandas de combinación y absorciones electrónicas de radiación de los grupos funcionales presentes en la muestra.(6,34) Las posiciones de las bandas de absorción generadas dependen de propiedades tanto químicas como físicas, es decir, factores como la temperatura, humedad, carácter cristalino o tamaño de las partículas de la muestra influyen en el espectro obtenido.(11)

El espectro vibracional de la muestra proporciona información de sus características químicas, físicas y sensoriales, y es único y distinto del de otras muestras semejantes, comportándose como una “huella dactilar” de la muestra.(34) Es por ello que la aplicación de la espectroscopía NIR permite obtener información tanto cuantitativa como cualitativa de la calidad del producto analizado.(16,36-8) Sin embargo, entraña una gran dificultad, la interpretación espectral de las bandas de absorción obtenidas de los espectros NIR, debido a que los compuestos orgánicos presentes en la muestra poseen muchos modos vibracionales, lo cual provoca que el espectro NIR sea muy complejo.(34,38) Para poder extraer dicha información a partir de los espectros NIR obtenidos, es necesario el uso de herramientas quimiométricas para revelar la correlación entre la información espectral y las características estructurales de las muestras como se mostrará más adelante.(10,34)

1.2.2 Instrumentación de la espectroscopía NIR

Los componentes básicos de un equipo NIR son la fuente de radiación, el sistema de selección de longitudes de onda, el compartimento de la muestra, los componentes ópticos (lentes, divisores de haz, esferas integradoras y fibras ópticas), el detector que convierte la energía radiante en una señal eléctrica y el procesador de señal, que amplifica y convierte esta señal eléctrica en una señal digital mediante un convertidor analógico/digital, la cual es finalmente transmitida a un ordenador para su almacenamiento o procesado. A continuación, se describen brevemente estos componentes básicos del equipo: (25,31,34)

1. Fuente de radiación: fuente de emisión de radiación infrarroja capaz de generar el haz de luz necesario para irradiar la muestra. La radiación emitida se divide en dos haces al atravesar una serie de espejos. La más utilizada es la lámpara halógena de tungsteno por su buen funcionamiento, robustez, coste y porque proporciona un espectro continuo en la región 320-2.500 nm. Otras fuentes de radiación son los diodos emisores de luz (LEDs), pero que sólo emiten hasta los 1.600 nm.(11,34,36,38)
2. Selector de longitudes de onda: a excepción de los instrumentos que emplean LEDs como fuente de radiación, para el resto de instrumentos, es necesario disponer de un sistema de selección de longitudes de onda, es decir, un sistema que descomponga la luz policromática en radiaciones monocromáticas. Se pueden distinguir dos grupos diferenciados por el número de longitudes de onda que son capaces de obtener a partir de la radiación emitida:(31,34,38,40)

2.1. Instrumentos de filtros o codificadores de longitudes de onda: seleccionan las longitudes de onda interponiendo entre la fuente y la muestra materiales que permiten el paso de determinadas longitudes de onda. Los más sencillos son los filtros de absorción, transmiten longitudes de onda de forma selectiva según el material con el que están fabricados, y los filtros de interferencia, las longitudes de onda transmitidas dependen del índice de refracción del material y del ángulo de incidencia. (11,31,34,38)

2.2. Sistema monocromador: permiten conseguir un rango continuo de longitudes de onda en toda la región NIR. En la actualidad son los sistemas más utilizados ya que proporcionan mayor información espectral que los equipos de filtros.(24,25,34,38)

Los primeros instrumentos monocromadores disponían como sistema monocromador una red de difracción móvil, dispositivos que descomponen la luz policromática en longitudes de onda monocromáticas. Cuando el haz de luz incide sobre la red de difracción, éste se separa en longitudes de onda discretas. Posteriormente, se desarrollan instrumentos equipados con nuevos sistemas de selección de longitud de onda espectral, como los diodos emisores de luz infrarroja, los interferómetros de transformadas de Fourier, los filtros ópticos-acústicos modulables (AOTF) y aquellos equipados con red de diodos en fila.(24,25,34,38)

3. Compartimento de muestra: La espectroscopía NIR tiene una gran versatilidad y adaptabilidad para el análisis de muestras de diversa naturaleza, ya sean sólidas, líquidas o gaseosas, debido a la existencia de múltiples módulos de medida adaptados a cada tipo de muestra. Se pueden realizar medidas para múltiples tipos de muestra variando el sistema de medida (ver Figura 1): (11,16,34,36,38,40)

- Transmitancia: suele emplearse para muestras gaseosas, líquidas o semilíquidas. La radiación NIR atraviesa la muestra, interactuando en su camino con las moléculas que la componen y siendo en parte absorbida por ellas. La energía que no es absorbida, sigue su camino y es cuantificada por los detectores ubicados después de la muestra.
- Reflectancia: suele ser empleado para sólidos y semisólidos. El haz de luz que emite la fuente de radiación penetra en la muestra, interactuando con las partículas y siendo selectivamente absorbida. La energía que no se absorbe es reflejada y puede ser cuantificada por detectores frente a la muestra.
- Transflectancia o doble transmitancia: caso intermedio que empleado para muestras líquidas o semilíquidas. Se caracteriza porque integra una cubeta portamuestras que permite la transmisión de la radiación NIR a lo largo de toda la muestra. Si bien, al final de dicha cápsula existe una superficie especular totalmente reflectante que provoca la reflexión de la radiación, y hace que la radiación vuelva a atravesar la muestra, para incidir en los detectores.
- Interactancia-Reflectancia: supone un cambio respecto a las modalidades anteriores, ya que para el análisis de muestras no es necesario el llenado de cubetas portamuestras. Así, es posible obtener los espectros de las muestras directamente sobre ellas, transmitiéndose la señal al instrumento mediante una

sonda de fibra óptica. En este modo el detector está separado de la fuente de radiación, pero ambos están en contacto con la superficie del producto.

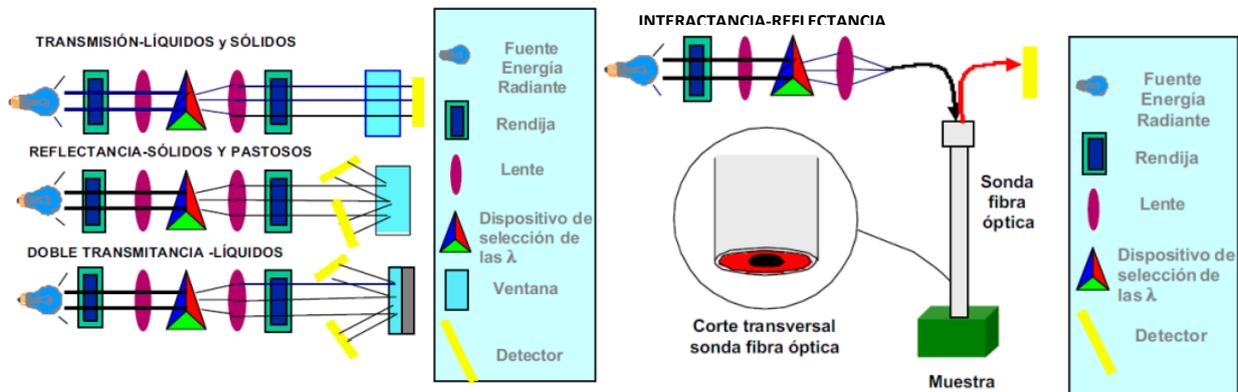


Figura 1-Principales sistemas de medida de la radiación IR.(34)

4. Detector: traduce la señal de luz en señal eléctrica. La mayoría de los espectrofotómetros usan un único detector, mientras que otros se basan en redes de diodos lineales o multidimensionales para acoplar varios detectores, según el rango de longitudes de onda que se quieran detectar. Los detectores más empleados son construidos con materiales semiconductores, cada uno con su rango espectral de detección correspondiente.(19,36,37)

En función del dispositivo utilizado para la selección de longitudes de onda, los instrumentos de espectroscopía NIR pueden ser clasificados en: (11,31,36,40)

- Sistemas dispersivos: los sistemas de selección de longitud de onda son los monocromadores, constituidos por un conjunto de colimadores de los haces de entrada y salida junto con un elemento dispersante, siendo esta la parte fundamental del sistema, que permite la descomposición del haz incidente por efecto de interacciones constructivas y destructivas. Los elementos dispersantes más utilizados son las redes de difracción.
- Sistemas no dispersivos: los más utilizados ya que la variedad del sistema de selección es elevada, emplean filtros que eliminan la llegada no deseada de longitudes de onda al detector. Dispone de equipos con filtros adicionales, con filtros optoacústicos e instrumentos de Transformada de Fourier (FT).

1.2.3 Ventajas e inconvenientes de la espectroscopía NIR

Las técnicas tradicionales de análisis químico (cromatografía, valoraciones, etc.), son ampliamente utilizadas en la industria para el control de calidad. Sin embargo, estas técnicas implican un retraso en la obtención de la información debido al tiempo necesario para realizar las diferentes etapas de la determinación tradicional, como el muestreo, el análisis y el cálculo para proporcionar un resultado. Este retraso es la causa, entre otros problemas, de que la mayoría de procesos se desarrollen bajo condiciones subóptimas.(38)

Gracias a los avances en la última década en la instrumentación de la espectroscopía NIR, desarrollando equipamientos cada vez más portátiles y económicos y al desarrollo de métodos quimiométricos para la interpretación de la señal analítica NIR, se muestra el gran potencial de la tecnología NIRS y se presenta como herramienta analítica eficaz para el control de calidad de alimentos.(11,16)

Por lo tanto, la aplicación de la técnica de espectroscopía de Infrarrojo Cercano en la industria agroalimentaria se perfila como una solución actual para satisfacer las necesidades del control de calidad de los alimentos.(11,36) Es por ello que se busca implementar la tecnología NIRS como complemento y/o sustitución de los métodos fisicoquímicos tradicionales para hacer más eficiente el proceso de análisis de materias primas, permitiendo estimar el contenido de compuestos orgánicos en una muestra de una manera rápida, eficiente y económica, sin personal especializado, lo que beneficia a la empresa en ahorro de tiempo y costos para la determinación de la calidad de materias primas y, además, aporta una imagen de calidad e innovación.(16,36,38)

A continuación, se destacan las numerosas ventajas que presenta la espectroscopía NIR frente a las técnicas analíticas más convencionales: (11,31,34,38,39)

- Se pueden analizar muestras sólidas y líquidas.
- Es una herramienta de análisis no invasiva y no destructiva, ya que es posible obtener espectros infrarrojos sin alterar la muestra, y, además, no utiliza compuestos químicos perjudiciales para las personas ni el medio ambiente (no genera desechos). Por lo tanto, se puede englobar dentro de la química verde.
- Las necesidades de preparación de la muestra, previas a la analítica, son nulas o muy pequeñas, lo que simplifica y agiliza considerablemente el trabajo del analista y mejora las propiedades analíticas de los resultados.

- Alta velocidad de respuesta, es decir, el tiempo necesario para obtener y almacenar un espectro infrarrojo y determinar sus parámetros analíticos es del orden de minutos.
- Alta repetibilidad y reproducibilidad de los análisis NIRS, superiores a los obtenidos tradicionalmente en los análisis químicos y/o biológicos.
- A pesar de que el desarrollo de modelos es complejo, una vez construidos, el análisis de rutina puede ser realizado por personal no cualificado, realizando previamente un breve curso de formación.
- Permite obtener información analítica sobre constituyentes de declaración obligatoria (humedad, proteína, grasa, etc.) y no obligatoria, pero de interés nutricional (aminoácidos, valor energético, etc.).
- Bajo coste por muestra, lo cual da solución a uno de los retos más importantes que se planean las industrias, reducir costes de producción, sin que esto implique una reducción en la calidad final de los productos.
- La aplicación de herramientas quimiométricas permite extraer rápida y eficazmente la información de los datos que aporta el espectro NIR.

No obstante, la tecnología NIRS también presenta una serie de limitaciones:(11,20,23,25,28,31,34)

- Puede estar influenciada por factores no químicos (temperatura, humedad, tamaño de partícula, etc.).
- La falta de educación formal tanto en espectroscopía NIR como en quimiometría sigue siendo una barrera para la aceptación generalizada de esta tecnología.
- Alto coste de implantación (proyecto, instrumentación, formación, etc.). Generalmente, la implantación es de 1,5 a 2 años y necesita asesoría científico-técnica especializada.
- Requiere trabajar con un elevado número de muestras y/o galerías espectrales.
- Necesidad de calibración y/o validación. En el caso de análisis cuantitativos, el espectrofotómetro debe calibrarse utilizando un conjunto de muestras (20-50) con concentraciones de analito conocidas obtenidas mediante métodos de referencia.
- Falta de sensibilidad y selectividad.

1.2.4 Aplicaciones de la espectroscopía infrarroja en la industria

La espectroscopía infrarroja presenta un enorme potencial para la caracterización de una gran variedad de productos utilizados en la industria en diferentes áreas: alimentación,

agricultura, biotecnología, cosmética, control ambiental, ciencia forense, medicina y producción farmacéutica, entre otras. Su versatilidad es una de sus grandes ventajas, permitiendo estudiar casi cualquier muestra, independientemente del estado en que se encuentre. Desde un punto de vista teórico, esta técnica no tiene límites y con los avances tecnológicos y el desarrollo de nuevos métodos quimiométricos su potencial está aumentando.(11,18,21,31,40)

Las primeras aplicaciones de la espectroscopía NIR fueron en el campo agroalimentario y se dirigieron hacia la determinación de la humedad, el contenido en fibras, grasas y proteínas en cereales. También tiene interés en las refinerías petroleras, donde es cada vez más importante reducir los costes del proceso; en este campo la NIRS puede aplicarse a la determinación de hidrocarburos y de la densidad en muestras de nafta, así como a la determinación de etileno y de la viscosidad en copolímeros polipropilénicos. Un sector de gran auge en los últimos años es el del medio ambiente y con él, el desarrollo de instrumentos portátiles que permiten llevar a cabo medidas in situ. Una aplicación en este campo es el desarrollo de una metodología mediante espectroscopía NIR para la determinación del grado de contaminación del suelo por aceites de motor. La industria textil también se ha beneficiado de las ventajas de la espectroscopía NIR en cuanto a la identificación de textiles, la determinación de humedad y el control del proceso. (22,29,30)

Otro aspecto a tener en cuenta es el carácter no invasivo de la espectroscopía NIR, lo que permite hacer diagnósticos sin necesidad de biopsias o cirugías, lo cual permite ilustrar el gran potencial de esta técnica espectroscópica. Dentro del campo de la cosmética, también encontramos aplicaciones NIR como el control de la calidad de una base cosmética consistente en una mezcla de parafinas. Por último, la fabricación de productos farmacéuticos es un sector industrial muy regulado tanto por organismos nacionales como por instituciones internacionales como son la European Medicines Agency y la International Conference on Harmonisation. La espectroscopía NIR es una técnica analítica que cumple muchas de las condiciones para su fácil y rápida aplicación en el control en la industria farmacéutica, ya que permite no solo la identificación de las materias primas, previo a su uso para la fabricación de los fármacos, sino también la determinación de la riqueza de los mismos y de parámetros físicos del preparado.(22,29,30,32,33)

1.2.5 Aplicación de la quimiometría a la espectroscopía NIR

La complejidad de la señal analítica NIR requiere el uso de herramientas matemáticas y estadísticas, que permitan interpretar, entender y modelar grandes conjuntos de datos, dando lugar de esta forma a una disciplina denominada quimiometría, la cual se define como la parte de la química que se sirve de las matemáticas, estadística y lógica formal para diseñar o seleccionar procedimientos experimentales óptimos, proporcionar información química relevante a partir del análisis de señales analíticas y, finalmente, adquirir conocimiento de los sistemas químicos.(32,34,38,41)

La aplicación de la quimiometría en el análisis espectral NIR para resolver problemas de análisis cualitativo o cuantitativo incluye dos aspectos:(22,24,40-43)

- (i) Pretratamientos espectrales: filtrar los datos espectrales experimentales para mejorar la calidad de la señal, previamente a aplicar una técnica quimiométrica.
- (ii) Métodos multivariantes: construir modelos de clasificación (permiten establecer relaciones entre muestras para agruparlas según la similitud de sus espectros) o modelos de calibración (permiten relacionar cuantitativamente la señal analítica con la propiedad a determinar para predecir las propiedades de muestras desconocidas).

