



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

MASTER OFICIAL EN BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA

**“ESTUDIO DE LA TEXTURA DE 3
QUESOS AZULES ASTURIANOS.
ANÁLISIS INSTRUMENTAL Y
ORGANOLÉPTICO”**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN POR
SERGIO FERNÁNDEZ ÁLVAREZ**

JULIO, 2.013





Master en Biotecnología Alimentaria
Universidad de Oviedo
C/Julián Clavería s/n. 33071 Oviedo. España
Tel. 985106226. Fax 985103434. <http://www.unioviado.es/MBTA>



PROFESOR TUTOR:

Dr. D. Benjamín Paredes (Universidad de Oviedo)

CERTIFICA:

Que D. **Sergio Fernández Álvarez** ha realizado bajo mi dirección el Trabajo Fin de Máster al que corresponde la presente memoria en el contexto de los estudios del Máster Universitario en Biotecnología Alimentaria, 7ª promoción curso 2012-2013.

Oviedo, 17 de julio de 2013

D. Benjamín Paredes

VºBº

Mario Díaz Fernández

Coordinador del Máster en Biotecnología Alimentaria

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer la colaboración, la ayuda y el apoyo constante hacia mi persona durante la realización del presente trabajo de investigación a las personas citadas a continuación:

Al Dr. Benjamín Paredes por su total disposición e implicación en el buen desarrollo y realización de este trabajo; así como su fundamental aportación de experiencia y conocimientos en la materia estudiada.

A la Dra. Amanda Laca por su ayuda incalculable en el laboratorio en la realización de los análisis instrumentales.

A mi familia por darme siempre la confianza y el apoyo necesarios en las decisiones tomadas.

A los integrantes del panel de cata: Derek Amorós, Miriam Beltrán, Javier Bobadilla, Cristina Casal, Cristina Cuervo, Lidia Rodrigo y María Suárez por su participación desinteresada en las evaluaciones organolépticas.

En general, a todas aquellas personas que me hayan servido de apoyo y ayuda en la realización de esta memoria: muchas gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABLAS	V
1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO	1
1.1 Introducción	2
1.2 Objetivos	3
2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS	5
2.1 Propiedades organolépticas	6
2.2 La textura	8
2.3 La evaluación organoléptica	10
2.4 Los quesos azules de Asturias	12
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	18
3.1 Análisis instrumental de la textura	19
3.2 Análisis de humedad y pH	22
3.3 Análisis organoléptico de la textura	24
3.4 Seguimiento de la evolución de los quesos	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1 Resultados y discusión: queso Cabrales	28
4.2 Resultados y discusión: queso Gamonéu	31
4.3 Resultados y discusión: queso La Peral	35

4.4	Comparativa de resultados entre los diferentes quesos	37
4.5	Resultados y discusión de la evaluación organoléptica	40
5.	CONCLUSIONES	45
5.1	Conclusiones	46
6.	NOMENCLATURA	47
6.1	Abreviaturas	48
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	49
8.	APÉNDICES	54

RESUMEN

Se ha estudiado la evolución de la textura en los quesos de las denominaciones de origen Cabrales y Gamonéu y el de la marca La Peral. Estos tres quesos son quesos azules producidos íntegramente en el Principado de Asturias. El proyecto ha permitido estudiar la evolución de la citada cualidad en un plazo de 35 días desde la apertura del envase muestreando una vez cada 11 días aproximadamente; el seguimiento se realizó por vía instrumental mediante medidas de parámetros texturales mecánicos (dureza y adhesividad) y por cata organoléptica. Se determinó asimismo la humedad y pH de las muestras por los efectos que estos parámetros pueden ejercer sobre la textura.

Los resultados obtenidos confirman que existe una estrecha relación entre la dureza, la humedad y la adhesividad en los quesos estudiados, resultando que la variedad de queso de menos dureza posee los valores mayores de humedad y adhesividad y viceversa, y obteniéndose algunas relaciones matemáticas lineales entre las distintas variables estudiadas a lo largo del tiempo para cada tipo de queso. Asimismo, se observa una diferente evolución del pH en el queso de La Peral, achacable a su proceso de fabricación industrializado. En relación con las medidas organolépticas, y como era de esperar, se destaca que el panel evalúa con mejor precisión las diferencias producidas con el tiempo en los quesos azules duros que en los blandos.

ABSTRACT

The evolution of texture has been studied for cheeses designations of origin Gamonéu and Cabrales and for La Peral brand. These three blue cheeses are produced entirely in the Principality of Asturias. The project has allowed us to study the evolution of that quality in a period of 35 days from the opening of the container sampled once every 11 days or so, the monitoring was done via instrumental by mechanical measures textural parameters (hardness and adhesiveness) and organoleptic tasting. It was also determined moisture and pH of the samples by the effects that these parameters can have on the texture.

The results obtained confirm that there is a close relationship between the hardness, adhesiveness and moisture in the cheeses studied, resulting in the variety of cheese which has less hardness values has greater moisture and adhesiveness and vice versa, obtaining some linear mathematical relationships between the different variables studied over time for each type of cheese. Also, there is a different variation of the pH in the cheese of La Peral, attributable to its industrial manufacturing process. Regarding organoleptic measures, and as expected, it is stressed that the panel evaluates with better accuracy the differences produced over time in hard blue cheeses than in the soft.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de las propiedades organolépticas.....	6.
Figura 2. Zona de elaboración de queso Cabrales.....	12.
Figura 3. Queso Cabrales.....	13.
Figura 4. Aspecto comercial del queso Cabrales.....	14.
Figura 5. Zona de elaboración del queso Gamonéu.....	14.
Figura 6. Aspecto exterior del queso Gamonéu.....	15.
Figura 7. Zona de elaboración del queso La Peral.....	16.
Figura 8. Aspecto del queso La Peral.....	17.
Figura 9. Analizador TA.XTplus.....	20.
Figura 10. Sonda esférica.....	20.
Figura 11. Desecador de laboratorio.....	22.
Figura 12. Cápsulas de acero.....	23.
Figura 13. pH-metro portátil y soluciones de calibración.....	23.
Figura 14. Plantilla para puntuar la textura de los quesos.....	25.
Figura 15. Resultados de dureza vs adhesividad instrumentales en queso Cabrales.....	29.
Figura 16. Relación de dureza y adhesividad en queso Cabrales.....	29.
Figura 17. Resultados de dureza instrumental vs humedad en queso Cabrales.....	30.
Figura 18. Relación de dureza instrumental y humedad en queso Cabrales.....	30.
Figura 19. Resultados de adhesividad instrumental vs humedad en queso Cabrales.....	31.
Figura 20. Relación de adhesividad instrumental y humedad en queso Cabrales...	31.