La utilización de la quimiometría en análisis cuantitativos (ver Figura 2) se basa en el desarrollo de ecuaciones de calibración que establecen la relación entre los datos espectrales y los valores de un determinado atributo de interés analizado mediante el método de referencia habitual, en un grupo de muestras o población de calibración. A partir de la ecuación de calibración desarrollada y basándose únicamente en la información espectral, se puede predecir el atributo de interés en muestras desconocidas y de características similares a las incluidas en el colectivo de calibración.(11,34) Para obtener el modelo de predicción, se utilizan diferentes métodos de regresión multivariante, siendo los más utilizados la regresión lineal múltiple, la regresión por componentes principales y la regresión mediante mínimos cuadrados parciales.(44)

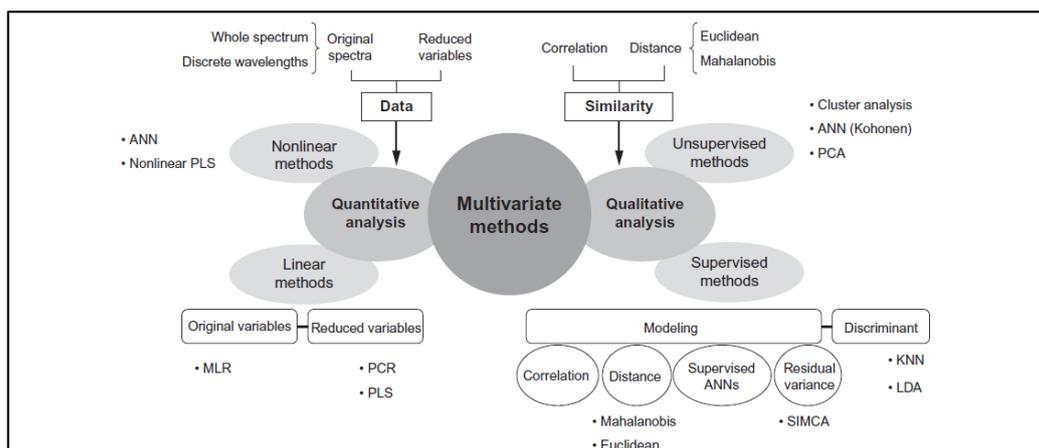


Figura 2-Clasificación de los principales métodos quimiométricos utilizados en NIRS.(27,34)

Mientras que el empleo de la quimiometría en análisis cualitativos (ver Figura 2), que es lo que se aplica en este trabajo, consiste en el desarrollo de modelos de clasificación que permiten el agrupamiento o separación de muestras en función de las similitudes o diferencias de sus características espectrales. Estos tipos de análisis, en el ámbito multivariante, se conocen como métodos de reconocimiento de pautas (PRM) y se basan en la similitud, parámetro que indica en qué medida una muestra es igual a otra y se cuantifica a través del coeficiente de correlación o la distancia entre dos muestras.(29,40,46)

Tanto para desarrollar un modelo robusto de análisis cualitativo como cuantitativo y alcanzar sus respectivos objetivos con la aplicación del modelo, las etapas del proceso de modelado que se tienen que seguir se detallan a continuación:(40,43,46,50)

1. Selección del conjunto de muestras: El conjunto de muestras debe contemplar todas las fuentes de variabilidad que pueda darse para cada tipo de muestras como proveedor, distintos lotes de producción, origen de la materia prima, temperatura, tamaño de partícula... y de esta manera, poder aumentar su robustez y capacidad para detectar *outliers*. A los colectivos de muestras que cumplen estos objetivos se les denomina librerías espectrales universales o globales de un producto.(22,29,38,40-45)

2. Obtención de la señal analítica: Registro de la información analítica primaria, espectros NIR, que se va a utilizar en la construcción del modelo. El registro de los espectros de las muestras que se van a usar para desarrollar el modelo se debe hacer siguiendo el mismo procedimiento de trabajo, es decir, utilizando el mismo equipo, la misma preparación de muestra y el mismo modo de registro.(22,44,46)

No obstante, hay que tener en cuenta que existen múltiples fuentes de error que afectan al dato espectral NIR, las cuales se relacionan con los siguientes aspectos:(34,41)

- Relacionadas con el instrumento: relación señal/ruido, exactitud, y precisión de la longitud de onda, linealidad de la señal, tipo y tamaño de la cápsula, etc.(28,34)
- Relacionadas con la muestra: homogeneidad, densidad, textura, granulometría, estabilidad ante fluctuaciones de la temperatura, etc.(34)
- Operacionales: preparación de la muestra, errores del analista, estrategias y procedimientos estadísticos empleados, etc.(34)

3. Pretratamiento de los datos: En los datos espectroscópicos pueden aparecer contribuciones no deseadas (debido al proceso de registro, a la naturaleza de la muestra o al ruido instrumental), que causan no linealidades u otros efectos que pueden afectar negativamente al desarrollo del modelo, es por ello que se pueden aplicar pretratamientos espectrales, los cuales tienen como objetivo minimizar las contribuciones espectrales no deseadas, simplificando los modelos y mejorando los resultados. Los pretratamientos espectrales se pueden dividir en dos grupos, según su dependencia o no del grupo de muestras:(28,32,34,38-40,45,50)

- Pretratamientos independientes del grupo de muestras: aquellos que tratan cada espectro de forma individual sin tener en cuenta el resto de muestras o datos de concentración.(41,42) Dentro de este grupo se encuentran: Suavizado espectral, *Standard Normal Variate* y Derivadas.(22,29,32-34,40,47,48)
- Pretratamientos dependientes: aquellos que tratan los espectros en conjunto o que requieren datos de concentraciones de referencia.(38,41) Dentro de este grupo se encuentran: Promedio de espectros, Centrado, Autoescalado, *Multiplicative Scatter Correction (MSC)*, *Orthogonal Signal Correction (OSC)* y *Detrending*.(14,22,29,31,34,38,42)

En ocasiones resulta indicado utilizar más de un método de pretratamiento para mejorar la calidad de los resultados.(45) En este trabajo se emplearon los pretratamientos espectrales de SNV y derivadas, los cuales se detallan a continuación:

Standard Normal Variate (SNV): se utiliza en la corrección de los efectos de tamaño de partícula en espectroscopía NIR. Con este pretratamiento se centra y autoescala cada espectro, restando el valor medio de la absorbancia del espectro a los valores de absorbancia de cada longitud de onda y dividiendo por la desviación estándar. Se utiliza

principalmente para corregir variaciones sistemáticas de línea base producidas por la dispersión, por lo que puede ser útil para sólidos o muestras líquidas con turbidez.(22,29,38,40,42,46,47)

Derivadas: es uno de los más utilizados en espectroscopía NIR por su capacidad de solventar los problemas más característicos de esta técnica, el solapamiento de bandas y los desplazamientos de la línea base. La primera derivada elimina los desplazamientos de la línea base constantes y la segunda derivada elimina los desplazamientos que varían linealmente con la longitud de onda, lo cual permite aumentar las diferencias entre las bandas anchas y solapadas del espectro.(14,22,29,32,38,41,47)

4. Construcción del modelo: Una vez seleccionada la herramienta quimiométrica adecuada (cualitativa o cuantitativa), y habiendo aplicado un pretratamiento espectral a los datos espectrales recopilados en las bibliotecas espectrales, se construye el modelo evaluando distintos parámetros implicados en el cálculo como intervalo espectral, pretratamiento espectral, muestras anómalas, número de componentes o factores, entre otros.(22,38,40,43,46)

En el presente trabajo se empleó como técnica quimiométrica multivariante el Análisis de Componentes Principales (PCA), que se encuentra incluido en los Métodos no supervisados de los Métodos multivariantes para la resolución de problemas de análisis cualitativos, el cual se detalla en brevemente a continuación:(44)

PCA es una técnica de reducción de variables que permite visualizar qué tan similares o diferentes son un grupo de muestras en un espacio de 2 ó 3 dimensiones. PCA transforma las variables originales (datos espectrales NIR) en unas nuevas variables, no correlacionadas entre sí (ortogonales), y conocidas como componentes principales (PC). Cada uno de estos componentes principales intenta explicar la máxima cantidad posible de la varianza residual existente en el colectivo de datos originales. La mayor información sobre la variabilidad de los datos originales aparece en las primeras PC, y va disminuyendo paulatinamente hasta que las últimas PC únicamente describen la variabilidad asociada al error experimental o al ruido, y pueden ser descartadas. Así, el número original de variables queda reducido manteniendo toda la información original en unas pocas PC.(34,38,41,46,48)

La forma más habitual de seleccionar el número de PCs, que contienen la información relevante de la matriz de datos, es mediante un gráfico de la varianza explicada en función

del número de PCs, escogiendo el menor número de PCs para el cual no se encuentra un incremento significativo. El gráfico de dispersión de PCs (generalmente PC1 vs. PC2) revela la relación existente entre las muestras, si estas se asemejan, los puntos aparecerán agrupados y si aparecen dispersos, *outliers*, no habrá similitud entre las muestras.(22,29,32,38,40,41) Estos datos anómalos pueden ser causados tanto por información espectroscópica como por química. Por ello, su detección, interpretación y posible eliminación es una etapa crítica en el desarrollo de los modelos.(32,34,46)

La citada similitud se cuantifica a través del coeficiente de correlación, el cual es un índice numérico que determina el grado de similitud entre espectros y oscila entre 1 y -1, siendo 1 el valor de coincidencia total entre los espectros.(40,44,46)

5. Validación del modelo: La calidad de los modelos cualitativos se evalúa en base al número de muestras correctamente adscritas a su grupo o categoría y el número de falsos positivos y negativos obtenidos.¹¹ De esta manera se verifica que el modelo creado constituye una correcta descripción del conjunto de datos experimentales.(40,46,50)

6. Validación de muestras (Pruebas de conformidad): Una vez construido y validado el modelo, este puede ser aplicado a nuevas muestras. Al validar los espectros de nuevas muestras, estos se proyectan sobre el modelo creado e ingresan o no dentro del área de confianza definida por el modelo (elipse), obteniendo resultados de conformidad o no de las muestras.(38,40,49)

7. Mantenimiento del modelo: Debido a que la técnica NIR es capaz de detectar tanto cambios físicos como químicos en las muestras, pequeñas modificaciones que se puedan producir durante el proceso podrían no estar contempladas en el modelo original. Por esta razón, los modelos NIR necesitan llevar a cabo un mantenimiento a lo largo del tiempo con el fin de asegurar su carácter predictivo o de validación, y comprobar que continúa proporcionando resultados exactos y precisos. Del mismo modo, se debe realizar un seguimiento del instrumento para detectar cualquier posible deterioro del mismo.(44-46)

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Este Trabajo de Fin de Máster es el resultado de un periodo de prácticas realizado en la empresa Lacasa S. A. Dicha empresa tiene establecido un programa de gestión de la calidad, que incluye la homologación de proveedores y el control de las MMPP, así como el control de los productos que elabora. Estos controles se basaban principalmente en determinaciones fisicoquímicas de las materias primas y productos terminados. No obstante, aunque los resultados de dichas determinaciones sean satisfactorios este sistema no siempre puede detectar variaciones que podrían influir negativamente en el proceso de producción y en la calidad del producto final.

La incorporación de la técnica analítica NIRS en combinación con técnicas quimiométricas (software Chemometric Brain) como técnica rutinaria en las pruebas de conformidad de la empresa, permitiría garantizar la calidad de los productos, ya que ofrece información sobre la homogeneidad de las materias primas y de los productos terminados, detectando posibles errores o desviaciones y, por tanto, pérdidas económicas.

Por todo ello el presente trabajo tiene dos objetivos principales:

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre las aplicaciones de la técnica NIRS en la industria alimentaria.
2. Aplicar la técnica NIRS, junto al software Chemometric Brain, al control de calidad (pruebas de conformidad) de materias primas y evaluar la posible variabilidad de las mismas, así como a los productos terminados. Este objetivo principal se puede subdividir en los siguientes objetivos secundarios:
 - 2.1 Puesta a punto del software Chemometric Brain, acoplado al equipo analizador NIRS disponible en el laboratorio de la empresa Lacasa S. A., para su uso rutinario en el control de calidad de MMPP y productos terminados.
 - 2.2 Modelado cualitativo de MMPP y productos terminados, que incluye:
 - recopilación de espectros y creación de una biblioteca, y
 - creación y mantenimiento de modelos cualitativos de MMPP y productos terminados.
 - 2.3 Validación de muestras de MMPP y productos terminados (análisis de rutina).

3. METODOLOGÍA

3.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se ha realizado una búsqueda de la información científica más relevante sobre el tema de estudio en los recursos de información de la Biblioteca de la Universidad de Zaragoza, a través de la herramienta de búsqueda unificada AlcorZe, que permite el acceso a bases de datos especializadas (ScienceDirect, WOS, PubMed, etc.) así como a artículos de revistas científicas electrónicas, capítulos de libros electrónicos, etc. También se han consultado las páginas webs de organismos de referencia (normas ISO, AENOR, etc.), así como la página web del software quimiométrico ChemometricBrain, utilizado en la parte experimental, entre otras.

En la búsqueda de la mencionada información se han utilizado las siguientes palabras clave: NIRS, NIRS for quality control, NIRS review, NIRS applications food industry, NIR instrumentation, multivariate methods and NIRS, chemometric techniques, NIRS and chemometry, chemometry, principal component analysis, qualitative models, sample validation, quality control in food industry, international quality standards, food quality, food quality management systems, entre otras.

Asimismo, se han utilizado otros criterios adicionales para seleccionar la información, siendo los más relevantes el año de publicación (lo más actual posible) y el tipo de fuente (preferentemente, libros y artículos de revistas científicas de impacto) dadas las características de la información requerida.

Una vez recopilada dicha información, se ha realizado un análisis crítico, ordenado y lógico sobre los estudios y la información disponibles.

3.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En este apartado se describe la metodología utilizada en relación con la aplicación de la técnica NIRS acoplada al software Chemometric Brain, que incluye tres aspectos: puesta a punto de la técnica NIRS-Chemometric Brain, modelado cualitativo de MMPP y productos terminados (recopilación de espectros, creación de una biblioteca espectral y creación y mantenimiento de modelos cualitativos) y validación de muestras (análisis rutinario).

3.2.1. Materiales e Instrumentación

Materiales:

- Cubetas de muestra (17,25 mm diámetro).
- Botes y bolsas estériles de recogida de muestra.
- Pipeta Pasteur de 3 mL.
- Rotulador detectable permanente.
- Cúter detectable.
- Cazo metálico.
- Espátula.

Instrumentación

- Equipo Foss XDS Rapid Content Analyzer, basado en la tecnología NIR, con el software operativo ISIScan y el software Chemometric Brain para el tratamiento quimiométrico de datos (Barcelona, España).
- Molino Foss Kniftec KN 295 (Barcelona, España).
- Estufa J.P. Selecta Conterm (Barcelona, España).

3.2.2 Descripción de muestras y plan de muestreo

Se han analizado muestras de diferentes lotes de 147 MMPP y de 51 productos terminados diferentes. El nombre de las MMPP analizadas se detalla en la Tabla 2 del Anexo. Los productos terminados que se han analizado son cacao en polvo, tabletas de chocolate, barras de chocolate y turrónes. En la Tabla 3 del Anexo se listan estos productos con indicación del producto semielaborado (intermedio) con el que se han fabricado.

El número de muestras a tomar de cada lote está establecido en el plan de control de materias primas de la empresa Lacasa S. A. y es el que se describe a continuación.

En el caso de las MMPP, cada entrega de las mismas constituye un lote. El número de muestras que se toman de cada lote depende del sistema de entrega (en cisternas o en palés de sacos, cajas, botes o bidones):

- MMPP que se entregan en cisternas (azúcar, manteca de cacao, pasta de cacao líquida, aceite de girasol y jarabe de glucosa de arroz): 2 muestras, tomadas por el transportista.
- MMPP que se entregan en palé (resto de MMPP): 3 muestras, tomadas por personal del Departamento de Calidad de la empresa. Cuando el lote de entrega está integrado por más de un palé, las 3 muestras se toman de envases de diferentes palés; cuando solo hay un palé se recogen las 3 muestras de diferentes envases del palé.

Sin embargo, tal y como se aprecia en la Tabla 1, el número de muestras no siempre ha sido el descrito, sino que a veces ha sido inferior o superior debido a motivos a los que no he tenido acceso.

En cuanto a los productos terminados, se ha analizado una muestra por lote. Estas muestras las toman bien personal del departamento de calidad de la empresa o bien se reciben desde otras sucursales. El número de lote se encuentra en el etiquetado de estos productos y el número de artículo lo proporcionan los técnicos de calidad y/o las sucursales. No obstante, como la empresa prefiere trabajar con los productos finales en términos de producto semielaborado (intermedio) con el que se ha fabricado, el nº artículo de producto terminado se tiene que cambiar por el número de artículo de producto semielaborado al que pertenece, el cual se asigna a través del programa informático de Lacasa S. A.

En total se han analizado 1.422 muestras de MMPP y 418 muestras de productos terminados.

La toma de muestras de las MMPP se realiza de distinta forma según si el producto se encuentra en estado sólido o líquido:

- Si el producto es sólido y se entrega en palés, se utiliza un cúter para abrir la caja o saco y practicar un orificio. La muestra se recoge en una bolsa estéril con ayuda de una cuchara metálica, se precinta con cinta adhesiva azul y se etiqueta con rotulador

detectable indicando el número de artículo (código específico para una determinada MMPP), el número de lote, la fecha de recogida y el número de muestra. Finalmente, se tapa el orificio con cinta adhesiva azul y se pone una pegatina de control de calidad indicando la fecha de recogida de la MMPP y el número de muestra.