Figura 21. Resultados de dureza instrumental vs humedad en queso Gamonéu.....	33.
Figura 22. Relación de dureza instrumental y humedad en queso Gamonéu.....	33.
Figura 23. Resultados de adhesividad instrumental vs humedad en queso Gamonéu.....	34.
Figura 24. Relación de adhesividad instrumental y humedad en queso Gamonéu.....	34.
Figura 25. Resultados de dureza instrumental vs humedad en queso La Peral.....	36.
Figura 26. Relación de dureza instrumental y humedad en queso La Peral.....	36.
Figura 27. Evolución de la dureza instrumental en los tres quesos.....	37.
Figura 28. Evolución de la adhesividad instrumental en los tres quesos.....	38.
Figura 29. Evolución de la humedad en los tres quesos.....	39.
Figura 30. Evolución del pH en los tres quesos.....	39.
Figura 31. Resultados de dureza instrumental vs organoléptica en queso Gamonéu.....	41.
Figura 32. Resultados de adhesividad instrumental vs organoléptica en queso Gamonéu.....	41.
Figura 33. Relación de adhesividad instrumental y organoléptica en queso Gamonéu.....	42.
Figura 34. Resultados de dureza organoléptica de los tres quesos.....	43.
Figura 35. Resultados de adhesividad organoléptica en los tres quesos.....	43.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones de los parámetros mecánicos de textura (Szczeniak, 2002).....	9.
Tabla 2. Fechas de realización de los análisis instrumentales y las evaluaciones organolépticas.....	26.
Tabla 3. Parámetros texturométricos y químicos obtenidos para el queso Cabrales en función del tiempo.....	28.
Tabla 4. Parámetros texturométricos y químicos obtenidos para el queso Gamonéu en función del tiempo.....	32.
Tabla 5. Parámetros texturométricos y químicos obtenidos para el queso La Peral en función del tiempo.....	35.
Tabla 6. Resultados organolépticos del queso Cabrales.....	40.
Tabla 7. Resultados organolépticos del queso Gamonéu.....	41.
Tabla 8. Resultados organolépticos del queso La Peral.....	41.

1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

1.1 Introducción.

La elaboración de quesos se inició en torno al año 5.000 a.C. coincidiendo con la domesticación de la oveja. Por lo tanto ha sufrido una evolución a lo largo de los siglos hasta originar la variedad de producto que existe en la actualidad; esta variedad genera una gran cantidad de quesos diferentes y en algunos casos muy difíciles de comparar. La textura es una característica de los alimentos que ha tomado relevancia en los últimos años, ya que previamente no se le daba la importancia de otros factores como pueden ser el sabor, el olor o el aroma.

Los inicios en el estudio de la textura se remontan a la científica polaca A.S. Szczesniak, quien reparó en la esencia multiparamétrica de la textura y en su importancia para el consumidor. Fue esta científica la que desarrolló los Análisis de Perfil de Textura (TPA) y por tanto la caracterización instrumental y sensorial de la textura se simplificó y evolucionó enormemente hasta la actualidad. También la investigación en crear instrumentos más sofisticados en este tipo de mediciones, como texturómetros y reómetros, ha supuesto avances y una mayor divulgación de los análisis texturales de alimentos.

La textura se relaciona con la respuesta del sentido del tacto a los estímulos que resultan de la entrada en contacto del alimento con alguna parte del cuerpo humano; también se relacionan con la textura ciertos sonidos (principalmente en alimentos crujientes) y algunos movimientos (flujos y movimientos del alimento) que influyen directamente en la percepción por parte del consumidor.

Desde un punto de vista teórico es más adecuado referirse a la textura como un conjunto de “propiedades texturales” en vez de referirse a ella como un concepto individual; ya que para definirla se necesita un grupo de propiedades que la caracteriza. Entre estas propiedades destacan la dureza, la adhesividad, la elasticidad y la cohesión.

Los conceptos teóricos de estos parámetros se detallan a continuación (Bourne 2002):

- Dureza: fuerza requerida para lograr un cierto grado de deformación en el queso.
- Adhesividad: trabajo requerido para extender el queso a partir de la superficie, aumenta con el aumento de la capacidad de las proteínas para retener el agua. También se conoce como viscosidad.

- Elasticidad: altura recuperada por la muestra de queso en el tiempo transcurrido entre la segunda y la primera mordida.
- Cohesión: relación existente entre el área que se obtiene a partir de la segunda y la primera curva de compresión del queso.

Por tanto, relacionando estos conceptos junto a otras propiedades sensoriales del alimento puede obtenerse una definición teórica de las llamadas “propiedades texturales” (en adelante referidas como “textura”): “Las propiedades texturales son un grupo de características físicas que surgen de los elementos estructurales del alimento, son detectadas principalmente por el sentido de tacto, están relacionadas con la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo una fuerza, y son medidas objetivamente por funciones de masa, tiempo y distancia” (Bourne 2002).

La importancia de este factor se basa en conferir unas características al alimento que lo hacen fácilmente identificable y que suelen generar rechazo si no se adapta al patrón estándar tomado como referencia para ese tipo de productos; por lo que es interesante desde el punto de vista de la industria buscar fórmulas para ofrecer productos con unas características texturales lo más próximas posibles e inalterables con el paso del tiempo.

Para la realización de este trabajo se parte de los estudios llevados a cabo en texturometría de otros quesos azules e inexistentes para los quesos azules estudiados en este proyecto; por lo cual la información inicial es escasa ya que los tres quesos seleccionados tienen un lugar de origen muy específico y un área de comercialización bastante limitada.