- Si el producto es sólido y se entrega en cisternas, la muestra se recoge directamente desde la cisterna en una bolsa estéril, se precinta con cinta adhesiva azul y se etiqueta con rotulador detectable indicando el número de artículo, la fecha de recogida y el número de muestra. En cuanto al número de lote, este se asigna con el programa informático una vez se haya descargado la cisterna (2 horas más tarde como mínimo).
- Si el producto es líquido y se entrega en palés, se utiliza un cúter para abrir los botes, bidones y/o contenedores. La muestra se toma con ayuda de un cazo metálico y se lleva a un bote de muestras estéril y se etiqueta con rotulador detectable indicando el número de artículo, el número de lote, la fecha de recogida y el número de muestra. Finalmente, se cierran los envases y se pone una pegatina de control de calidad indicando la fecha de recogida de la MMPP y el número de muestra.
- Si el producto es líquido y se entrega en cisternas, la muestra se toma con ayuda de un cazo metálico que se introduce directamente en la cisterna y se lleva a un bote de muestras estéril, se cierra y se etiqueta con rotulador detectable indicando el número de artículo, la fecha de recogida y el número de muestra. En cuanto al número de lote, este se asigna con el programa informático una vez se haya descargado la cisterna (2 horas más tarde como mínimo).

3.2.3 Preparación de la muestra

El equipo NIR analiza muestras sólidas de pequeño tamaño (1x1 cm), en polvo, trituradas, líquidas o fundidas. Todas las muestras (MMPP o productos terminados) que se encuentren en dichos estados no necesitan preparación previa, se pueden llevar a las cubetas (no hay que pesar una cantidad exacta de muestra sino solamente llenar la cubeta) y analizarlas directamente. Sin embargo, el resto de muestras necesitan una preparación previa para poder ser analizadas, este caso incluye los siguientes tipos de muestras:

- Frutos secos: se llevan al molino para tritarlos (2-5 s, 20.000 rpm) y con ayuda de una espátula se añaden a la cubeta de muestras.

- Productos confitados: se cortan en trozos pequeños y con ayuda de una espátula se añaden a la cubeta de muestras.
- Manteca de cacao, pasta de cacao líquida o mantequilla: se calienta en la estufa a 50 ± 1 °C. Una vez calentada la muestra se remueve con una espátula para que no haya partículas en suspensión y se vierte sobre la cubeta de muestras con una pipeta Pasteur.
- Chocolate sólido (pepitas de chocolate, pasta de cacao sólida, tabletas de chocolate o turrón): se calienta en la estufa a 50 ± 1 °C en botes estériles para que se funda. Una vez calentada la muestra se remueve con una espátula para homogeneizar la muestra y se vierte sobre la cubeta de muestras con una pipeta Pasteur.

Entre muestra y muestra, y al principio y al final de la preparación de muestras, todo el material utilizado se limpia con agua y jabón, se aclara con agua destilada para evitar interferencias y se seca con papel.

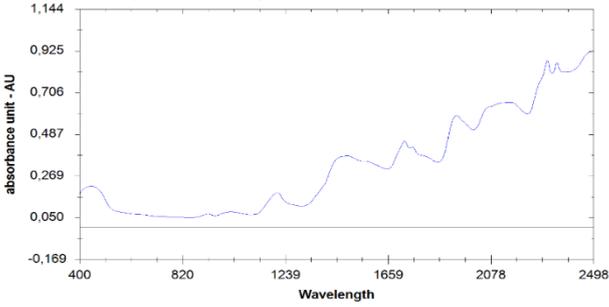
3.2.4 Análisis de muestras mediante NIRS

Para analizar una muestra en el equipo NIR y obtener su señal analítica, hay que seguir los siguientes pasos (ver Tabla 2):

- 1) Colocación de la muestra en la cubeta de muestras.
- 2) Introducción en el programa ISIScan del código de la muestra: Con el objetivo de unificar la nomenclatura de todas las muestras, se ha establecido el siguiente sistema de codificación de muestras:
 - MMPP: código integrado por el número de artículo, 2 espacios, el número de lote, un guion y el número de muestra (si lo hay), 2 espacios y el número de proveedor. (p.ej. LA2006 2224000012-1 50003).
 - Productos terminados: código integrado por el número de artículo de producto semielaborado, 2 espacios, el número de lote, un guion y el número de muestra (si lo hay). (p.ej. LA3101 171222).
- 3) Obtención de la señal analítica, mediante el programa de análisis ISIScan.
- 4) Obtención de resultados: composición nutricional de las muestras (% grasa, % proteína, % humedad, % hidratos de carbono, % fibra y % cenizas) y sus correspondientes espectros.

Las cubetas utilizadas se deben lavar con agua y jabón sin ayuda de ningún tipo de esponja, estropajo o cepillo para no rayar el vidrio y se aclaran con agua destilada. Dejar secar al aire, no utilizar papel para secarlas para evitar rayar el vidrio.

Tabla 2-Análisis de muestras mediante NIRS.

ANÁLISIS DE MUESTRAS MEDIANTE NIRS																																				
1. Colocación de la muestra en la cubeta de muestras.																																				
1. Codificación de la muestra en el programa ISIScan. 2. Inicio del análisis de la muestra.	<p>Sample number: LA2007 2219600011 01210</p> <p>Field #1: <input type="text"/></p> <p>Field #2: <input type="text"/></p> <p>Field #3: <input type="text"/></p> <p>Field #4: <input type="text"/></p> <p>Field #5: <input type="text"/></p> <p>Comments: <input type="text"/></p> <p>Operator: foss</p> <p>Date: 13/09/2022 8:33:51</p> <p>Sample Cup: Stationary</p> <p style="text-align: right;"> <input type="button" value="Collect"/> <input type="button" value="Abort"/> </p>																																			
3. Obtención de resultados.	<p>Results SPC Graphs History Spectrum</p> <p>Sample Number: LA2007 2219600011 01210 Field #1</p> <p>Product: CHOCOLATE Field #2</p> <p>Comments: <input type="text"/> Field #3</p> <p style="text-align: right;">Field #4 Field #5</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="border: 1px solid red;">Parameter</th> <th style="border: 1px solid red;">Result</th> <th>Global H</th> <th>Neigh H</th> <th>T Statistic</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="border: 1px solid red;">GRASA</td> <td style="border: 1px solid red;">32,73</td> <td>26,92</td> <td>18,34</td> <td>0,79</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid red;">PROTEINA</td> <td style="border: 1px solid red;">21,49</td> <td>26,92</td> <td>18,34</td> <td>3,89</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid red;">HUMEDAD</td> <td style="border: 1px solid red;">3,97</td> <td>26,92</td> <td>18,34</td> <td>7,17</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid red;">HID. CAR...</td> <td style="border: 1px solid red;">40,63</td> <td>26,92</td> <td>18,34</td> <td>-1,84</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid red;">FIBRA</td> <td style="border: 1px solid red;">0,0</td> <td>26,92</td> <td>18,34</td> <td>-2,63</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid red;">CENIZAS</td> <td style="border: 1px solid red;">5,14</td> <td>26,92</td> <td>18,34</td> <td>10,47</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Spectrum for sample LA2007 2219600011 01210</p> 	Parameter	Result	Global H	Neigh H	T Statistic	GRASA	32,73	26,92	18,34	0,79	PROTEINA	21,49	26,92	18,34	3,89	HUMEDAD	3,97	26,92	18,34	7,17	HID. CAR...	40,63	26,92	18,34	-1,84	FIBRA	0,0	26,92	18,34	-2,63	CENIZAS	5,14	26,92	18,34	10,47
Parameter	Result	Global H	Neigh H	T Statistic																																
GRASA	32,73	26,92	18,34	0,79																																
PROTEINA	21,49	26,92	18,34	3,89																																
HUMEDAD	3,97	26,92	18,34	7,17																																
HID. CAR...	40,63	26,92	18,34	-1,84																																
FIBRA	0,0	26,92	18,34	-2,63																																
CENIZAS	5,14	26,92	18,34	10,47																																

3.2.5 Recopilación de espectros y creación de la biblioteca espectral

La información necesaria para elaborar el modelo cualitativo de las diferentes MMPP y productos terminados son sus espectros. Por ello, los espectros de las muestras obtenidos por el equipo NIR se transfieren desde el programa ISIScan al software Chemometric Brain con el fin de disponer de datos suficientes para elaborar los modelos cualitativos de MMPP y productos terminados y crear una librería espectral.

Chemometric Brain (ChB) es un software basado en NIR que alberga datos y bibliotecas en la nube y es compatible con la mayoría de los dispositivos de hardware NIR. Esta aplicación informática se comercializa bajo dos modalidades de acceso, denominadas Licencia:²³

- Licencia de Validación: permite validar las muestras de acuerdo a modelos preconstruidos o a modelos personalizados cuya creación es realizada exclusivamente por técnicos de ChB. Esta modalidad de licencia no permite desarrollar modelos cuantitativos.
- Licencia de Modelado: permite construir, actualizar y gestionar modelos propios a la empresa que contrata esta licencia, es decir, es la empresa la que crea estos modelos cuantitativos, sin necesidad de la intervención de los técnicos de ChB.

La modalidad de software contratada por la empresa Lacasa S. A. es la Licencia de Validación, que le permite: ²³

- Crear de bibliotecas espectrales.
- Construir de modelos cualitativos.
- Validar muestras en el marco de su programa de control de calidad (detección de fraudes, control/aprobación de proveedores, liberación del producto final, etc.).

Como se ha mencionado anteriormente, las dos primeras funcionalidades son realizadas por los técnicos de ChB, lo que permite un contacto constante entre la empresa y ChB.

La recopilación de los espectros de las muestras permite caracterizar cada una de las MMPP y productos terminados objeto de evaluación. De manera que lo que se pretende es crear una biblioteca espectral con todos ellos y obtener modelos listos para realizar un análisis cualitativo. La biblioteca se engrosa automáticamente cada vez que se analiza una muestra y para ello, es de gran importancia la correcta codificación de las muestras para que no haya ningún tipo de error en su lectura en ChB.

3.2.6 Puesta a punto de la técnica NIRS-ChB en Lacasa S. A.

Cuando se decidió implementar esta nueva metodología en el control de calidad de la empresa, fue necesario un periodo de adaptación antes de poder adoptarla de manera rutinaria. Durante este periodo, hubo que gestionar la información espectral obtenida de las muestras en diferentes condiciones:

Situación I:

Debido a un problema de sincronización automática entre el programa ISIScan del equipo NIR, en la empresa se disponía de datos espectrales de muestras analizadas en el equipo NIR que no habían sido exportados a ChB y, por tanto, no aparecían en su base de datos. Este problema fue solucionado por los técnicos informáticos de ChB.

Situación II:

Durante el periodo de adaptación hubo que gestionar los espectros recopilados en la base de datos de ChB correspondientes a una gran cantidad de muestras, en las cuales, los campos “Código de producto” (número de artículo de la MMPP o producto terminado) y “Descripción del nombre de producto” (nombre de la MMPP o producto terminado) figuraban como “no definidos” y en el campo “Identificación de muestra” (codificación de la muestra), la nomenclatura existente era aleatoria, como se muestra en la Figura 3.

#	Equipment Description	Product Code	Product Name Description	Value	Sample Identification	Sample Original	Registration Date	M.	H.
1	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		0796 C. Blanco Bolsa 20g L173353	0796_C_Blan	22/12/2017 11:00:15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		0796 C. Blanco Bolsa 20g L171353	0796_C_Blan	22/12/2017 10:57:45	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		0796 C. Blanco Bolsa 20g L172353	0796_C_Blan	22/12/2017 10:54:01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		LA4323 C. Leche Bolsa 20g L174352	LA4323_C_Le	22/12/2017 10:48:03	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		0797 C. Negro Bolsa 20g L172352	0797_C_Negr	22/12/2017 10:43:48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		0797 C. Negro Bolsa 20g L171352	0797_C_Negr	22/12/2017 10:28:26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		0812 C. Negro Bolsa 50g L172353	0812_C_Negr	22/12/2017 10:25:10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		0812 C. Negro Bolsa 50g L171354			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		0812 C. Negro Bolsa 50g L173353			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		0791 C. Negro DoyPack 350g L171352			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		B809 C. Blanco bolsa 1Kg L172352			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		080900 C. Blanco bolsa 1Kg L173352			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		080900 C. Blanco Bolsa 1Kg L172352			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		077600 C. Leche Bolsa 1Kg L171352			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		080800 C. Negro Bolsa 1Kg L171353			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		080800 C. Negro Bolsa 1Kg L172353			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		Divinos Mix Argentina (Pasta Pasas) L-90128M	Divinos_Mix	21/12/2017 11:10:57	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		Divinos Mix Argentina (Pasta Avellana) L-90128M	Divinos_Mix	21/12/2017 11:05:31	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		Divinos Mix Argentina (Pasta Alm.Bitt.) L-90128M	Divinos_Mix	21/12/2017 11:02:50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	LC-SPAIN-XDS (30100935)	NO_DEFINIDO	NO_DEFINIDO		Almendra Mix Argentina (Pasta Blanca) L-90112M	Almendra_Mix	21/12/2017 10:58:21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 3-Ejemplo de muestras “no definidas”.

Los campos “Código de producto” y “Descripción del nombre de producto” están vinculados con el campo “Identificación de muestra”, de manera que cuando se introduce en este la codificación de muestras establecida en el apartado 3.2.4, aquellos se rellenan automáticamente. Todo ello gracias a una plantilla Excel introducida previamente en el software conteniendo un listado de MMPP y productos terminados de interés en el que

están incluidos el número de artículo y la descripción del nombre de producto. Finalmente, las muestras ya están preparadas para ser utilizadas en el desarrollo de modelos (Figura 4).

Están definidos "Código de producto" y "Descripción del nombre de producto".	Product Code	Product Name Description	Identificación de muestra	La muestra está codificada correctamente según el apartado 3.2.4
	LA2006	LECHE 1%	LA2006 2236300004 00059	
	LA2006	LECHE 1%	LA2006 2236300003 00059	
	LA2535	TURTO NATURAL FAIRTRADE MB	LA2535 2301000029 01015	
	LA2523	TURTO ALCALINO	LA2523 2301000030 00036	
LA7654	LACTOPROTEINA (WPC 80)	LA7654 2300900022 01308		

Figura 4-Ejemplo de muestras definidas y codificadas correctamente.

3.2.7 Construcción y mantenimiento de los modelos cualitativos

Una vez puesto a punto el software y las bibliotecas espectrales disponen de un número creciente de espectros, se realiza el análisis cualitativo de los espectros. Para ello, la empresa acordó con ChB que los técnicos del software crearían y/o actualizarían semanalmente los modelos cualitativos de las MMPP y productos terminados que fuesen posibles. A la hora de desarrollar estos modelos, los técnicos de ChB aplican un pretratamiento espectral (SNV y SAVGOL) para mejorar la calidad de la señal y utilizan el análisis de componentes principales como técnica quimiométrica, ya que es un análisis cualitativo. De esta forma se obtienen los modelos de clasificación, que agrupan o no las muestras según la similitud de sus espectros, la cual se cuantifica mediante el coeficiente de correlación. Para construir los modelos cualitativos, se necesitan como mínimo 15 espectros de la MMPP o producto terminado correspondiente. No obstante, hay que tener en cuenta que los modelos cualitativos realizados con 15 espectros son versiones muy preliminares y que hay que ir perfeccionándolos con un mayor número de muestras y, por tanto, de espectros.

Para asegurar el carácter de validación de los modelos cualitativos desarrollados de MMPP y productos terminados, se tiene que llevar a cabo un engrosamiento de los mismos a lo largo del tiempo con nuevas muestras de MMPP y productos terminados, ya que, cualquier cambio físico-químico de las muestras o modificación que se pueda producir durante el proceso de fabricación podría no estar contemplado en los modelos originales.