1.2 Objetivos

Este trabajo se centra en el estudio de tres quesos azules producidos en el Principado de Asturias: Cabrales, Gamonéu y La Peral, analizando por vía instrumental y organoléptica la evolución de las características texturales de cada uno de ellos en un período de 35 días.

El primer objetivo y la base para la realización de este trabajo es la familiarización con el equipo instrumental, concretamente el texturómetro, de reciente adquisición y

ubicado en el Laboratorio de Tecnología Alimentaria del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Oviedo en el edificio de servicios científico-técnicos Severo Ochoa.

Una vez llevada a cabo esta etapa, los objetivos de investigación propiamente dichos son:

- Análisis instrumental de la evolución de la textura de los tres quesos en un período de tiempo de 35 días.
- Evaluación organoléptica de los tres quesos por un panel de cata a lo largo del mismo período de tiempo.
- Comparar los diferentes resultados texturales obtenidos para cada queso y establecer relaciones de comportamiento entre los mismos.

2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

2.1 Propiedades organolépticas

En la elección del consumidor las características más importantes de los alimentos vienen dadas por sus propiedades organolépticas, es decir, aquellas que son captadas a través de los sentidos.

En el conocimiento sensorial de un alimento, se pueden destacar cinco atributos: color, sabor, olor, textura y flavor. Los primeros se pueden considerar la respuesta de un órgano sensorial concreto, mientras que en el último interviene una asociación de dichos órganos. Estos cinco atributos vienen a ser la base de las propiedades organolépticas (J. Bello Gutiérrez, 2000). Estas características hacen que el consumidor se decante por un alimento u otro; todas ellas tienen cierto componente subjetivo, ya que pequeños cambios en algunos de estos componentes resultan muchas veces determinantes en su grado de aceptación.

Las propiedades organolépticas vienen dadas por el conjunto de estímulos que interactúan con los receptores del analizador, es decir, los sentidos. Dicho receptor transforma la energía que actúa sobre él en un proceso nervioso que se transmite a través de los nervios aferentes hasta los sectores corticales del cerebro, allí se producen las diferentes sensaciones: color, forma, tamaño (las tres primeras constituyen el aspecto), aroma, olor, gusto, textura y sabor.

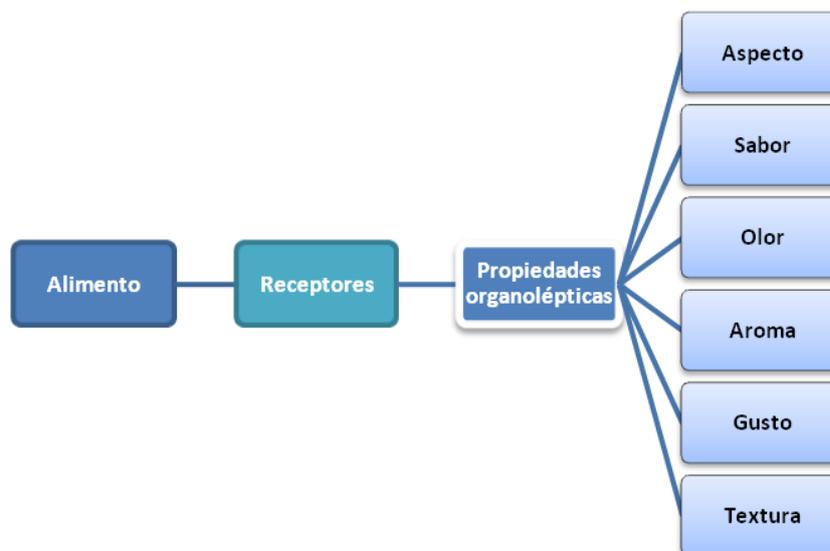


Figura 1. Esquema general de las propiedades organolépticas.

Las definiciones de algunos de los atributos y de las propiedades organolépticas comentados anteriormente son:

- **Color:** propiedad que se aprecia por el sentido de la vista cuando le estimula la luz reflejada por un alimento, el cual contiene muchas sustancias con grupos cromóforos capaces de absorber parte de sus radiaciones luminosas, dentro de unas determinadas longitudes de onda.
- **Sabor:** es la sensación recibida en respuesta al estímulo provocado por sustancias químicas solubles sobre las papilas gustativas, combina el olor, el aroma y el gusto.
- **Olor:** es el conjunto de sensaciones que se producen en el epitelio olfativo, localizado en la parte superior de la cavidad nasal, cuando es estimulado por determinadas sustancias químicas volátiles presentes y liberadas en el alimento.
- **Aroma:** consiste en la percepción de compuestos olorosos y aromáticos de un alimento después de haberse introducido en la boca. Estas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a los centros sensores del olfato.
- **Gusto:** es el sabor básico de un alimento (ácido, dulce, amargo...). Es una propiedad detectada por la lengua.
- **Textura:** es la propiedad organoléptica que resulta de la disposición y combinación entre sí de elementos estructurales y diversos componentes químicos, dando lugar a unas micro y macroestructuras, definidas por diversos sistemas fisicoquímicos.
- **Flavor:** es el conjunto de percepciones constituidas por estímulos olfatogustativos, táctiles y cinestéticos, que permite caracterizar lo específico de un alimento.

En contraste con otras propiedades sensoriales comentadas anteriormente, la textura no tiene receptores específicos debido a su naturaleza multivariable.

Algunas de las características texturales son percibidas primeramente por el sentido del tacto, es decir, cómo se siente el alimento en las manos, pero sobretudo en la boca, concretamente cuando el alimento se deforma al ser masticado con los dientes, manipulado y movido por la lengua alrededor de la cavidad oral, a la vez que mezclado con la saliva, de manera que forma un bolo (A.C. Roudot, 2004).

El sentido de la vista se utiliza para evaluar el espesor del alimento, el grado de consistencia, etc. El sentido del oído es importante para la determinación de si el alimento es muy crujiente o poco crujiente. Sin embargo, el sentido del tacto es más utilizado que la combinación de los otros sentidos para detectar las propiedades texturales de los alimentos.

Por tanto, un gran número de tejidos y receptores están involucrados en la percepción de la textura. Estos receptores notan las sensaciones relacionadas con la textura como son tacto/presión, posición de la unión, sonidos, etc. De manera que toda la información registrada por estos receptores se lleva instantáneamente al sistema central nervioso y de allí al cerebro.

2.2 La textura

El estudio de la textura empezó a mediados del siglo XIX y principios del XX donde varios científicos fueron capaces de desarrollar instrumentos simples para sus ensayos con alimentos. Pero no fue hasta 1950, cuando se empieza a considerar la textura como un tema científico propiamente dicho (Szczesniak, 2002).

Actualmente, el campo de estudio dispone de principios desarrollados, conocimientos, etc. y se considera la textura como un atributo de calidad positivo, excelente para la preparación de alimentos y que contribuye al placer de comer.

Como se ha explicado en la introducción, la textura es un atributo multivariable, y para poder entenderla es importante definir las propiedades texturales, así como sus magnitudes, lo cual no resulta tarea sencilla. Por tanto, es necesaria una nomenclatura internacional estándar para asegurar que todas las investigaciones llevadas a cabo en diferentes países se refieren a las mismas propiedades. Las complicaciones para esta estandarización surgen porque algunas palabras al realizar su traducción a otra lengua no siempre son equivalentes, es decir, se usa otra palabra distinta.

Una de las pioneras en el desarrollo de la definición de las propiedades de textura basado en propiedades físicas fue la antes citada Szczesniak, quien intentó clasificar las propiedades mecánicas de la textura de la siguiente manera (ver Tabla 1):

Tabla 1. Definiciones de los parámetros mecánicos de textura (Szczesniak, 2002).

Propiedades primarias	Físicas	Sensoriales
Dureza	Fuerza necesaria para alcanzar una deformación dada.	Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre los molares (en caso de sólidos) o entre la lengua y el paladar (en el caso de semisólidos).
Cohesividad	Extensión a la que un material puede ser deformado antes de que rompa.	Grado en que una sustancia es comprimida entre los dientes antes de romper.
Viscosidad	Velocidad de flujo por unidad de fuerza.	Fuerza requerida para llevar un líquido del utensilio a la lengua.
Elasticidad	Velocidad a la que un material deformado vuelve a su condición inicial después de que la fuerza que causa la deformación es retirada.	Grado en que un producto vuelve a su forma original una vez ha sido comprimido entre los dientes.
Adhesividad	Trabajo necesario para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales con los que el alimento entra en contacto.	Fuerza requerida para eliminar el material que se adhiere a la boca (generalmente al paladar) durante el proceso normal de comer.

Propiedades secundarias	Físicas	Sensoriales
Fracturabilidad	Fuerza con la que un material fractura: es un producto con una alta dureza y un bajo grado de cohesividad.	Fuerza con la que una muestra se desmigaja, agrieta o se hace pedazos.
Masticabilidad	Energía requerida para masticar un alimento sólido hasta el estado adecuado para ser tragado.	Periodo de tiempo requerido para masticar la muestra, a una velocidad constante de fuerza aplicada, para reducirla a una consistencia adecuada para tragar.
Gomosidad	Energía requerida para desintegrar un semisólido a un estado listo para ser tragado: un producto con un bajo grado de dureza y alto grado de cohesividad.	Espesura que persiste durante la masticación; energía requerida para desintegrar un semisólido a un estado adecuado para tragar.

2.3 La evaluación organoléptica

Una evaluación organoléptica consiste en la evaluación de unos parámetros sensoriales mediante valoraciones otorgadas por personas que tienen por objetivo la caracterización de un determinado alimento mediante el uso de sus órganos de los sentidos. Este grupo de personas recibe el nombre de panel de cata (R.J. Marshall, 1990).

Las evaluaciones finales de los productos alimentarios son llevadas a cabo por un panel de catadores que dan una información real de la sensación que causa ese producto en el consumidor final. Estos paneles de cata están influidos por una amplia variabilidad

relacionada con la heterogeneidad propia del ser humano; en la actualidad se forman paneles de cata bastante fiables debido al entrenamiento y mejora constante de los catadores, lo cual conlleva un tratamiento estadístico de los resultados. A pesar de ello los resultados obtenidos de un panel de cata son más complicados de tratar que los extraídos por métodos instrumentales, ya que los resultados aportados, en el caso de la textura por un texturómetro, no se ven influidos por factores subjetivos y variables pudiendo establecerse relaciones más sencillas y directas entre los diferentes parámetros analizados. Esto se debe a la posibilidad de establecer condiciones más estrictamente definidas, controladas y prolongadas en el tiempo mediante las técnicas instrumentales.

Pero, como mínimo, estos paneles de cata siempre son empleados antes de la comercialización de nuevos productos o de productos ya comercializados que sufren alguna innovación para garantizar su aceptación por los consumidores. En la actualidad los seguimientos de los parámetros característicos de los alimentos se realizan por métodos instrumentales, dejándose la evaluación sensorial para decisiones de aceptación/rechazo o para clasificaciones de gustos y preferencias entre productos (ASTM, 2004).

Una razón para realizar ambos tipos de evaluaciones, instrumental y organoléptica, en un mismo alimento es la de establecer algún tipo de relación lo más directa y simple posible que permita unir los resultados de las dos evaluaciones y así poder prescindir, en general, de la sensorial en análisis futuros. Lo más común es la inclusión de una constante organoléptica en los resultados instrumentales que posibilite suprimir la evaluación sensorial en próximos estudios realizados al mismo alimento bajo las mismas condiciones. El objetivo final de evitar la realización rutinaria de paneles de cata es suprimir la variabilidad de sus resultados así como los elevados costes que supone para una empresa la contratación de un panel, a menudo integrado por catadores formados profesionalmente para tal labor. Si la evaluación sensorial es llevada a cabo por un panel de cata no entrenado para tal tesitura, los resultados esperados son más variables y más difíciles de interpretar pero es posible extraer conclusiones más generales y sobre todo, supone un coste económico sustancialmente menor.