3.2.8 Validación de las muestras (Pruebas de conformidad)

Una vez creados los modelos cualitativos de MMPP y productos terminados, se puede llevar a cabo finalmente la validación de muestras de MMPP y productos terminados para los que se han creado los modelos, seleccionando la opción “Validación de muestra” y obteniendo dos resultados posibles:

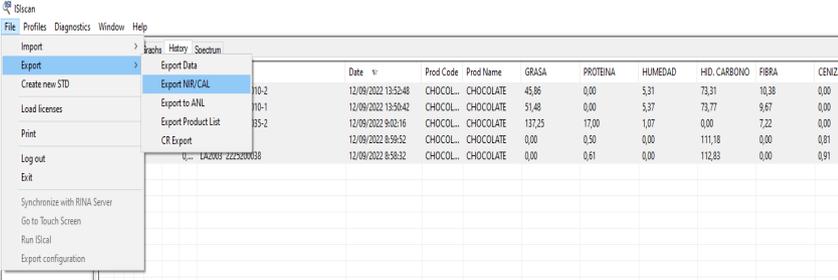
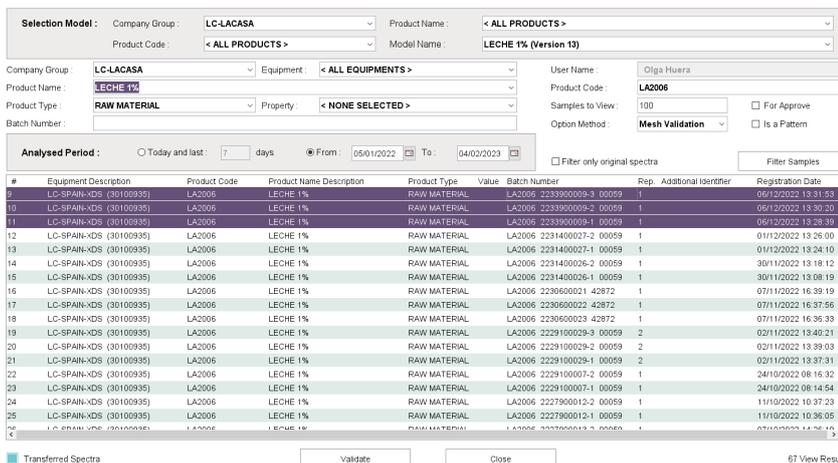
- 1) Si la muestra es conforme, aparece el icono , lo que significa que el espectro analizado es similar a los que componen el modelo, es decir, presenta una huella/perfil similar al resto y se encuentra dentro del área de confianza. Dicho espectro se incluye en el modelo para posteriores validaciones y engrose de la robustez del modelo.
- 2) Si la muestra no es conforme, aparece el icono , lo que significa que el espectro analizado es diferente a los que componen el modelo y por tanto, se encuentra fuera del área de confianza. En este caso, siempre hay que volver a analizar la muestra no conforme, ya que podría tratarse de un falso positivo. Si tras el segundo análisis, la muestra continúa siendo no conforme, dicho espectro se excluye del modelo para posteriores validaciones. Los técnicos del departamento de calidad de la empresa deben investigar cuál o cuáles han podido ser las causas de este resultado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

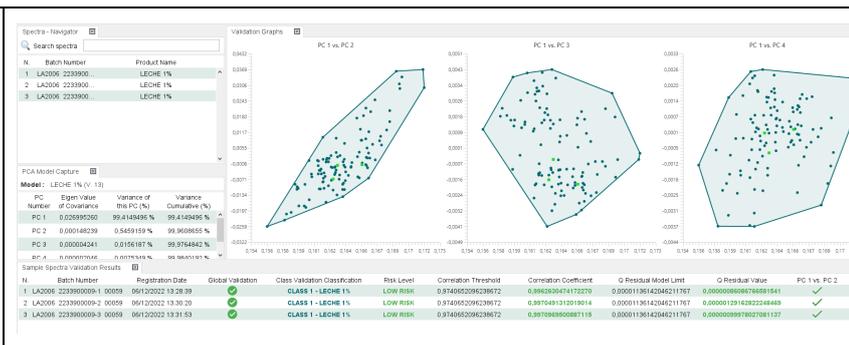
4.1 Puesta a punto de la técnica NIRS-ChB en Lacasa S. A.

La puesta a punto del software Chemometric Brain, junto al equipo analizador NIRS de la empresa Lacasa S. A., permite su uso rutinario en el control de calidad (pruebas de conformidad) de MMPP y productos terminados como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3- Análisis rutinario de muestras.

ANÁLISIS DE MUESTRAS EN RUTINA	
<p>1. Análisis de muestras mediante NIRS.</p>	 →  <p style="margin-top: 5px;">Muestra Equipo NIR</p>
<p>2. Exportación de los datos espectrales desde el software de Foss (ISIScan) a ChB.</p>	
<p>3. Comprobación de la correcta codificación de los espectros en ChB.</p>	

4. Validación de las muestras que tengan modelos cualitativos disponibles.



4.2 Recopilación de espectros y creación de la biblioteca espectral

Se han llevado a cabo un total de 1.533 análisis NIR de MMPP y 2.441 de productos terminados. Lo que ha permitido crear una librería espectral cuya base de datos presenta 149 tipos de MMPP y 32 tipos de productos terminados, cada uno con sus respectivos espectros (ver Tabla 1 y Tabla 2 del Anexo).

4.3 Construcción y mantenimiento de los modelos cualitativos

Con los datos espectrales recopilados en la librería, ha sido posible desarrollar 27 modelos cualitativos de MMPP y 36 de productos terminados los cuales se han confeccionado con un total de 1.092 espectros, en el caso de las MMPP, y 2.080 espectros en el caso de los productos terminados (Tabla 3 y Tabla 4 del Anexo).

El análisis de componentes principales (PCA) dio como resultado que para todos los modelos de MMPP existe mayor variabilidad de los datos (% varianza de PC) en el primer componente principal (PC 1), y que dicha variabilidad va disminuyendo gradualmente hasta el último PC de cada modelo, según se muestra en la Tabla 5 del Anexo. En dicha tabla se observa que no todos los modelos presentan el mismo número de PCs, esto es debido a que la selección del número de PC de cada modelo se realiza mediante un gráfico que compara la varianza de los PCs, y se escoge el menor número de ellos para el cual no se encuentre un incremento significativo.

Chemometric Brain utiliza el PCA basándose en los coeficientes de correlación para determinar la similitud existente entre los espectros. De esta forma, cada modelo de MMPP creado tiene asociado un valor umbral de correlación de los espectros que conforman dicho modelo. Estos valores umbral se recogen en la Tabla 5 del Anexo y determinan el límite para identificar si una muestra es similar al resto de espectros que

conforman el modelo. Asimismo, el PCA también genera un valor límite Q_{residual} asociado a cada modelo, para establecer el criterio que permita decidir si una muestra es similar al resto de espectros que conforman el modelo.

4.4 Validación de las muestras (Pruebas de conformidad)

Para determinar la conformidad de la muestra, el software se basa en el parámetro coeficiente de correlación y en el valor Q_{residual} . Al validar una muestra, esta se proyecta sobre el modelo y el coeficiente de correlación de dicha muestra con respecto al resto de espectros incluidos como conformes en el modelo puede encontrarse por debajo del umbral de correlación, siendo la muestra detectada como no conforme (*outlier*), o bien, por encima del umbral, considerándose la muestra conforme. En el caso del valor Q_{residual} , si este se encuentra por encima del valor límite Q_{residual} del modelo, la muestra es detectada como conforme, y si se encuentra por debajo, se considera no conforme.

A continuación, se aborda la interpretación de los resultados de conformidad de las MMPP suministradas por distintos proveedores al ser validadas y su posible homologación, los cuales se muestran en la Tabla 4. Asimismo, se abordan los resultados de conformidad de los productos terminados, los cuales se recogen en la Tabla 5.

La mayoría de las muestras de MMPP (85,25%) suministradas por los proveedores habituales homologados fueron conformes, así como sus especificaciones técnicas, lo cual garantiza la homogeneidad de dichas MMPP. Esto ayuda a la empresa a tomar la decisión de homologar o no a los proveedores de dichas MMPP con argumentos objetivos. En este caso, la homologación de los proveedores habituales es correcta, excepto en las situaciones en las que se indica “Revisar”, ya que son casos en los que hay menor grado de conformidad de muestras de MMPP y, por tanto, la homogeneidad de la MMPP es cuestionable. Por ello, el plan de homologación de proveedores de la empresa establece la necesidad de contactar con el proveedor para averiguar qué sucede con dicha MMPP, si ha habido cambios en el proceso de producción, en el origen de la MMPP, entre otras medidas, antes de tomar cualquier decisión respecto a dicho proveedor.

En el caso de muestras de MMPP proporcionadas por proveedores de nueva incorporación (que están homologados), se realiza un seguimiento de estas muestras conforme van llegando a la empresa respecto de su conformidad y cumplimiento de sus

especificaciones técnicas (Tabla 7 del Anexo). Sin embargo, hay pocas muestras (menos de 15 por MMPP) como para dar una respuesta concluyente acerca de su conformidad. Por lo que se espera a tener un mayor número para tomar una decisión respecto al proveedor.

Finalmente, hay proveedores en prueba cuyas MMPP pueden ser de interés para la empresa, y por ello han sido analizadas y validadas para comprobar si cumplen con los estándares de calidad de la empresa al objeto de su posible homologación. Son los que aparecen en la Tabla 4 como pendientes de homologar.

Tabla 4-Resultados de validación de MMPP.

MMPP	Proveedor	Nº Muestras Conformes	% Muestras Conformes	Nº Muestras No Conformes	% Muestras No Conformes	Especificaciones técnicas	Homologación proveedor
Azúcar (silo)	00252 (N)	3	100	0	0	Se cumplen	✓
	00522 (N)	6	75	2	25	Se cumplen	✓
	42931 (H)	52	76	16	24	Se cumplen	✓
	42977 (H)	87	84	17	16	Se cumplen	✓
	00000 (P)	1	100	0	0	Se cumplen	Pendiente
Leche 1%	00059 (H)	71	86	12	14	Se cumplen	✓
	00512 (N)	0	0	1	100	Se cumplen	✓
	01210 (H)	23	62	14	38	Se cumplen	Revisar
	42872 (N)	7	88	1	13	Se cumplen	✓
	44171 (P)	1	100	0	0	Se cumplen	Pendiente
Leche 26%	00001 (P)	0	0	1	100	Se cumplen	Pendiente
	00059 (H)	14	52	13	48	Se cumplen	Revisar
	00512 (N)	4	67	2	33	Se cumplen	✓
	00531 (P)	0	0	1	100	Se cumplen	Pendiente
	01210 (H)	82	79	22	21	Se cumplen	✓
	03110 (P)	0	0	2	100	Se cumplen	Pendiente
	43092 (P)	0	0	2	23	Se cumplen	Pendiente
	42872 (H)	17	77	5	100	Se cumplen	✓
	43092 (P)	0	0	2	0	Se cumplen	Pendiente
	44171 (P)	1	100	0	100	Se cumplen	Pendiente
Lactosa en polvo	00059 (H)	21	81	5	19	Se cumplen	✓
	42872 (H)	19	86	3	14	Se cumplen	✓
	70244 (P)	0	0	2	100	Se cumplen	Pendiente

(H): Proveedor habitual, (N): Proveedor de nueva incorporación, (P): Proveedor en prueba.

Tabla 4-Resultados de validación de MMPP (continuación).

Pasta de cacao líquida	00036 (H)	10	91	1	9	Se cumplen	✓
	00088 (N)	7	88	1	13	Se cumplen	✓
	00546 (P)	1	100	0	0	Se cumplen	Pendiente
	43645 (N)	3	100	0	0	Se cumplen	✓
	90013 (H)	29	88	4	12	Se cumplen	✓
	00002 (N)	3	100	0	0	Se cumplen	✓
Manteca de cacao	00036 (H)	13	65	7	35	Se cumplen	Revisar
	00088 (N)	3	100	0	0	Se cumplen	✓
	00562 (N)	7	88	1	13	Se cumplen	✓
	43645 (N)	5	63	3	38	Se cumplen	✓
Harina de arroz	00091 (H)	30	91	3	9	Se cumplen	✓
Turto alcalino	00021 (H)	18	100	0	0	Se cumplen	✓
	00036 (N)	3	75	1	25	Se cumplen	✓
Pistacho crudo origen España	01001 (P)	2	40	3	60	Se cumplen	Pendiente
	43670 (H)	26	90	3	10	Se cumplen	✓
Nuez cruda (mitades)	01001 (H)	23	85	4	15	Se cumplen	✓
Arándano natural	00085 (H)	21	91	2	9	Se cumplen	✓
	01001 (N)	5	100	0	0	Se cumplen	✓
Mantequilla deshidratada	00085 (H)	21	91	2	9	Se cumplen	✓
	01001 (N)	5	100	0	0	Se cumplen	✓
Cacahuete crudo	00551 (P)	2	100	0	0	Se cumplen	Pendiente
	01001 (H)	26	100	0	0	Se cumplen	✓
	43403 (H)	24	100	0	0	Se cumplen	✓
	43836 (N)	1	100	0	0	Se cumplen	✓
	44114 (H)	15	79	4	21	Se cumplen	✓
Piña mitad confitada	00552 (N)	7	100	0	0	Se cumplen	✓
	01552 (H)	10	100	0	0	Se cumplen	✓
Sémola fina de maíz	00232 (P)	2	100	0	0	Se cumplen	Pendiente
	01232 (H)	13	93	1	7	Se cumplen	✓
Solcao N H	00175 (H)	14	93	1	7	Se cumplen	✓
Caseinato de calcio	00087 (N)	3	100	0	0	Se cumplen	✓
	01308 (N)	5	83	1	17	Se cumplen	✓
	00004 (N)	3	75	1	25	Se cumplen	✓
	00005 (P)	1	100	0	0	Se cumplen	Pendiente
	00003 (P)	1	100	0	0	Se cumplen	Pendiente
Aceite de girasol	07144 (H)	14	100	0	0	Se cumplen	✓
	43865 (N)	1	100	0	0	Se cumplen	✓

(H): Proveedor habitual, (N): Proveedor de nueva incorporación, (P): Proveedor en prueba.

Tabla 4-Resultados de validación de MMPP (continuación).

Pasta almendra california cruda	01097 (H)	10	100	0	0	Se cumplen	✓
	01108 (N)	6	86	1	14	Se cumplen	✓
	07105 (N)	3	100	0	0	Se cumplen	✓
Pasta almendra california tostada	00564 (N)	5	100	0	0	Se cumplen	✓
	01097 (P)	1	100	0	0	Se cumplen	Pendiente
	01108 (H)	9	100	0	0	Se cumplen	✓
Limón confitado disco	00393 (H)	15	100	0	0	Se cumplen	✓
Almendra california 30/32 piel butte padre	01097 (H)	11	100	0	0	Se cumplen	✓
	01473 (N)	4	80	1	20	Se cumplen	✓
	70341 (P)	0	0	1	100	Se cumplen	Pendiente
Avellana cruda S/12	01108 (H)	14	93	1	7	Se cumplen	✓
Pasas	01001 (H)	16	100	0	0	Se cumplen	✓
Almendra california cruda	01097 (H)	11	100	0	0	Se cumplen	✓
	01473 (N)	6	100	0	0	Se cumplen	✓
Anacardo repelado 2/30	00551 (H)	15	100	0	0	Se cumplen	✓
Cacahuete crudo piel runner 40/50	00551 (H)	15	100	0	0	Se cumplen	✓

(H): Proveedor habitual, (N): Proveedor de nueva incorporación, (P): Proveedor en prueba.

En cuanto a las muestras de productos terminados, el 56,20% han resultado conformes, es decir, no han presentado errores o desviaciones, lo que indica que la homogeneidad del proceso de fabricación es correcta.

El resto de muestras de producto terminado en las que se ha encontrado mayor porcentaje de desviaciones, se revisan para comprobar el motivo de este resultado, detectándose que, en algunos casos, su codificación no era la correcta (correspondía a otro producto), en otros, que el análisis de las muestras se había efectuado con anterioridad a la implantación de la herramienta NIRS acoplada con ChB y las desviaciones podrían haber sido debidas a alguna de las causas que se citan más adelante y, por tanto, la solución es excluirlas del modelo, para que este no pierda robustez.

Tabla 5-Resultados de validación de productos terminados.

Productos terminados	Muestras conformes	Muestras conformes (%)	Muestras no conformes	Muestras no conformes (%)	Acción
Pasta cobertura negra conguito	250	73	91	27	Revisar
Pasta cobertura leche conguito	100	57	74	43	Revisar
Pasta cobertura blanco gragear	147	95	8	5	Aceptar
Cacahuete negro box 300kg	133	90	15	10	Aceptar
Mezcla proteica crujiente semielaborado	52	41	76	59	Revisar
Pasta Lacasito UK lecitina soja	114	97	4	3	Aceptar
Pasta chocolate negro 48% utz	105	96	4	4	Aceptar
Chocolate extrafino leche IB.C50208	53	62	33	38	Revisar
Pasta cobertura MDD	57	78	16	22	Aceptar
Lacasito natural MDD	62	90	7	10	Aceptar
Pasta chocolate negro lecitina girasol	56	95	3	5	Aceptar
Aglomerado instantáneo E2	54	89	7	11	Aceptar
Pasta 70% cacao Bon	27	73	10	27	Revisar
Concentrado proteico semielaborado	24	67	12	33	Revisar
Mezcla barrita yogur Bimanan	35	97	1	3	Aceptar
Pasta blanca Lacasito (lecitina)	34	97	1	3	Aceptar
Pasta chocolate negro 48%	28	80	7	20	Aceptar
Mezcla cacahuete color almidón	32	100	0	0	Aceptar
Concentrado chocolate Komplet	26	81	6	19	Aceptar
Pasta mazapán frutas	28	100	0	0	Aceptar
Pasta extrafino Lacasito vainillina nata	23	96	1	4	Aceptar
Pasta praliné crema catalana	16	76	5	24	Revisar
Crema cacahuete contenedor	19	90	2	10	Aceptar
Pasta taza	20	100	0	0	Aceptar
Pasta MZ coco Marcona	20	100	0	0	Aceptar
Mezcla dragees chupa chups	20	100	0	0	Aceptar

Tabla 5-Resultados de validación de productos terminados (continuación).