2.4 Los quesos azules de Asturias

En el Principado de Asturias se elaboran decenas de quesos diferentes, la mayoría de ellos con un marcado carácter artesanal y una pequeña área de distribución. Probablemente este gran número de quesos diferentes se deba en parte a la orografía del terreno, basada en valles con difícil comunicación entre ellos en el pasado; por lo cual en cada zona se siguió un método de elaboración propio llegando hasta la actualidad dicha forma de elaboración por transmisión oral en la mayor parte de los casos. En las últimas décadas se han tratado de establecer unas bases de regulación y control en la elaboración y comercialización de los diferentes quesos así como figuras de protección que favorezcan la preservación, la divulgación y el conocimiento de los quesos en la sociedad actual. Los quesos del Principado de Asturias que se comercializan bajo Denominación de Origen son: queso Cabrales, queso Gamonéu, queso Afuega'l Pitu, queso Casín y queso de Los Beyos. A parte de estos quesos también gozan de fama otros muchos como por ejemplo los siguientes: queso de Peñamellera, queso de Vidiago, queso de Pría, queso de Oscos, queso Cueva de Llonín y queso Varé, entre otros. Dentro de esta gran variedad de quesos, en Asturias, los azules son los de mayor importancia.

A continuación se detallan las características más relevantes de los tres quesos azules empleados en este estudio: Cabrales, Gamonéu y La Peral.

- **CABRALES**

El queso Cabrales es un queso azul que se elabora de forma artesanal en el Parque Nacional de Picos de Europa; concretamente en los concejos asturianos de Cabrales y Peñamellera Alta, aunque en este último solo en tres pueblos limítrofes con el de Cabrales.

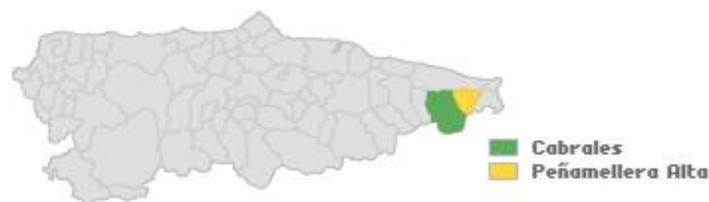


Figura 2. Zona de elaboración de queso Cabrales

Este queso azul cuenta con Denominación de Origen Protegida (D.O.P. en adelante) desde el año 1.981, dependiente de la Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos del Principado de Asturias. Esta D.O.P. regula todas las fases de elaboración del queso, estableciendo a tal efecto el Cabrales como un queso natural elaborado artesanalmente por los propios ganaderos con leche cruda de vaca o con la mezcla de dos o tres tipos de leche: vaca, oveja y/o cabra. La leche usada en la elaboración del queso procede de ganaderías de la zona de producción y registradas y controladas por el Consejo Regulador de la D.O.P.

Una vez el queso ha sido elaborado se transporta a cuevas de montaña en los Picos de Europa donde se deja madurar entre dos y cuatro meses. Estas cuevas mantienen unas condiciones ambientales poco variables, en las cuales la humedad relativa oscila en torno al 90% y la temperatura entre los 8 y 12 grados centígrados. Durante esta etapa de maduración proliferan los hongos del género *Penicillium* favorecidos por las condiciones climáticas de las cuevas, apareciendo con ellos las vetas azul-verdosas características del queso.

Al finalizar el proceso de maduración en cueva los quesos se caracterizan por tener forma cilíndrica, de 7 a 15 centímetros de altura y de 10 a 25 de diámetro, un peso variable entre los 750 gramos y los 4 kilogramos, una corteza blanda y delgada, la pasta es de carácter untuoso sin ojos, la concentración de materia grasa es superior al 45% respecto al extracto seco y una humedad mínima del 30%.



Figura 3. Queso Cabrales (Fuente: www.quesocabrales.org)

Una vez el queso está listo para ser comercializado se envuelve previamente en el envoltorio específico, como se encuentra recogido para tal efecto en la D.O.P.



Figura 4. Aspecto comercial del queso Cabrales (Fuente: www.quesocabrales.org)

El queso utilizado en este trabajo, según recoge la etiqueta del mismo, se elaboró con una mezcla de leche de vaca, cabra y oveja procedente de la ganadería Rieses. El elaborador del mismo fue D. Benigno Pérez de Tielve (Cabrales), identificado como el elaborador número 90 por la D.O.P. El queso procede del lote número 33 y debería ser consumido antes del 3 de septiembre de 2.013.

- **GAMONÉU**

El queso Gamonéu o queso de Gamonedo es un queso azul que se elabora de forma artesanal en los concejos asturianos de Onís y Cangas de Onís, territorios abruptos pertenecientes al Parque Nacional de Picos de Europa desde 1.995.



Figura 5. Zona de elaboración del queso Gamonéu.

Este queso se encuentra protegido bajo el amparo de la Denominación de Origen Protegida (D.O.P. en adelante) Gamonéu o Gamonedo que se encarga de la supervisión y cumplimiento de los productores con el Reglamento de dicha D.O.P.

El proceso de elaboración se inicia con la obtención y mezcla de tres tipos de leche: vaca, oveja y cabra, que se produce en esa misma área geográfica y que también se encuentra regulado por el Consejo Regulador de la D.O.P. Tras haber seguido los pasos correspondientes para su obtención: ordeño, colado, reposo, cuajado, corte y desuerado, moldeado y salado se pasa a una etapa de secado y ahumado que dura en torno a 20 días y se realiza en la propia cabaña, este ahumado se realiza de una forma muy lenta. Finalmente, el queso se traslada a las cuevas naturales donde se deja madurar un mínimo de dos meses con unas condiciones ambientales medias de 10 grados centígrados de temperatura y 90% de humedad relativa. Es en este momento cuando se desarrolla el hongo *Penicillium*, apareciendo el mismo en la corteza del queso o en las proximidades de ésta con coloraciones verde-azuladas.



Figura 6. Aspecto exterior del queso Gamonéu (Fuente: www.quesogamonedo.es)

Una vez el queso finaliza su etapa de maduración las características principales de mismo son: su forma cilíndrica con las caras planas, una altura de 6 a 15 centímetros, un diámetro comprendido entre los 10 y los 30 centímetros, el peso oscila entre el medio kilogramo y los 7 kilogramos y su corteza, adquirida durante el ahumado, es delgada y de color siena tostado con afloraciones verde-azuladas correspondientes al *Penicillium*. La composición química del queso Gamonéu lo establece como un queso graso, ya que contiene un mínimo del 45% de materia grasa sobre el extracto seco, a parte, su humedad es del 30%, las proteínas se corresponden con un 25% sobre el extracto seco y su pH oscila entre el 5,5 y el 6,5.

Dentro de la D.O.P. se distinguen dos variedades del queso: el del Puerto y el del Valle. El Gamonéu del Puerto se elabora en las cabañas ubicadas en los puertos altos de ambos concejos y su elaboración es estacional, limitándose a los meses comprendidos entre junio y septiembre. Por otra parte el Gamonéu del Valle se elabora en las zonas bajas de esos mismos concejos, en pequeñas queserías que producen quesos de menor

tamaño que las del Puerto pero con la ventaja de mantener la producción a lo largo de todo el año.

El queso utilizado en este trabajo pertenece a la variedad de Gamonéu del Valle y fue elaborado por la Quesería Toriello en Igena (Cangas de Onís) a fecha de 10 de octubre de 2.012 dentro del lote A0381511. La consumición del mismo debe ser previa al 10 de octubre de 2.013.

- **LA PERAL**

El queso de La Peral es un queso azul elaborado de forma industrial por un único elaborador que se ubica en el concejo de Illas, cerca de Avilés, en la zona central de Asturias.



Figura 7. Zona de elaboración del queso La Peral.

La Peral es una quesería familiar fundada en 1.923 que no se rige bajo ninguna Denominación de Origen Protegida. Desde entonces el queso ha evolucionado combinando modernas tecnologías del campo de la alimentación con la tradición y los cuidados artesanales en su producción, logrando hacerse un hueco entre los consumidores a lo largo de los años.

Este queso se elabora a partir de leche pasteurizada de vaca, la cual se calienta a 30 grados centígrados y donde a continuación se añade cuajo animal hasta lograr que la coagulación tenga lugar en 45 minutos. Luego se corta y se introduce en moldes de plástico donde se deja desuerar entre 8 y 10 horas. A posteriori se sala por todas las caras y se seca. La etapa final es la de maduración, que se produce en el interior de

bodegas acondicionadas para tal fin: 90% de humedad relativa y 10 grados centígrados de temperatura. Esta etapa de maduración dura en torno a dos o tres meses y durante su transcurso el queso se pincha para favorecer el desarrollo del hongo *Penicillium* que le transferirá las características finales al queso.

La Peral es un queso de pasta firme y compacta, blando al corte, sin ojos y untuoso. Tiene un color pajizo y la presencia de *Penicillium* le otorga manchas azul-verdosas. La forma del queso es cilíndrica con pesos de 400 gramos, 800 gramos ó 2 kilogramos y tiene una corteza blanda y delgada.



Figura 8. Aspecto del queso La Peral (Fuente: www.quesoslaperal.com)

El queso analizado en este estudio fue envasado por Quesos La Peral el 5 de enero de 2.013 en el lote 1812, debiendo ser consumido antes del 5 de enero de 2.014.

Los tres tipos de quesos azules fueron adquiridos en el mismo establecimiento (Crivencar) ubicado en la ciudad de Oviedo y en la misma fecha.

3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1 Análisis instrumental de la textura

El equipo utilizado en este trabajo es un Analizador de Textura fabricado por la empresa Stable Micro Systems, un referente en el análisis de textura en el campo científico-tecnológico. La compañía proporciona herramientas precisas y un software específico adecuado para la interpretación de los ensayos.

El analizador es el TA.XTplus, el cual permite medir tres parámetros: el tiempo, la fuerza y la distancia. A partir de dichos parámetros se pueden evaluar las distintas propiedades texturales mecánicas mediante el software integrado Texture Exponent como por ejemplo firmeza, cohesividad, adhesión, untabilidad, etc.; en este trabajo se evaluó la firmeza y la adhesión.

La obtención de estas propiedades o de esta información específica del producto llega a ser de gran interés tanto para las empresas como para los centros de investigación, ya sea para mejorar y asegurar el control de calidad adecuado como para la investigación, caracterización y producción de nuevos productos.

El analizador, tal y como se puede observar en la Figura 9, está formado fundamentalmente por una base y un brazo. Las muestras de quesos a analizar fueron colocadas sobre la misma base; el brazo incorpora la célula de carga, y se mueve hacia abajo y hacia arriba penetrando en el queso con la sonda escogida para este análisis. La sonda se acopla en el extremo del brazo y se escogió de entre todas las posibilidades que oferta el fabricante una sonda con el extremo de forma esférica ya que es la sonda que mejores aptitudes presenta para penetrar en los tres diferentes tipos de quesos a analizar. Esta sonda penetra en los quesos aportando los datos de dureza y adhesividad necesarios para la realización del estudio sin resquebrajar ni romper la estructura global del queso. En la Figura 10 se observa la sonda seleccionada para este trabajo.



Figura 9. Analizador TA.XTplus (Fuente: Stable Micro Systems)



Figura 10. Sonda esférica (Fuente: Stable Micro Systems)

El software que emplea este texturómetro es el Texture Exponent 32 y se usa para el análisis y tratamientos así como para la calibración y la ejecución de los proyectos desarrollados. Es fundamental tener un buen conocimiento del funcionamiento de este software ya que es muy importante ajustar bien los parámetros iniciales para que el estudio se desarrolle de forma satisfactoria.

Para la realización de este proyecto se debe encontrar y seleccionar en el software un modelo de comportamiento del producto para que los resultados se obtengan en función del alimento analizado; de este modo, al tratarse en este caso de quesos azules se seleccionó: “Dairy” → “Cheese spread triangles”. A continuación se carga un proyecto nuevo haciendo clic en “Load project” para finalmente seleccionar la sonda apropiada que se acopló previamente al brazo del texturómetro, en este caso la sonda esférica que se denomina en el software como “Sonda P/4”.