Cobertura vegetal blanca-SP	17	94	1	6	Aceptar
Pasta cobertura N2 conguito 31%	17	100	0	0	Aceptar
Pasta blanca Lacasito	16	94	1	6	Aceptar
Crema conguito contenedor	15	100	0	0	Aceptar
Pasta 85% cacao Lacasa	16	94	1	6	Aceptar
Chocolate extra negro IB.C50202	15	94	1	6	Aceptar
Mezcla cacao soluble Lacasa	15	94	1	6	Aceptar
Chocolate blanco 26% cacao IB.C50216	15	94	1	6	Aceptar
Pasta cacao 70%	15	100	0	0	Aceptar
Pasta chocolate taza	15	100	0	0	Aceptar

Como se aprecia, la aplicación de la técnica de espectroscopía NIR acoplada a Chemometric Brain ha permitido controlar la homogeneidad tanto de las MMPP como del proceso de fabricación y detectar las posibles desviaciones en la producción. Algunas de las causas más probables de no conformidad en MMPP y productos terminados:

- Cambios de proveedor.
- Cambios en el origen de la MMPP.
- Cambios en el procesado de la MMPP.
- Condiciones inadecuadas de almacenamiento de la MMPP (p.ej. humedad), que han producido un deterioro en sus propiedades fisicoquímicas.
- Cambios en el proceso de fabricación.
- Contaminación durante la toma de muestra o en la preparación de muestra debido a una incorrecta limpieza del material.
- Estado defectuoso de la cubeta de muestra (rayada, sucia, etc.).
- Limpieza incorrecta de la superficie del equipo NIR donde se deposita la cubeta de muestras.
- Modelo cualitativo para la MMPP o producto terminado no robusto.
- Errores en el procedimiento de análisis de la muestra.

5. CONCLUSIONES

1. La revisión bibliográfica ha puesto de manifiesto que la técnica analítica NIRS en combinación con técnicas quimiométricas tiene un potencial interesante para ser incorporada en los sistemas de gestión de la calidad en la industria alimentaria.
2. Se ha conseguido implantar una metodología basada en la espectroscopía del infrarrojo cercano acoplada al software quimiométrico Chemometric Brain como análisis de rutina para realizar las pruebas de conformidad de materias primas y productos terminados en la empresa Lacasa S. A.
3. Gracias a esta herramienta analítica, la empresa Lacasa S. A. puede controlar las materias primas que recibe de sus proveedores, garantizando un estándar de calidad y una homogeneidad en dichas materias primas, asegurando que sean conformes respecto a sus especificaciones, para ser empleada por la empresa en la toma de decisiones de la homologación de proveedores de materias primas.
4. Asimismo, la empresa Lacasa S. A. también puede controlar la homogeneidad de su proceso de fabricación y detectar desviaciones en la producción, pudiendo así corregir los errores en la misma, lo que permite el ahorro de tiempo y evitar pérdidas económicas y la retirada de productos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Prieto M, Mouwen JM, López Puente S y Cerdeño Sánchez A. Concepto de calidad en la industria agroalimentaria. INCI [Internet]. 2008 [citado ene 9 2023]; 33(4):258-264. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000400006
2. Nutrition Division. Garantía de la inocuidad y calidad de los alimentos: Directrices para el fortalecimiento de los sistemas nacionales de control de los alimentos. FAO [Internet]. 2003 [citado 16 nov]. Disponible en: <https://www.fao.org/publications/card/es/c/0b1fd288-68bc-5e81-9430-b9ffcb75ab78/>
3. Dómenech Antuch E. Sistemas de gestión: Calidad y seguridad en la industria agroalimentaria [Internet]. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2013 [citado ene 9 2023]. Disponible en: https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/8230f856-a302-4e89-be98-0d264012d0db/TOC_0829_09_02.pdf?guest=true
4. Asociación Española para la Calidad (AEC): La calidad en el sector agroalimentario. [Internet]. Madrid: CNIC 2012 [citado 9 ene 2023]. Disponible en: https://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=bee57e7f-17e5-45bb-99cc-136848bec212&groupId=10128
5. GLOBALGAP [Internet]. GLOBALGAP; [citado 16 nov]. Disponible en: <https://www.globalgap.org/es/>
6. Asociación Española de Normalización. UNE-EN 22000:2005. Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos-Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria [Internet]. Madrid: Asociación Española de Normalización. 2005 [citado 16 nov]. 142p. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:22000:ed-1:v1:es>
7. Asociación Española de Normalización. UNE-EN ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos [Internet]. Madrid: Asociación Española de Normalización. 2015 [citado 16 nov 2022]. 315p. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
8. AENOR [Internet] AENOR [citado 16 nov 2022]. Certificaciones BRC. Disponible en: <https://www.aenor.com/certificacion/alimentacion/brc-protocolos-alimentarios>

9. IFS [Internet]. IFS [citado 16 nov 2022]. Disponible en: <https://www.ifs-certification.com/index.php/es/>
10. Aouadi B, Zinia Zaukuu JL, Vitális F, Bodor Z, Fehér O, Gillay Z, et al. Evolución histórica y logros en el control de alimentos de la espectroscopia de infrarrojo cercano, la nariz electrónica y la lengua electrónica: descripción general crítica. Sens [Internet]. 2020; 20(19):5479. <https://doi.org/10.3390/s20195479>
11. Haiyan C y Yong H. Teoría y aplicación de la espectroscopia de reflectancia del infrarrojo cercano en la determinación de la calidad de los alimentos. Trends Food Sci Technol [Internet]. 2007;18(2):72-83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.09.003>
12. Morin JF y Lees M. Manual de integridad alimentaria, una guía sobre problemas de autenticidad alimentaria y soluciones analíticas. [Internet]. Nantes: Food Integrity, 2018. [citado 7 ene 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.32741/fihb>
13. Cozzolino D. Espectroscopía de infrarrojo cercano y autenticidad alimentaria. [Internet]. Woodhead Publishing; 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100310-7.00007-7>
14. Yukihiro O, Huck C, Tsuchikawa S y Balling Engelsen S. Espectroscopía de infrarrojo cercano (teoría, análisis espectral, instrumentación y aplicaciones). [Internet]. Springer Nature; 2021. [citado 16 nov 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-15-8648-4>
15. Downey G. Autenticación de alimentos e ingredientes alimentarios mediante Espectroscopía de infrarrojo cercano. JNIRS [Internet]. 1996; 4(1):47-61. <https://doi.org/10.1255/jnirs.75>
16. Arias González E, Diñeiro García Y, García Espina P, Oliván García M y Sierra Sánchez V. Aplicaciones de la espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS) para el control de calidad de la carne. SERIDA [Internet], 2020 [citado 16 nov 2022]; (23):43-50. Disponible en: <http://serida.org/pdfs/8057.pdf>
17. Paz P, Sánchez MT y Pérez Marín D. Aplicación de la tecnología NIRS (espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano) en el control de calidad de la industria agroalimentaria. J. Boliviana de Ciencias [Internet]. 2021 [citado 16 nov 2022]; 17:101-104. Disponible en: <https://revistas.univalle.edu/index.php/ciencias/article/view/11/12>

18. Yu H, Guo L, Kharbach M y Han W. Análisis multidireccional junto con espectroscopía de infrarrojo cercano en la industria alimentaria: modelos y aplicaciones. *Foods* [Internet]. 2021; 10(4):802. <https://doi.org/10.3390/foods10040802>
19. Oliveira L y Franca A. Aplicaciones de la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) en la evaluación de la calidad de los alimentos. *J. Food Qual* [Internet]. 2011 [citado 16 nov 2022];131-180. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287243398_Applications_of_near_infrared_spectroscopy_NIRS_in_food_quality_evaluation
20. Cozzolino D, Eunice Smyth H y Gishen M. Estudio de factibilidad sobre el uso de la espectroscopía visible y del infrarrojo cercano junto con la quimiometría para discriminar entre vinos blancos comerciales de diferentes orígenes varietales. *J. Agric. Food Chem* [Internet]. 2003; 51(26):7703-7708. <https://doi.org/10.1021/jf034959s>
21. Cozzolino D. Uso de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) en el Análisis de Alimentos para Animales. *Agrociencia* [Internet]. 2002 [citado 16 nov 2022]; 6(2):25-32. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/VOL6/2/p25-32.pdf>
22. Coates J. Espectroscopia vibratoria: instrumentación para espectroscopia infrarroja y Raman. *Appl. Spectrosc. Rev* [Internet]. 1998; 33(4):267-425. <https://doi.org/10.1080/05704929808002060>
23. Osborne BG. Espectroscopía de infrarrojo cercano en el análisis de alimentos. *EAC* [Internet]. 2006. DOI:10.1002/9780470027318.a1
24. Zhang R, Liu S, Shen L, Chen S, El L y Liu A. Aplicación de espectroscopía de infrarrojo cercano para el análisis no destructivo de harina de trigo: una revisión. *CRFS* [Internet]. 2022; 5:1305-1312. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.08.006>
25. Cozzolino D. Espectroscopía de infrarrojo cercano en el análisis de productos naturales. *Planta Med.* 2009; 75(7):746-756. DOI:10.1055/s-0028-1112220
26. Qu JH, Liu D, Cheng JH, Sun DW, Ma J, Pu H, et al. Aplicaciones de la espectroscopía de infrarrojo cercano en la evaluación y el control de la inocuidad de los alimentos: una revisión de los avances de investigación recientes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr* [Internet]. 2015; 55(13):1939-1954. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.871693>

27. Wang X. Espectroscopía de infrarrojo cercano para la evaluación de la calidad de los alimentos. J. Food Sci. Technol [Internet]. 2019; 105-118. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814217-2.00007-X>
28. Chemometric Brain [Internet]. 2022; [citado 16 nov 2022] Disponible en: <https://www.chemometricbrain.io/home-esp>
29. Alcalà Bernàrdez M. Utilización de la espectroscopía NIR en el control analítico de la industria farmacéutica. 2006. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/3227/mab1de1.pdf?sequence=1>
30. Jamrógiewicz M. Aplicación de la espectroscopía de infrarrojo cercano en la tecnología farmacéutica. J. Pharm. Biomed. Anal [Internet]. 2012; 66:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2012.03.009>
31. Bergera G, Jaren C, Arazuri S y Arana I. Instrumentación para la espectroscopía de infrarrojo cercano. Horticultura [Internet]. 2022 [citado 27 nov]; (194)30-33. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/28281954_Instrumentacion_para_la_espectroscopia_de_infrarrojo_cercano
32. Turpo Rodríguez ME. Espectroscopía NIR en aceituna de almazara: Exploración de métodos quimiométricos para Estimación de calidad. 2016. Trabajo Final de Máster. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Tesis_Master_Mary_Turpo.pdf
33. Krzysztof BB, Grabska J y Huck CW. Espectroscopía de infrarrojo cercano en bioaplicaciones. Molecules [Internet]. 2020; 25(12):2948. <https://doi.org/10.3390/molecules25122948>
34. Casal Martínez C. Implantación de la tecnología NIRS en aplicaciones in-situ como herramienta de apoyo a las decisiones en el sector primario. 2013 Trabajo Fin de Máster. Universidad de Oviedo. Disponible en: https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/18315/TFM_CasalMartinez.pdf?sequence=6&isAllowed=y
35. Grant, A. Review: Near infra-red analysis of food. JFST [Internet]. 1987; 22(3):191-207. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb00479.x>

36. Workman, Jerome J.; Mobley, Paul R.; Kowalski, Bruce R.; Bro, Rasmus (1996). Revisión de quimiometría aplicada a la espectroscopia. *Appl. Spectrosc. Rev* [Internet]. 31(1-2):73-124. <https://doi.org/10.1080/05704929608000565>
37. Groenewald T. Espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR)- La técnica de análisis rápidos del futuro. *Engormix* [Internet]. 2017 [citado 28 nov]. Disponible en: https://www.adiveter.com/ftp_public/Espectroscopia%20de%20Infrarrojo%20Cercano.pdf
38. Castillo Martínez M. Aplicación de la espectroscopía NIR al control analítico de procesos de la industria química. 2007. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/pagweb/2016/chemometrics/sites/grupsderecerca.uab.cat.chemometrics/files/pagefiles/castillo_thesis.pdf MELO QUEDO SII
39. Howard M. Quimiometría en espectroscopia de infrarrojo cercano. *Anal. Chim. Acta* [Internet]. 1989;223:75-93 [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)84075-1](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)84075-1)
40. Zamora Zamora D. Desarrollo de nuevas metodologías analíticas para el control de procesos y productos industriales: Aplicación de la espectroscopía NIR y la espectrometría de movilidad iónica (IMS). 2013. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2011/hdl_10803_107974/dzz1de1.pdf
41. Massart DL, Vandeginste BG, Deming SN, Michotte Y y Kaufman L. Quimiometría: un libro de texto. 2003;2:1-488. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/chemometrics/deming/978-0-444-42660-4>
42. Pasquini C. Espectroscopía de infrarrojo cercano: una técnica analítica madura con nuevas perspectivas: una revisión, *Anal. Chim. Acta* [Internet]. 2018; 1026:8-36. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.04.004>
43. Bokobza L. Espectroscopía de infrarrojo cercano. *JNIRS* [Internet]. 1998; 6(1):3-17. <https://doi.org/10.1255/jnirs.116>
44. Romero Gamero MA. Desarrollo de nuevas metodologías analíticas en el control de calidad de la industria farmacéutica. 2002. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/3127/marg3de9.pdf>

45. Montoya M, Laxalde J, Veleza M. Rosas JG y Soulas F. Control de materias primas con espectroscopía de infrarrojo cercano: Un enfoque cualitativo. NIR news [Internet]. 2013; 24(6):4-6. <https://doi.org/10.1255/nirn.1385>
46. García Uceda, L. Utilización de la espectroscopía NIR en el análisis de identificación y control de calidad de productos farmacéuticos liofilizados. 2020. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Disponible en: <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/670519/lgu1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
47. Bakeev KA. Tecnología analítica de procesos: herramientas espectroscópicas y estrategias de implementación para las industrias química y farmacéutica [Internet]. Blackwell Publishing [Internet]. 2005 [citado 29 nov]; 472. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=A9SbI8IULYMC&oi=fnd&pg=PA226&ots=B5jszKqsSR&sig=8gPcbbGYmVa-eMbWk6mSjpPEHKA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
48. Bolaños Alfaro JD. El método NIR combinado con el análisis quimiométrico PLS-da para determinar la adulteración del aceite de oliva con aceite de girasol. Revista Pensamiento Actual [Internet], 2016 [citado 29 nov]. 16(26):163-172. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/25764/26149>
49. Alomar D. y Fuchslocher R. Fundamentos de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) como método de análisis de forrajes. Agro Sur [Internet]. 1998. 26(1):88-104. DOI:10.4206/agrosur.1998.v26n1-11
50. Kemper M y Luchetta L. Una guía para el análisis de materias primas mediante espectroscopía de infrarrojo cercano. JNIRS [Internet]. 2003; 11(1):155. <https://doi.org/10.1255/jnirs.363>

FUENTES LEGALES:

1. Reglamento (CE) nº 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios. *Diario Oficial de Unión Europea*, L 139, de 30 de abril de 2004.

7. ANEXO

Tabla 1-MMPP analizadas.

MATERIAS PRIMAS			
Nº	Nº Artículo	Descripción del nombre de producto	Nº Muestras
1	LA2003	Azúcar (silo)	184
2	LA2007	Leche 26%	170
3	LA2006	Leche 1%	130
4	LA2413	Cacahuete crudo	72
5	LA2203	Pasta de cacao líquida	59
6	LA2043	Lactosa en polvo	50
7	LA2204	Manteca de cacao	39
8	LA2013	Pistacho crudo origen España	34
9	LA2016	Harina de arroz	33
10	LA2061	Arándano natural	28
11	LA2148	Nuez cruda (mitades)	27
12	LA2523	Turto alcalino	22
13	LA2469	Pasta almendra california cruda	20
14	LA2514	Mantequilla deshidratada	19
15	LA2034	Almendra california cruda	17
16	LA2087	Anacardo repelado 3/20	17
17	LA2440	Almendra california 30/32 piel butte padre	17
18	CB2821	Piña mitad confitada	17
19	LA2008	Pasas	16
20	LA2566	Sémola fina de maíz	16
21	MP000001	Limón confitado disco	15
22	LA2018	Aceite de girasol	15
23	LA2002	Avellana cruda s/12	15
24	LA2462	Cacahuete crudo piel runner 40/50	15
25	LA7614	Caseinato calcio	15
26	LA2378	Pasta almendra california tostada	15
27	CB2802	Solcao N H	15
28	LA2129	Pasta de avellana	14
29	LA2510	Galleta Digestive esfera	14
30	LA2484	Pepitas chocolate 5x4x6	14
31	LA2096	Almendra california 20/22 (bloque)	12
32	LA2105	Coco rallado	12
33	MM8095	Dextrosa monohidratada	12
34	MP000010	Almendra molida cruda	11
35	LA2492	Almidón de maíz	11
36	CB2829	Grasa cremas RSPO SG	11
37	LA2107	Mango confitado natural dados	11
38	LA2207	Manteca de cacao RAC MB	11
39	LA2206	Pasta de cacao UTZ MB	11

Tabla 1-MMPP analizadas (continuación).