Un paso previo y muy importante antes de la toma de datos es la calibración del equipo porque pudo haber sufrido variaciones debido a usos anteriores que falsearían los resultados obtenidos. A este efecto se calibró el equipo previamente al análisis de los quesos para dos parámetros:

- Fuerza: mediante una pesa de 5 kilogramos colocada en la parte superior del brazo que se identifica en el software con la capacidad de carga.
- Altura de la sonda: se acerca la sonda hasta la base y a continuación se introducen parámetros de distancia y velocidad de retorno sin importar los datos introducidos para la realización de esta calibración.

Una vez calibrado el equipo se introducen los valores desde los que se inicia el desplazamiento de la sonda para la obtención de datos texturométricos; teniendo en cuenta la altura de los quesos la sonda inició los análisis pertinentes desde una altura inicial de 70 milímetros. Una vez fijado este parámetro se selecciona “Ejecutar”, donde se da un nombre que identifique cada muestra y cada penetración en el queso; por último se selecciona “Ejecutar macro” para que se inicie el análisis con el desplazamiento de la sonda hasta que penetra en el queso, finalizando el análisis cuando la sonda llega hasta la posición de partida, nunca antes de que recupere la posición inicial.

Al concluir el análisis los datos se presentan en una tabla y en una gráfica en la que aparecen representados los dos parámetros a analizar; dureza y adhesividad. Las figuras representativas de cada queso se adjuntan en el apéndice final del proyecto.

Estos análisis se realizaron por duplicado para cada queso, teniendo en algunos casos que repetirlos más veces porque se detectaban errores en la penetración de la sonda debido probablemente a la presencia de algún hueco en el interior del queso que desvirtuaba los resultados.

Las cortezas de los quesos se eliminaron con un cúter para que la sonda penetrara directamente en el queso y los resultados se pudiesen relacionar con la textura que percibe el consumidor, ya que éste separa la corteza del resto del queso no influyendo por lo tanto en la textura que percibe dicho consumidor.

3.2 Análisis de humedad y pH

Los seguimientos en la evaluación de humedad y pH se realizaron al mismo tiempo que los análisis texturométricos, realizándose las mediciones por duplicado en los dos parámetros.

Para calcular la humedad presente en las distintas muestras de queso se utilizó un procedimiento por el cual se calculó previamente la materia seca de cada muestra. La cantidad de materia seca se determinó por la evaporación del agua contenida en dicha muestra al introducirla en una estufa. En el desarrollo de este procedimiento es necesario utilizar:

- Balanza analítica
- Desecador provisto de un deshidratante (silica gel) con cambio de color.
- Estufa con termostato regulable.
- Cápsulas (una para cada muestra) de acero inoxidable y fondo plano.
- Varillas (una para cada cápsula) de acero inoxidable.
- Arena de mar de tamaño de grano grueso y fino.



Figura 11. Desecador de laboratorio. (Fuente: www.ugr.es)



Figura 12. Cápsulas de acero. (Fuente: www.zelian.com.ar)

El método de operación fue el siguiente: primero se pesaban 20 gramos de arena de mar en cada cápsula y se introducían un mínimo de una hora a 165 grados centígrados en la estufa junto a su correspondiente varilla para eliminar la humedad que pudiesen tener adherida. Posteriormente se sacaban de la estufa y se dejaban enfriar en el desecador hasta que alcanzasen la temperatura ambiente; una vez alcanzada esta temperatura se añadió 3 gramos de cada muestra en cada cápsula y se mezcló con la arena de mar con la ayuda de la varilla correspondiente. A continuación se introdujeron las cápsulas en la estufa durante 5 horas a una temperatura de 102 grados centígrados; una vez pasado ese tiempo se dejan enfriar a temperatura ambiente y se vuelven a pesar. La diferencia de peso entre la primera y la segunda pesada da como resultado la humedad de cada muestra.

La medición de pH se llevó a cabo empleando un pH-metro portátil de la casa comercial española Crison que penetraba en el queso; se dejaba un tiempo de margen hasta que la medición se estabilizaba. Antes de proceder a la medición del pH la sonda era calibrada para pH 4 y pH 7, ya que son los valores de pH entre los que oscilan los quesos estudiados.



Figura 13. pH-metro portátil y soluciones de calibración. (Fuente: www.agroterra.com)

3.3 Análisis organoléptico de la textura

Para la evaluación organoléptica de los quesos se constituyó un panel de cata formado por 6 personas de edades comprendidas entre los 23 y 30 años de edad. A este panel se le explicaron los conceptos de dureza y adhesividad que debían identificar y demás normas al uso en evaluación sensorial. Para la evaluación de la dureza y adhesividad de los quesos se creó una escala del 1 al 5, aportando valores de referencia basados en otros quesos tomados como patrones. Los catadores ensayaron con estos quesos patrones antes de proceder a la evaluación sensorial de los quesos a estudiar. En todas las catas los miembros del panel dispusieron de muestras de los quesos patrones para que no perdieran la referencia de su posición en las escalas correspondientes. Las puntuaciones asignadas constan de un único decimal, ya que se hace imposible para el panel encontrar diferencias inferiores a 0,1. Las muestras presentadas a cada miembro del panel fueron de dos por cada queso.

Una vez obtenidas las valoraciones de las dos muestras se realizó la media aritmética para simplificar el tratamiento de datos.

Las catas se desarrollaron en un local adaptado a tal efecto. Las muestras de queso en el momento de la cata se encontraban a temperatura ambiente, aproximadamente 15 grados centígrados, con luz natural y sin corrientes de aire, con un espacio de dos metros entre los catadores.

A continuación se muestra en la Figura 14 la plantilla rellena por el panel en cada una de las sesiones:

EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA: TEXTURA DE QUESOS AZULES

- Dureza: de 1 (muy blando) a 5 (muy duro)
- Adhesividad: de 1 (muy poco pegajoso) a 5 (muy pegajoso)

CATA NÚMERO:		GAMONÉU	CABRALES	LA PERAL
MUESTRA 1	DUREZA			
	ADHESIVIDAD			
MUESTRA 2	DUREZA			
	ADHESIVIDAD			

- Observaciones

Figura 14. Plantilla para puntuar la textura de los quesos.

3.4 Seguimiento de la evolución de los quesos

Los quesos se almacenaron en la nevera del propio laboratorio a una temperatura de 5 grados centígrados. Una vez abiertos se cubrían con su propio envoltorio original y con papel de aluminio para evitar la pérdida de humedad y la entrada de oxígeno al interior del queso.