40	LA2406	Almendra Marcona cruda 14/16	10
41	LA2052	Maltitol	10
42	LA2586	Higos secos s/harina	9
43	LA2513	Hojaldre mantequilla	9
44	LA2060	Naranja confitada cubos 9x9	9
45	UN2005	Pasta de cacao Nederland	9
46	LA2332	Fruto de anís grageado-anisete	8
47	LA2531	Jarabe de glucosa de arroz	8
48	LA2010	Lecitina de soja líquida	8
49	LA2600	Almidón arroz cleanwhite SC	7
50	LA2467	Avellana tostada repelada 10/12	7
51	LA2146	Cereza confitaza aroma chocolate 18/20	7
52	LA2042	Catas melón en cuartos	6
53	LA2084	Lecitina de girasol líquida	6
54	LA2540	Manteca de cacao bio	6
55	LA2538	Cacahuete medio repelado tostado manicho	5
56	LA7654	Lactoproteína (WPC 80)	5
57	LA2593	Almendra california 30/32 cruda repelada	4
58	LA2249	Almidón modificado prejel-pa5	4
59	LA2004	Azúcar (saco)	4
60	LA2024	Bizcocho plancha girasol	4
61	LA2145	Extracto de crema (trufa)	4
62	CB2799	Galleta troceada s/g 2/5	4
63	LA2110	Glucosa 43/37 mylose silo	4
64	CB2733	Grasa ertifil AB 530 NP Fuji	4
65	LA7616	Leche descremada 1%	4
66	LA7489	Potasio gluconato	4
67	LA2019	Aceite girasol alto oleico	3
68	LA2488	Confitura cacao ligero	3
69	LA2230	Crispys limón 1/3	3
70	LA2490	Fresa trozo 5/10 liofilizada	3
71	MM8000	Glucomalt 551	3
72	LA7726	Glucosa meliose alimentaria 392176	3
73	LA2163	Lactosa en polvo Kosher	3
74	CB2757	Lactosuero	3
75	LA2106	Naranja confitada cubito	3
76	LA2064	Nata en polvo	3
77	LA2063	Yema de huevo polvo	3
78	LA2174	Almidón de arroz	2
79	LA2317	Avellana tostada troceada 5/8	2
80	LA2542	Azúcar orgánico	2
81	LA7653	Azúcar polvo	2
82	LA2231	Cappuccino 1/4	2
83	LA2357	Cereza 22/24 s/marrasquino	2

Tabla 1-MMPP analizadas (continuación).

84	LA2162	Corn flakes s/a s/gluten	2
85	LA2153	Creps mantequilla 6mm	2
86	LA2476	Extracto vainilla K1135P	2
87	LA2177	Granillo cacahuete tostado	2
88	CB2827	Grasa Solcao B Kosher	2
89	CB2701	Lecitina girasol 30%	2
90	LA2216	Manteca de cacao fairtrade MB	2
91	LA2210	Mantequilla hidratada	2
92	CB2712	Orégano hojas extra	2
93	LA2543	Organic palm oil	2
94	LA2215	Pasta de cacao fairtrade MB	2
95	LA2224	Plátano liofilizado 3/8	2
96	LA2039	Queso en polvo cremoso 4700506	2
97	LA2519	Sal	2
98	MP000017	Sémola gruesa maíz intermedia	2
99	MP000022	Trozos caramelo 1-3 mm	2
100	LA2535	Turto natural fairtrade MB	2
101	LA2071	Almendra california 30/32 repelada tostada	1
102	LA2547	Apple flavor 303.0024U	1
103	LA2466	Arándano azul liofilizado 0/1	1
104	CB2814	Aroma arándano natural	1
105	CB2728	Aroma avellana 398843	1
106	CB2727	Aroma galleta 681020	1
107	LA2048	Cacahuete con miel	1
108	CB2717	Cacao alcalino DB11 10/12%	1
109	LA2528	Café soluble natural R/8246	1
110	CB2706	Café tostado molido	1
111	LA2200	Calabaza en polvo	1
112	LA2441	Canela molida pura	1
113	LA2376	Caramilk toffee 1900104	1
114	CB2817	Chips fondant toffee	1
115	LA2562	Dado coco 9x9	1
116	UN2087	Fideo chocolate	1
117	LA2108	Fresa en escamas	1
118	LA2080	Galleta María troceada	1
119	LA2029	Glucosa "glucoswett"	1
120	LA2553	Grape flavor 856.2376U	1
121	LA2199	Habas cacao fairtrade MB	1
122	LA2597	Higo troceado liofilizado	1
123	LA2338	Jarabe de glucosa 70	1
124	CB2831	Leche 1% alpina	1
125	LA2030	Leche 1% jalav	1
126	LA2031	Leche 26% jalav	1
127	LA2167	Lecitina de soja polvo	1

Tabla 1-MMPP analizadas (continuación).

128	MP000009	Lecitina soja líquida s/tras cacahuete	1
129	MM8103	Maltodextrina Ref.01314	1
130	LA2559	Miel mil flores	1
131	CB2825	Naranja confitada natural dado 3/5	1
132	LA2128	Naranja confitada (piel) cuarto	1
133	CB2801	Naranja confitada disco	1
134	LA2470	Naranja trozos 5x5	1
135	CB2833	Nata en polvo alpina	1
136	MP000002	NIBS cacao caramelizado 1/3	1
137	LA2103	Nuez cruda almacén (cuartos)	1
138	LA2516	Nuez mitades chile	1
139	LA2400	Nuez trozos	1
140	IBM146	Oleína de karité	1
141	LA2551	Orange flavor 884.2916u	1
142	LA2172	Pasas pequeñas	1
143	LA2101	Piña en polvo	1
144	LA2104	Piñón crudo	1
145	LA2489	Relleno turrón de fresa	1
146	LA2550	SFL bio lecitina	1
147	LA2202	Sólidos lácteos 1%	1
148	LA2549	Strawberry flavor 915.3414U	1
149	LA2524	Yema confitada	1

Tabla 2-Productos terminados analizados.

PRODUCTO TERMINADO			
Nº	Nº Artículo	Descripción del nombre de producto	Nº Muestras
1	LA3101	Pasta cobertura negra conguito	341
2	LA3102	Pasta cobertura leche conguito	174
3	LA3105	Pasta cobertura blanco gragear	155
4	000009	Cacahuete negro box 300kg	148
5	LA7700	Mezcla proteica crujiente semielaborado	128
6	LA3188	Pasta lcto.uk lecitina soja	118
7	CB3103	Pasta chocolate negro 48% utz	109
8	CB3066	Chocolate extrafino leche IB.C50208	86
9	LA3108	Pasta cobertura MDD	73
10	LA3966	Lacasito natural MCDO	69
11	CB3061	Aglomerado instantáneo E2	61
12	LA3137	Pasta chocolate negro lecitina girasol	59
13	CB3152	Pasta 70% cacao B	37
14	LA7701	Concentrado proteico semielaborado	36
15	LA7841	Mezcla barrita yogur Bimanan	36
16	LA3189	Pasta blanca Lacasito (lecitina)	35
17	CB3018	Pasta chocolate negro 48%	35

Tabla 2-Productos terminados analizados (continuación).

18	LA3192	Concentrado chocolate Komplet	32
19	LA3820	Mezcla cacahuete color almidón	32
20	LA3344	Pasta mazapán frutas	28
21	LA3100	Pasta extrafino Lacasito vainillina nata	24
22	LA3196	Crema cacahuete contenedor	21
23	LA3264	Pasta praliné crema catalana	21
24	LA3234	Pasta MZ coco Marcona	20
25	CB3073	Pasta taza	20
26	LA3711	Mezcla dragees chupa chups	20
27	LA3127	Cobertura vegetal blanca-SP	18
28	CB3035	Pasta 85% cacao Lacasa	17
29	LA3104	Pasta cobertura N2 conguito 31%	17
30	LA3112	Pasta blanca Lacasito	17
31	CB3067	Chocolate extra negro IB.C50202	16
32	CB3161	Mezcla cacao soluble Lacasa	16
33	CB3068	Chocolate blanco 26% cacao IB.C50216	16
34	CB3230	Pasta cacao 70%	15
35	CB3000	Pasta chocolate taza	15
36	LA3185	Crema conguito contenedor	15
37	CB3049	Mezcla taza polvo cocer	14
38	LA3308	Cobertura chocolate blanco turrón	14
39	LA3375	Pasta base calm 62% FT	14
40	LA38201	Mezcla peanut dark 65%	12
41	LA3316	Pasta crema cacahuete 60%	11
42	LA36445	Mezcla bite white choc.(b+v)	10
43	CB3133	Pasta 70% cacao Lacasa	10
44	LA3146	Pasta preparado Lacasito CLA	10
45	LA3916	Bloque MZ yema guindas 6.3	9
46	CB3040	Mezcla cacao soluble MDD	9
47	CB3075	Pasta postres 54%	9
48	LA7607	Mezcla barrita Komplet	8
49	MZ0043	Mezcla Lacasito natural almidón	8
50	CB3008	Pasta 70% cacao MDD	8
51	LA7705	Concentrado yogur semielaborado	7
52	CB3104	Mezcla cacao soluble almidón MDD	7
53	CB3102	Mezcla cacao soluble Dulcinea	7
54	CB3147	Pasta 92% cacao Lacasa	7
55	LA3123	Pasta milk chocolate UK utz	7
56	CB3132	Pasta negra tableta Lacasa	7
57	MZ0012	Mezcla pasta leche UK utz 6 colores	6
58	LA3217	Pasta mazapán yema guindas	6
59	CB3136	Mezcla cacao soluble Catucao	5
60	CB3138	Mezcla cacao soluble CRF	5
61	CB3301	Pasta chocolate blanco Consum	5

Tabla 2-Productos terminados analizados (continuación).

62	CB3144	Pasta chocolate negro 48% FT	5
63	LA3314	Pasta extrafina leche Lacasito extra vainilla	5
64	LA3008	Pasta extrafina leche Lacasito	5
65	LA3103	Pasta extrafina Lacasito	5
66	LA3230	Pasta mazapán nata Marcona	5
67	LA3216	Pasta mazapán nata nuez	5
68	LA2522	Cacao en polvo natural 10/12%	4
69	CB3019	Pasta leche Lacasa 2013	4
70	LA3328	Pasta praliné chocoalmendra	4
71	LA3148	Pasta preparado conguito CLA	4
72	LA3349	Pasta relleno trufado guindas	4
73	LA2598	Pasta de pistacho	4
74	CB3032	Aglomerado instantáneo B sport	3
75	MZ0013	Mezcla cacahuete color Leche UK utz	3
76	LA3722	Mezcla Lacasito natural	3
77	CB3026	Mezcla taza 90 segundos	3
78	CB3201	Pasta 70% cacao MDD utz	3
79	CB3178	Pasta 72% cacao MDD	3
80	LA3031	Pasta cobertura conguitos	3
81	CB3140	Pasta leche virgen victoria	3
82	LA3143	Pasta praliné 70% cacao	3
83	LA3177	Pasta lcto.uk vainilla nata	2
84	LA2525	Cacao polvo nat.10/12% RAC MB	2
85	CB3137	Cacao taza utz	2
86	CB3030	Mezcla cacao soluble B sport	2
87	CB3212	Mezcla cacao soluble Lacasito	2
88	LA3950	Mezcla mini Lacasito leche nata	2
89	LA3013	Pasta arroz con leche marcas	2
90	LA3163	Pasta chocolate 70% cacao s/a	2
91	LA2159	Pasta chocolate negro 58% Luker	2
92	LA3070	Pasta crujiente blanco	2
93	LA3362	Pasta crujiente Ft oleína karité	2
94	LA3002	Pasta extrafino leche	2
95	LA3005	Pasta Lacasito negro	2
96	LA3140	Pasta tabl.72% cacao MDD utz	2
97	CB3130	Pasta white compound NH	2
98	LA7702	Base grasa barrita semielaborado	1
99	LA7704	Base grasa omega-3 semielaborado	1
100	CB3145	Cobertura bitter	1
101	MM4203	Ginger puree org	1
102	MZ0011	Mezcla crispy lech.6col.aldi UK	1
103	LA3816	Mezcla anacardo tres chocolates	1
104	CB3041	Mezcla cacao soluble Mañocao	1
105	LA3942	Mezcla grageas Panda	1

Tabla 2-Productos terminados analizados (continuación).

106	LA3950	Mezcla mini Lacasito leche nata	1
107	MZ5000	Mezcla mini chocobolas tres chocolates	1
108	MZ0003	Mezcla pastilla utz	1
109	LA3951	Mini Lacasito leche nata MCDO	1
110	LA3948	Mini leche proteica marcona s/a	1
111	LA3119	Pasta 70% cacao gragear	1
112	LA3141	Pasta 85% cacao MDD utz	1
113	CB3047	Pasta blanco postres MDD	1
114	LA3045	Pasta chocolate blanco chocobolas	1
115	LA3247	Pasta chocolate negro almendra/avellana Marcona	1
116	LA3158	Pasta cobertura negra conguito FT	1
117	LA3047	Pasta crema cacao	1
118	CB3231	Pasta crijiente Lacasa	1
119	CB3182	Pasta culinaria 70% cacao utz	1
120	LA3118	Pasta leche gragea jalav	1
121	LA3319	Pasta negro postres 70% s/a FT	1
122	LA3015	Pasta praliné turrón Lacasito	1
123	LA3256	Pasta praliné turrón blanco Lacasito	1
124	LA3226	Pasta praliné arroz con leche	1
125	LA3212	Pasta praliné café	1
126	LA3233	Pasta praliné chocolate BAS	1
127	LA3132	Pasta praliné chocolate s/a	1
128	LA3204	Pasta praliné nata (1/2)	1
129	LA3211	Pasta praliné piña	1
130	CB3281	Pasta turrón crujiente fórmula A	1
131	LA3072	Pasta turrón crujiente Formula C	1
132	CB3128	White compounds without whey C50655	1

Tabla 3-Modelos cualitativos creados de MMPP.

MODELOS DE MATERIAS PRIMAS	
Nº Artículo	Descripción del nombre de producto
LA2003	Azúcar (silo)
LA2007	Leche 26%
LA2006	Leche 1%
LA2413	Cacahuete crudo
LA2203	Pasta de cacao liquida
LA2043	Lactosa en polvo
LA2204	Manteca de cacao
LA2013	Pistacho crudo origen España
LA2016	Harina de arroz
LA2061	Arándano natural
LA2148	Nuez cruda (mitades)
LA2523	Turto alcalino

Tabla 3-Modelos cualitativos creados de MMPP (continuación).

LA2469	Pasta almendra california cruda
LA2514	Mantequilla deshidratada
LA2034	Almendra california cruda
LA2087	Anacardo repelado 3/20
LA2440	Almendra california 30/32 piel butte padre
CB2821	Piña mitad confitada
LA2008	Pasas
LA2566	Sémola fina de maíz
MP000001	Limón confitado disco
LA2018	Aceite de girasol
LA2002	Avellana cruda s/12
LA2462	Cacahuete crudo piel runner 40/50
LA7614	Caseinato calcio
LA2378	Pasta almendra california tostada
CB2802	Solcao N H

Tabla 4-Modelos cualitativos creados de productos terminados.

MODELOS DE PRODUCTO TERMINADO	
Nº Artículo	Descripción del nombre de producto
LA3101	Pasta cobertura negra conguito
LA3102	Pasta cobertura leche conguito
LA3105	Pasta cobertura blanco gragear
000009	Cacahuete negro box 300kg
LA7700	Mezcla proteica crujiente semielaborado
LA3188	Pasta lcto.uk lecitina soja
CB3103	Pasta chocolate negro 48% utz
CB3066	Chocolate extrafino leche IB.C50208
LA3108	Pasta cobertura MDD
LA3966	Lacasito natural MCDO
CB3061	Aglomerado instantáneo E2
LA3137	Pasta chocolate negro lecitina girasol
CB3152	Pasta 70% cacao B
LA7701	Concentrado proteico semielaborado
LA7841	Mezcla barrita yogur Bimanan
LA3189	Pasta blanca Lacasito (lecitina)
CB3018	Pasta chocolate negro 48%
LA3192	Concentrado chocolate Komplet
LA3820	Mezcla cacahuete color almidón
LA3344	Pasta mazapán frutas
LA3100	Pasta extrafino Lacasito vainillina nata
LA3196	Crema cacahuete contenedor
LA3264	Pasta praliné crema catalana
LA3234	Pasta MZ coco Marcona

Tabla 4-Modelos cualitativos creados de productos terminados (continuación).

CB3073	Pasta taza
LA3711	Mezcla dragees chupa chups
LA3127	Cobertura vegetal blanca-SP
CB3035	Pasta 85% cacao Lacasa
LA3104	Pasta cobertura N2 conguito 31%
LA3112	Pasta blanca Lacasito
CB3067	Chocolate extra negro IB.C50202
CB3161	Mezcla cacao soluble Lacasa
CB3068	Chocolate blanco 26% cacao IB.C50216
CB3230	Pasta cacao 70%
CB3000	Pasta chocolate taza
LA3185	Crema conguito contenedor

Tabla 5-Resultados PCA de modelos cualitativos de MMPP.

Modelos cualitativos	ANÁLISIS PCA					
	Nº PC	Valor propio de Covarianza	Varianza de este PC (%)	Varianza Acumulada (%)	Umbral de correlación	Límite Qresidual
Azúcar (silo)	PC 1	5,94E-02	99,62	99,62	0,99	1,92E-05
	PC 2	2,06E-04	0,35	99,96		
	PC 3	9,94E-06	0,02	99,98		
	PC 4	3,75E-06	0,01	99,98		
	PC 5	2,43E-06	0,00	99,99		
Leche 1%	PC 1	2,70E-02	99,38	99,38	0,97	1,10E-05
	PC 2	1,57E-04	0,58	99,96		
	PC 3	4,41E-06	0,02	99,98		
	PC 4	2,19E-06	0,01	99,98		
	PC 5	1,61E-06	0,01	99,99		
Leche 26%	PC 1	3,31E-02	99,17	99,17	0,98	3,21E-05
	PC 2	2,54E-04	0,76	99,93		
	PC 3	1,16E-05	0,03	99,96		
	PC 4	4,34E-06	0,01	99,97		
	PC 5	2,44E-06	0,01	99,98		
	PC 6	1,47E-06	0,00	99,99		
Lactosa en polvo	PC 1	5,03E-02	99,80	99,80	0,99	1,20E-05
	PC 2	9,29E-05	0,18	99,99		
	PC 3	3,16E-06	0,01	99,99		
	PC 4	1,14E-06	0,00	99,99		
	PC 5	8,19E-07	0,00	100		
	PC 6	6,07E-07	0,00	100		

Tabla 5-Resultados PCA de modelos cualitativos de MMPP (continuación).

Pasta de cacao líquida	PC 1	4,12E-02	99,55	99,55	0,99	3,03E-05
	PC 2	1,47E-04	0,36	99,90		
	PC 3	1,76E-05	0,04	99,94		
	PC 4	5,70E-06	0,01	99,96		
	PC 5	4,68E-06	0,01	99,97		
	PC 6	3,17E-06	0,01	99,98		
Manteca de cacao	PC 1	4,57E-02	98,74	98,74	0,98	3,21E-05
	PC 2	2,93E-04	0,63	99,38		
	PC 3	7,41E-05	0,16	99,54		
	PC 4	3,33E-05	0,07	99,61		
	PC 5	2,15E-05	0,05	99,65		
	PC 6	1,51E-05	0,03	99,69		
Harina de arroz	PC 1	4,83E-02	99,97	99,97	0,99	1,64E-05
	PC 2	7,18E-06	0,01	99,99		
	PC 3	1,91E-06	0,00	99,99		
Turto alcalino	PC 1	2,97E-03	99,46	99,46	0,99	1,55E-05
	PC 2	1,08E-05	0,36	99,82		
	PC 3	2,29E-06	0,08	99,90		
Pistacho crudo origen España	PC 1	1,08E-01	99,76	99,76%	0,99	2,59E-04
	PC 2	9,14E-05	0,08	99,84		
	PC 3	7,13E-05	0,07	99,91		
	PC 4	2,52E-05	0,02	99,93		
Nuez cruda (mitades)	PC 1	5,94E-02	99,88	99,88	0,99	2,94E-05
	PC 2	2,89E-05	0,05	99,93		
	PC 3	2,26E-05	0,04	99,97		
	PC 4	8,89E-06	0,01	99,98		
	PC 5	4,29E-06	0,01	99,99		
Arándano natural	PC 1	2,34E-02	98,19	98,19	0,96	6,75E-05
	PC 2	3,51E-04	1,48	99,67		
	PC 3	5,47E-05	0,23	99,90		
	PC 4	7,91E-06	0,03	99,93		
	PC 5	5,77E-06	0,02	99,95		
Mantequilla deshidratada	PC 1	1,68E-02	99,09	99,09	0,98	3,45E-05
	PC 2	2,56E-04	0,59	99,68		
	PC 3	5,42E-06	0,02	99,70		
	PC 4	3,05E-06	0,01	99,71		
	PC 5	1,12E-06	0,01	99,72		

Tabla 5-Resultados PCA de modelos cualitativos de MMPP (continuación).

Cacahuete crudo	PC 1	5,08E-02	99,64	99,64	0,99	2,25E-05
	PC 2	9,44E-05	0,19	99,82		
	PC 3	5,37E-05	0,11	99,93		
	PC 4	1,88E-05	0,04	99,96		
	PC 5	9,63E-06	0,02	99,98		
	PC 6	2,88E-06	0,01	99,99		
Piña mitad confitada	PC 1	1,96E-02	98,84	98,84	0,97	4,49E-05
	PC 2	1,51E-04	0,76	99,60		
	PC 3	5,52E-05	0,28	99,87		
	PC 4	1,71E-05	0,09	99,96		
	PC 5	5,80E-06	0,03	99,99		
	PC 6	9,57E-07	0,00	99,99		
Sémola fina de maíz	PC 1	4,14E-02	99,97	99,97	0,99	1,36E-05
	PC 2	8,36E-06	0,02	99,99		
	PC 3	2,36E-06	0,01	99,99		
Solcao N H	PC 1	2,52E-02	96,48	96,48	0,91	1,78E-04
	PC 2	8,15E-04	3,13	99,60		
	PC 3	3,38E-05	0,13	99,73		
	PC 4	1,68E-05	0,06	99,80		
Caseinato de calcio	PC 1	3,51E-02	99,78	99,78	0,99	7,47E-06
	PC 2	4,98E-05	0,14	99,92		
	PC 3	2,52E-05	0,07	99,99		
	PC 4	2,56E-06	0,01	100		
Aceite de girasol	PC 1	3,57E-02	98,87	98,87	0,97	1,11E-04
	PC 2	3,21E-04	0,89	99,76		
	PC 3	4,91E-05	0,14	99,90		
Pasta almendra california cruda	PC 1	3,92E-02	99,59	99,59	0,99	3,24E-05
	PC 2	1,09E-04	0,28	99,87		
	PC 3	2,12E-05	0,05	99,93		
	PC 4	1,12E-05	0,03	99,95		
	PC 5	3,96E-06	0,01	99,96		
	PC 6	3,22E-06	0,01	99,97		
Pasta almendra california tostada	PC 1	4,36E-02	99,72	99,72	0,99	7,14E-06
	PC 2	8,38E-05	0,19	99,91		
	PC 3	1,95E-05	0,04	99,96		
	PC 4	1,02E-05	0,02	99,98		
	PC 5	5,46E-06	0,01	99,99		
	PC 6	9,99E-07	0,00	99,99		

Tabla 5-Resultados PCA de modelos cualitativos de MMPP (continuación).

Limón confitado disco	PC 1	2,31E-02	96,96	96,96	0,94	9,79E-05
	PC 2	4,01E-04	1,68	98,64		
	PC 3	1,37E-04	0,57	99,22		
	PC 4	9,16E-05	0,38	99,60		
	PC 5	4,01E-05	0,17	99,77		
	PC 6	2,34E-05	0,10	99,87		
Almendra california 30/32 piel butte padre	PC 1	6,63E-02	99,91	99,91	0,99	2,34E-05
	PC 2	3,43E-05	0,05	99,96		
	PC 3	1,04E-05	0,02	99,98		
	PC 4	5,50E-06	0,01	99,99		
	PC 5	4,00E-06	0,01	99,99		
	PC 6	2,13E-06	0,00	100		
Avellana cruda s/12	PC 1	8,19E-02	99,85	99,85	0,99	1,61E-05
	PC 2	8,69E-05	0,11	99,95		
	PC 3	1,81E-05	0,02	99,97		
	PC 4	8,52E-06	0,01	99,98		
	PC 5	5,51E-06	0,01	99,99		
	PC 6	3,43E-06	0,00	100		
Pasas	PC 1	2,75E-02	98,31	98,31	0,97	6,83E-05
	PC 2	2,86E-04	1,02	99,33		
	PC 3	7,78E-05	0,28	99,61		
	PC 4	4,63E-05	0,17	99,78		
	PC 5	2,43E-05	0,09	99,86		
	PC 6	1,96E-05	0,07	99,93		
Almendra california cruda	PC 1	6,47E-02	99,75	99,75	0,99	3,49E-05
	PC 2	9,50E-05	0,15	99,90		
	PC 3	2,70E-05	0,04	99,94		
	PC 4	1,72E-05	0,03	99,97		
	PC 5	6,84E-06	0,01	99,98		
	PC 6	3,99E-06	0,01	99,99		
Anacardo repelado 3/20	PC 1	5,81E-02	99,86	99,86	0,99	4,97E-05
	PC 2	4,07E-05	0,07	99,93		
	PC 3	1,40E-05	0,02	99,96		
	PC 4	1,09E-05	0,02%	99,98		
	PC 5	5,43E-06	0,01%	99,99		
	PC 6	3,20E-06	0,01%	99,99		
Cacahuete crudo piel runner 40/50	PC 1	5,74E-02	99,83%	99,83	0,99	4,97E-05
	PC 2	4,98E-05	0,09%	99,92		
	PC 3	2,50E-05	0,04%	99,96		
	PC 4	9,86E-06	0,02%	99,98		
	PC 5	5,89E-06	0,01%	99,99		
	PC 6	2,52E-06	0,00%	99,99		

Tabla 6-Resultados PCA de modelos cualitativos de productos terminados.

Modelos de productos terminados	ANÁLISIS PCA					
	Nº PC	Valor propio de Covarianza	Varianza de este PC (%)	Varianza Acumulada (%)	Umbral de correlación	Límite Qresidual
Pasta cobertura negra conguito	PC 1	6,63E-02	99,580	99,58	0,96	1,05E-04
	PC 2	1,54E-04	99,580	99,58		
	PC 3	3,41E-05	99,580	99,58		
	PC 4	2,73E-05	99,580	99,58		
	PC 5	1,77E-05	99,580	99,58		
	PC 6	1,35E-05	99,580	99,58		
Pasta cobertura leche conguito	PC 1	6,61E-02	99,580	99,58	0,96	1,13E-04
	PC 2	2,34E-04	99,580	99,58		
	PC 3	1,26E-04	99,580	99,58		
	PC 4	5,79E-05	99,580	99,58		
	PC 5	2,22E-05	99,580	99,58		
	PC 6	1,24E-05	99,580	99,58		
Pasta cobertura blanco gragear	PC 1	5,20E-02	99,580	99,58	0,97	1,67E-04
	PC 2	1,69E-04	99,580	99,58		
	PC 3	1,14E-04	99,580	99,58		
	PC 4	6,03E-05	99,580	99,58		
	PC 5	2,12E-05	99,580	99,58		
Cacahuete negro box 300kg	PC 1	5,13E-02	99,580	99,58	0,97	2,28E-04
	PC 2	2,82E-04	99,580	99,58		
	PC 3	7,91E-05	99,580	99,58		
	PC 4	3,36E-05	99,580	99,58		
	PC 5	1,78E-05	99,580	99,58		
	PC 6	1,21E-05	99,580	99,58		
Mezcla proteica crujiente semilaborado	PC 1	3,00E-02	99,580	99,58	0,99	1,91E-05
	PC 2	6,33E-05	99,580	99,58		
	PC 3	1,54E-05	99,580	99,58		
	PC 4	8,28E-06	99,580	99,58		
	PC 5	5,51E-06	99,580	99,58		
	PC 6	2,28E-06	99,580	99,58		
Pasta Lacasito UK lecitina soja	PC 1	7,05E-02	99,580	99,58	0,98	4,67E-05
	PC 2	1,59E-04	99,580	99,58		
	PC 3	5,01E-05	99,580	99,58		
	PC 4	3,81E-05	99,580	99,58		
	PC 5	1,44E-05	99,580	99,58		

Tabla 6-Resultados PCA de modelos cualitativos de producto terminado(continuación).

Pasta chocolate negro 48% utz	PC 1	5,25E-02	99,580	99,58	0,99	8,98E-06
	PC 2	1,04E-05	99,580	99,58		
	PC 3	8,83E-06	99,580	99,58		
	PC 4	6,84E-06	99,580	99,58		
	PC 5	3,41E-06	99,580	99,58		
Chocolate extrafino leche IB.C50208	PC 1	5,00E-02	99,580	99,58	0,99	7,13E-05
	PC 2	1,12E-05	99,580	99,58		
	PC 3	8,70E-06	99,580	99,58		
	PC 4	6,44E-06	99,580	99,58		
Pasta cobertura MDD	PC 1	5,35E-02	99,580	99,58	0,88	9,45E-05
	PC 2	1,71E-03	99,580	99,58		
	PC 3	1,75E-04	99,580	99,58		
	PC 4	3,43E-05	99,580	99,58		
	PC 5	1,83E-05	99,580	99,58		
	PC 6	1,38E-05	99,580	99,58		
Lacasito natural MCDO	PC 1	9,00E-02	99,580	99,58	0,98	5,74E-05
	PC 2	2,23E-04	99,580	99,58		
	PC 3	1,86E-04	99,580	99,58		
	PC 4	3,43E-05	99,580	99,58		
	PC 5	2,36E-05	99,580	99,58		
	PC 6	4,56E-06	99,580	99,58		
Pasta chocolate negro lecitina girasol	PC 1	4,96E-02	99,580	99,58	0,98	4,96E-05
	PC 2	1,47E-04	99,580	99,58		
	PC 3	8,76E-05	99,580	99,58		
	PC 4	2,27E-05	99,580	99,58		
	PC 5	1,19E-05	99,580	99,58		
	PC 6	7,16E-06	99,580	99,58		
Aglomerado instantáneo E2	PC 1	6,02E-02	99,580	99,58	0,99	3,27E-05
	PC 2	9,65E-05	99,580	99,58		
	PC 3	8,45E-06	99,580	99,58		
	PC 4	4,26E-06	99,580	99,58		
	PC 5	2,61E-06	99,580	99,58		
Pasta 70% cacao B	PC 1	3,88E-02	99,580	99,58	0,99	9,31E-06
	PC 2	6,13E-05	99,580	99,58		
	PC 3	1,50E-05	99,580	99,58		
	PC 4	5,58E-06	99,580	99,58		
	PC 5	4,34E-06	99,580	99,58		
	PC 6	2,87E-06	99,580	99,58		
Concentrado proteico semilaborado	PC 1	3,20E-02	99,580	99,58	0,99	1,17E-04
	PC 2	3,23E-05	99,580	99,58		
	PC 3	1,87E-05	99,580	99,58		

Tabla 6-Resultados PCA de modelos cualitativos de producto terminado(continuación).

Mezcla barraita yogur Bimanan	PC 1	2,86E-02	99,580	99,58	0,96	1,14E-05
	PC 2	5,11E-04	99,580	99,58		
	PC 3	3,59E-05	99,580	99,58		
	PC 4	1,61E-05	99,580	99,58		
	PC 5	2,75E-06	99,580	99,58		
	PC 6	1,39E-06	99,580	99,58		
Pasta blanca Lacasito (lecitina)	PC 1	5,39E-02	99,580	99,58	0,98	1,99E-05
	PC 2	9,91E-05	99,580	99,58		
	PC 3	9,19E-05	99,580	99,58		
	PC 4	1,94E-05	99,580	99,58		
	PC 5	1,66E-05	99,580	99,58		
	PC 6	5,03E-06	99,580	99,58		
Pasta chocolate negro 48%	PC 1	4,43E-02	99,580	99,58	0,99	1,32E-05
	PC 2	7,16E-05	99,580	99,58		
	PC 3	1,26E-05	99,580	99,58		
	PC 4	6,70E-06	99,580	99,58		
	PC 5	4,78E-06	99,580	99,58		
	PC 6	1,79E-06	99,580	99,58		
Mezcla cacahuete color almidón	PC 1	6,74E-02	99,580	99,58	0,99	4,89E-05
	PC 2	1,18E-04	99,580	99,58		
	PC 3	3,81E-05	99,580	99,58		
	PC 4	1,30E-05	99,580	99,58		
	PC 5	9,23E-06	99,580	99,58		
Concentrado chocolate Komplet	PC 1	3,23E-02	99,580	99,58	0,95	8,18E-05
	PC 2	5,44E-04	99,580	99,58		
	PC 3	1,45E-05	99,580	99,58		
Pasta mazapán frutas	PC 1	2,84E-02	99,580	99,58	0,98	2,44E-05
	PC 2	8,12E-05	99,580	99,58		
	PC 3	1,65E-05	99,580	99,58		
	PC 4	8,64E-06	99,580	99,58		
	PC 5	4,45E-06	99,580	99,58		
Pasta extrafina Lacasito vainillina nata	PC 1	5,10E-02	99,580	99,58	0,99	2,16E-05
	PC 2	6,70E-05	99,580	99,58		
	PC 3	1,31E-05	99,580	99,58		
	PC 4	9,23E-06	99,580	99,58		
	PC 5	6,66E-06	99,580	99,58		
Pasta praliné crema catalana	PC 1	4,89E-02	99,580	99,58	0,99	5,80E-05
	PC 2	7,30E-05	99,580	99,58		
	PC 3	4,36E-05	99,580	99,58		
	PC 4	1,72E-05	99,580	99,58		
	PC 5	7,68E-06	99,580	99,58		
	PC 6	5,11E-06	99,580	99,58		

Tabla 6-Resultados PCA de modelos cualitativos de producto terminado(continuación).

Crema cacahuete contenedor	PC 1	3,16E-02	99,580	99,58	0,98	1,47E-04
	PC 2	1,93E-04	99,580	99,58		
	PC 3	3,49E-05	99,580	99,58		
	PC 4	3,24E-05	99,580	99,58		
Pasta taza	PC 1	6,33E-02	99,580	99,58	0,99	4,41E-05
	PC 2	5,94E-05	99,580	99,58		
	PC 3	1,04E-05	99,580	99,58		
	PC 4	8,06E-06	99,580	99,58		
	PC 5	5,66E-06	99,580	99,58		
	PC 6	4,39E-06	99,580	99,58		
Pasta MZ coco Marcona	PC 1	2,63E-02	99,580	99,58	0,94	1,40E-04
	PC 2	5,37E-04	99,580	99,58		
	PC 3	5,75E-05	99,580	99,58		
	PC 4	3,64E-05	99,580	99,58		
Mezcla dragees chupa chups	PC 1	1,02E-01	99,580	99,58	0,98	1,05E-04
	PC 2	3,64E-04	99,580	99,58		
	PC 3	8,59E-05	99,580	99,58		
	PC 4	4,77E-05	99,580	99,58		
	PC 5	4,61E-05	99,580	99,58		
	PC 6	1,70E-05	99,580	99,58		
Cobertura vegetal blanca- SP	PC 1	4,70E-02	99,580	99,58	0,99	3,61E-05
	PC 2	1,89E-05	99,580	99,58		
	PC 3	1,64E-05	99,580	99,58		
	PC 4	6,47E-06	99,580	99,58		
	PC 5	5,30E-06	99,580	99,58		
	PC 6	3,94E-06	99,580	99,58		
Pasta cobertura N2 conguito 31%	PC 1	6,04E-02	99,580	99,58	0,97	1,11E-04
	PC 2	6,01E-04	99,580	99,58		
	PC 3	1,70E-04	99,580	99,58		
	PC 4	5,81E-05	99,580	99,58		
	PC 5	4,00E-05	99,580	99,58		
	PC 6	2,34E-05	99,580	99,58		
Pasta blanca Lacasito	PC 1	1,01E-01	99,580	99,58	0,96	2,82E-04
	PC 2	5,99E-04	99,580	99,58		
	PC 3	1,26E-04	99,580	99,58		
	PC 4	1,10E-04	99,580	99,58		
	PC 5	5,57E-05	99,580	99,58		
	PC 6	2,60E-05	99,580	99,58		

Tabla 6-Resultados PCA de modelos cualitativos de producto terminado(continuación).

Crema conguito contenedor	PC 1	4,97E-02	99,580	99,58	0,98	8,66E-05
	PC 2	2,09E-04	99,580	99,58		
	PC 3	9,29E-05	99,580	99,58		
	PC 4	4,85E-05	99,580	99,58		
	PC 5	3,97E-05	99,580	99,58		
	PC 6	8,67E-06	99,580	99,58		
Pasta 85% cacao Lacasa	PC 1	5,36E-02	99,580	99,58	0,95	5,72E-05
	PC 2	5,94E-04	99,580	99,58		
	PC 3	1,36E-04	99,580	99,58		
	PC 4	3,55E-05	99,580	99,58		
	PC 5	2,06E-05	99,580	99,58		
	PC 6	1,24E-05	99,580	99,58		
Chocolate extra negro IB.C50202	PC 1	6,76E-02	99,580	99,58	0,99	5,15E-05
	PC 2	7,17E-05	99,580	99,58		
	PC 3	3,98E-05	99,580	99,58		
	PC 4	2,54E-05	99,580	99,58		
	PC 5	9,78E-06	99,580	99,58		
	PC 6	6,92E-06	99,580	99,58		
Mezcla cacao soluble Lacasa	PC 1	4,31E-02	99,580	99,58	0,99	2,49E-05
	PC 2	6,61E-05	99,580	99,58		
	PC 3	4,69E-06	99,580	99,58		
	PC 4	2,72E-06	99,580	99,58		
Chocolate blanco 26% cacao IB.C50216	PC 1	3,89E-02	99,580	99,58	0,99	1,27E-05
	PC 2	8,07E-06	99,580	99,58		
	PC 3	6,26E-06	99,580	99,58		
	PC 4	3,62E-06	99,580	99,58		
	PC 5	2,16E-06	99,580	99,58		
	PC 6	1,73E-06	99,580	99,58		
Pasta cacao 70%	PC 1	5,34E-02	99,580	99,58	0,99	2,26E-05
	PC 2	5,29E-05	99,580	99,58		
	PC 3	9,72E-06	99,580	99,58		
	PC 4	8,11E-06	99,580	99,58		
	PC 5	3,88E-06	99,580	99,58		
	PC 6	3,01E-06	99,580	99,58		
Pasta chocolate taza	PC 1	5,01E-02	99,580	99,58	0,99	1,42E-05
	PC 2	2,27E-05	99,580	99,58		
	PC 3	9,33E-06	99,580	99,58		
	PC 4	3,58E-06	99,580	99,58		
	PC 5	2,53E-06	99,580	99,58		
	PC 6	1,30E-06	99,580	99,58		

Tabla 7-Especificaciones técnicas de MMPP.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MMPP	
<p style="text-align: center;">AZÚCAR</p> <p style="text-align: center;">Sacarosa purificada y cristalizada de calidad sana, limpia y comercial de remolacha.</p> <p style="text-align: center;">Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Granulometría (300-800 micras) • Inspección visual • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto)  <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco</p> <p>Envase y embalaje Cisterna/sacos de 25Kg</p>	<p style="text-align: center;">LECHE 1%</p> <p style="text-align: center;">Producto seco y pulverulento obtenido de la deshidratación de la leche natural desnatada</p> <p style="text-align: center;">Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-5%) • pH (6-7) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Listeria (0=<10) • E. Coli (0=<10) • Enterobacterias (0=<10) • Colifomes (0=<10) • Aerobios totales (0=<10) • Staphylococcus Aureus (0=<10) • Salmonella 250g  <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco, oscuro y seco</p> <p>Envase y embalaje Sacos de 25Kg</p>
<p style="text-align: center;">LECHE 26%</p> <p style="text-align: center;">Producto seco y pulverulento obtenido de la deshidratación de la leche desnatada entera</p> <p style="text-align: center;">Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-5%) • pH (6-7) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Listeria (0=<10) • E. Coli (0=<10) • Enterobacterias (0=<10) • Colifomes (0=<10) • Aerobios totales (0=<10) • Staphylococcus Aureus (0=<10) • Salmonella 250g  <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco, oscuro y seco Evitar lugares con T^a>30°C</p> <p>Envase y embalaje Sacos de 25Kg</p>	<p style="text-align: center;">LACTOSA EN POLVO</p> <p style="text-align: center;">Azúcar natural de la leche constituida por una molécula de glucosa y una de galactosa</p> <p style="text-align: center;">Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-2%) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Listeria (0=<10) • E. Coli (0=<10) • Enterobacterias (0=<10) • Colifomes (0=<10) • Aerobios totales (0=<10) • Staphylococcus Aureus (0=<10) • Salmonella 250g • Lactosa  <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco, oscuro y seco</p> <p>Envase y embalaje Sacos de 25Kg</p>
<p style="text-align: center;">PASTA DE CACAO LIQUIDA</p> <p style="text-align: center;">Semillas fermentadas de Theobroma Cacao que son desprovistas de su cáscara y tostadas. Por mouturación se obtiene la pasta de cacao</p> <p style="text-align: center;">Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH (5,2-6) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Microbiología (IT.206-03) • Colorimetría (L*a*b=dE)  <p>Almacenamiento Depósito 50°C</p> <p>Envase y embalaje Cisterna/ Cajas</p>	<p style="text-align: center;">MANTECA DE CACAO</p> <p style="text-align: center;">Semillas fermentadas de Theobroma Cacao desprovistas de cascara y tostadas. Por prensado se obtiene la manteca de cacao</p> <p style="text-align: center;">Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acidez (0-1,75) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto)  <p>Almacenamiento Depósito 50°C (sólido)/ Temperatura ambiente (líquido)</p> <p>Envase y embalaje Cisterna/ Cajas</p>

Tabla 7-Especificaciones técnicas de MMPP (continuación).

<p>HARINA DE ARROZ</p> <p>Producto obtenido por molturación de granos de arroz partido (<i>Oriza sativa</i> L.) sano y seco, industrialmente limpio y exento de aditivos, desprovisto del salvado y del germen.</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-15%) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Microbiología (IT.206-03) • Ausencia de plagas • Gluten (<20ppm) <p>Almacenamiento Envase y embalaje</p> <p>Conservar en lugar oscuro, sin olores extraños, fresco (máx. 25°C) y seco (60% humedad).</p> <p>Sacos de 25Kg</p> 	<p>TURTO ALCALINO</p> <p>Las semillas fermentadas de Theobroma Cacao son desprovistas de su cáscara, alcalinizadas y tostadas. Por molturación se obtiene la pasta de cacao que se prensa y se obtiene tortas desgrasadas. La torta se moltura y se obtiene el cacao en polvo alcalinizado</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-4,5%) • pH (6,5-7,1) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Microbiología (IT.206-03) <p>Almacenamiento Envase y embalaje</p> <p>Conservar en lugar fresco, seco y sin olores extraños</p> <p>Sacos de 25Kg</p> 
<p>PISTACHO CRUDO</p> <p>Fruto del pistachero, sin cascara, con piel, crudo</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-6%) • Acidez (0-1) • Calibre (uds/28,4g) (60-70) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Aflatoxinas (B1+B2+G1+G2) • Control de objetos extraños • Ausencia de plagas <p>Almacenamiento Envase y embalaje</p> <p>Conservar en lugar fresco, seco y sin olores extraños</p> <p>Bolsas de 1Kg a vacío/ 5 kg en cajas de 10 kg.</p> 	<p>NUEZ CRUDA (MITADES)</p> <p>Nueces de nogal seleccionadas, sin cascara, crudas</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-5%) • Acidez (0-1) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Mohos y levaduras (0=<10) • Control de objetos extraños • Ausencia de plagas • % Trozos <p>Almacenamiento Envase y embalaje</p> <p>Conservar en lugar fresco, seco y oscuro</p> <p>Cajas de cartón de 10 kg.</p> 
<p>ARÁNDANO NATURAL</p> <p>Arándano rojo USA entero</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (7-18%) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Control de objetos extraños • Ausencia de plagas <p>Almacenamiento Envase y embalaje</p> <p>Conservar en lugar fresco y seco a max. 10°C</p> <p>Cajas de cartón de 10 kg.</p> 	<p>MANTEQUILLA DESHIDRATADA</p> <p>Grasa láctea concentrada, obtenida de la leche o nata mediante la extracción de agua y los sólidos no grasos</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-0,2%) • Acidez (0-0,4) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Inspección visual <p>Almacenamiento Envase y embalaje</p> <p>Conservar a T=0-5°C</p> <p>Bloques de 25Kg</p> 

Tabla 7-Especificaciones técnicas de MMPP (continuación).

<p>CACAHUETE CRUDO Semilla oleaginosa de la planta de cacahuete</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (5-8%) • Acidez (0-1) • Calibre (uds/28,4g) (06-70) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Alfatoxinas (B1+B2+G1+G2) • Control de objetos extraños • Ausencia de plagas  <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco y seco. Preferiblemente cámara de frío</p> <p>Envase y embalaje Sacos de 25Kg</p>	<p>PIÑA MITAD CONFITADA Piña confitada cortada en mitades</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH (3,6-4,2) • °Brix (71-75) • AW (0-0,75) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Listeria (0=<10) • E. Coli (0=<10) • Enterobacterias (0=<10) • Colifomes (0=<10) • Aerobios totales (0=<10) • Staphylococcus Aureus (0=<10) • Diámetro (60-75) • Calibre (7-10)  <p>Almacenamiento Conservar en lugar seco y fresco</p> <p>Envase y embalaje Cajas de 25Kg</p>
<p>SÉMOLA FINA DE MAÍZ Sémola fina de maíz</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-14,5) • Grasa (0-1) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto)  <p>Almacenamiento Conservar en lugar seco y fresco</p> <p>Envase y embalaje Sacos de 25Kg</p>	<p>SOLCAO N H Aceite vegetal refinado</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acidez (0-,1) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto)  <p>Almacenamiento Conservar a T=15-20°C por encima del P.Fusión (70°C)</p> <p>Envase y embalaje Cisterna de acero inoxidable</p>
<p>CASEINATO DE CALCIO Concentrado proteico obtenido a partir de ultrafiltración de leche desnatada y secado por spray</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto)  <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco, seco y sin olores extraños</p> <p>Envase y embalaje Sacos de 25Kg</p>	<p>ACEITE DE GIRASOL Aceite refinado procedente de las semillas de girasol (<i>Helianthus annuus L.</i>)</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acidez (0-0,2) • Densidad (0,8-0,93) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto)  <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco, seco a T. ambiente</p> <p>Envase y embalaje Garrafas de 25L/ Cisterna</p>

Tabla 7-Especificaciones técnicas de MMPP (continuación).

<p>PASTA ALMD.CALIF.CRUDA</p> <p>Producto semilíquido de aspecto untuoso, obtenido a partir de almendra californiana cruda y molidas</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acidez (0-0,2) • Humedad (0-2) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Aflatoxinas (B1+B2+G1+G2) • Control de objetos extraños • Ausencia de plagas • Espesor (0-30micras)  <p>Almacenamiento Conservar a 6-14°C y <65% HR</p> <p>Envase y embalaje Contenedores de 1000Kg</p>	<p>PASTA ALMD.CALIF.TOST.</p> <p>Producto semilíquido de aspecto untuoso, obtenido a partir de almendra californiana tostada y molidas</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acidez (0-0,2) • Humedad (0-2) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Aflatoxinas (B1+B2+G1+G2) • Control de objetos extraños • Ausencia de plagas • Espesor (0-30micras)  <p>Almacenamiento Conservar a 6-14°C y <65% HR</p> <p>Envase y embalaje Contenedores de 1000Kg</p>
<p>ALMD.CALIF.30/32 PIEL BUTTE</p> <p>Fruto del árbol del almendro de la variedad californiana</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acidez (0-1) • Humedad (0-6) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Aflatoxinas (B1+B2+G1+G2) • Control de objetos extraños • Tamaño grano (A.M) • Ausencia de plagas • Sin mezcla de especies • % Trozos  <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco y seco. Preferiblemente en cámara de frío</p> <p>Envase y embalaje Sacos de 25Kg/ Big bags de 500Kg o 1000Kg</p>	<p>LIMON CONFITADO DISCO</p> <p>Limón confitado con pepitas cortado en discos</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH (3,6-4,2) • °Brix (71-75) • AW (0-0,75) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Listeria (0=<10) • E. Coli (0=<10) • Enterobacterias (0=<10) • Colifomes (0=<10) • Aerobios totales (0=<10) • Staphylococcus Aureus (0=<10) • Diámetro (60-75) • Calibre (7-10)  <p>Almacenamiento Conservar en lugar seco y fresco</p> <p>Envase y embalaje Cajas de 25Kg</p>
<p>AVELLANA CRUDA S/12</p> <p>Fruto seco del árbol avellano</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acidez (0-1) • Humedad (0-6,5) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Aflatoxinas (B1+B2+G1+G2) • Control de objetos extraños • Tamaño grano (A.M) • Ausencia de plagas  <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco y seco. Preferiblemente en cámara de frío</p> <p>Envase y embalaje Sacos de 25Kg</p>	<p>PASAS</p> <p>Fruto obtenido de la desecación del grano de uva (Vitis vinifera L.), de la variedad Sultanina (sin semilla).</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • °Brix (78-85) • Recuento en 10g (26-36) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Octratoxinas (<2ppb) • Control de objetos extraños • Ausencia de plagas  <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco, oscuro y seco</p> <p>Envase y embalaje Cajas de 10Kg</p>

Tabla 7-Especificaciones técnicas de MMPP (continuación).

<p>ALMD.CALIF.CRUDA Fruto del árbol del almendro de la variedad californiana y desprovista de piel por un proceso industrial</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-6%) • Acidez (0-1) • Tamaño de grano (A.M) (23-25) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Control de objetos extraños • Ausencia de plagas • Sin mezclas de especies • % Trozos <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco y seco. Preferiblemente en cámara de frío</p> <p>Envase y embalaje Sacos de 25Kg/ Big bags de 500Kg o 1000Kg</p>	<p>ANACARDO REPELADO 3/20 Fruto obtenido del árbol tropical Anacardium, desprovisto de su cascara y de su piel</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (0-6%) • Acidez (0-1) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Aflatoxinas (B1+B2+G1+G2) • Control de objetos extraños • Ausencia de plagas <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco, seco y son olores</p> <p>Envase y embalaje Cajas de 25Kg</p>
<p>CACAH.CRUD.PIEL RUNNER 40-50PZ Semilla oleaginoso de la planta de cacahuete, variedad Runner</p> <p>Análisis F&Q</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad (5-8%) • Acidez (0-1) • Calibre (uds/28,4g) (40-50) • Organoléptico (Color, Sabor, Olor, Aspecto) • Aflatoxinas (B1+B2+G1+G2) • Control de objetos extraños • Ausencia de plagas <p>Almacenamiento Conservar en lugar fresco y seco. Preferiblemente en cámara de frío</p> <p>Envase y embalaje Sacos de 25Kg/ Big bags de 500Kg</p>	