Las evaluaciones instrumentales y organolépticas de los quesos se realizaron en cuatro fechas concretas con el fin de conocer la evolución del queso en el transcurso de 35 días. Las fechas exactas de los análisis y catas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Fechas de realización de los análisis instrumentales y las evaluaciones organolépticas.

ANÁLISIS				
	I	II	III	IV
FECHAS	22 de enero de 2.013	1 de febrero de 2.013	14 de febrero de 2.013	26 de febrero de 2.013

La evaluación instrumental y sensorial de los quesos se realizó a temperatura ambiente para coincidir con las hábitos de consumo de este tipo de alimentos y los equipos e instrumentos usados para los distintos análisis en el laboratorio fueron siempre los mismos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados y discusión: queso Cabrales

Los resultados obtenidos por vía instrumental para este tipo de queso se muestran en la Tabla 3 que se expone a continuación:

Tabla 3. Parámetros texturométricos y químicos obtenidos para el queso Cabrales en función del tiempo.

CABRALES INSTRUMENTAL	RESULTADOS ANÁLISIS			
	I	II	III	IV
Dureza	824,682	948,143	1051,186	1137,281
Adhesividad	-291,497	-364,365	-397,532	-398,723
Humedad	36,58	35,51	35,04	34,20
pH	5,74	5,64	5,80	5,88

Los resultados extraídos del texturómetro reflejan un aumento de la dureza del 38% entre el primer y el cuarto análisis; además este endurecimiento ocurre de forma paulatina a lo largo del tiempo, al igual que ocurre con la adhesividad, que disminuye con el transcurso del mismo.

La variación de humedad experimentada por el queso también sufre un descenso constante a lo largo del tiempo, lo que concuerda con los resultados vistos previamente, aunque este queso sigue conservando un grado de humedad elevado consecuencia de su alta humedad inicial.

En contraposición, la variación de pH no es progresiva ya que disminuye en el segundo muestreo, pero a partir de ese momento invierte la tendencia, aumentando sus valores a lo largo de los análisis finales. Esta variación en el comportamiento del pH se debe a una primera acidificación habitual en los quesos, pero a partir del segundo análisis el queso comienza a sufrir procesos proteolíticos dominantes liberando sustancias básicas provocando que el pH aumente progresivamente, sin afectar a la tendencia seguida por los otros parámetros estudiados.

De estos resultados pueden extraerse relaciones directas entre los diferentes parámetros, como puede verse a continuación en las Figuras 15 y 16:

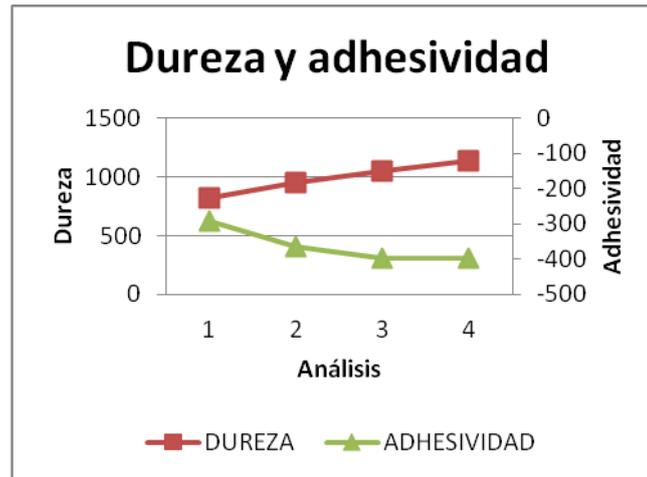


Figura 15. Resultados de dureza vs adhesividad instrumentales en queso Cabrales

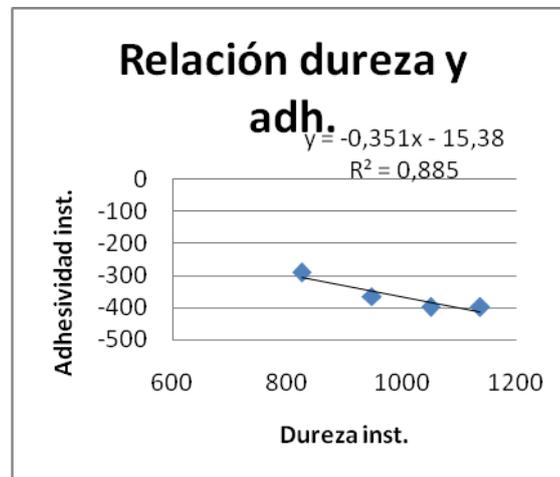


Figura 16. Relación de dureza y adhesividad en queso Cabrales

De las gráficas se deduce que existe una relación entre dureza y adhesividad; que viene recogida en la siguiente expresión matemática:

$$\text{Adh} = -0,351\text{Dur} - 15,385 \quad (R^2=0,8859) \quad (1)$$

Lo mismo ocurre al comparar los datos de dureza y humedad:

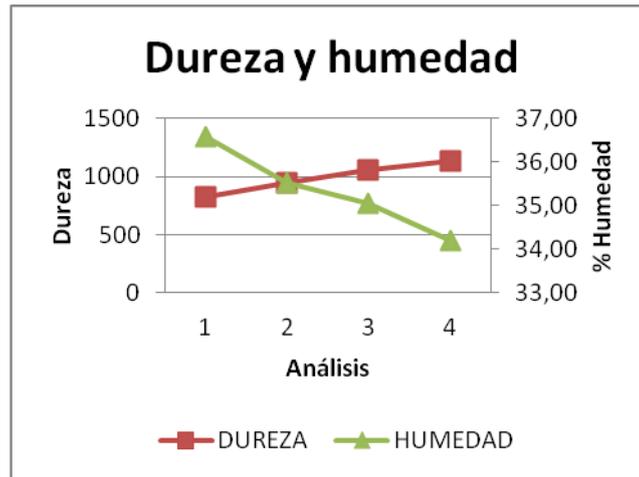


Figura 17. Resultados de dureza instrumental vs humedad en queso Cabrales

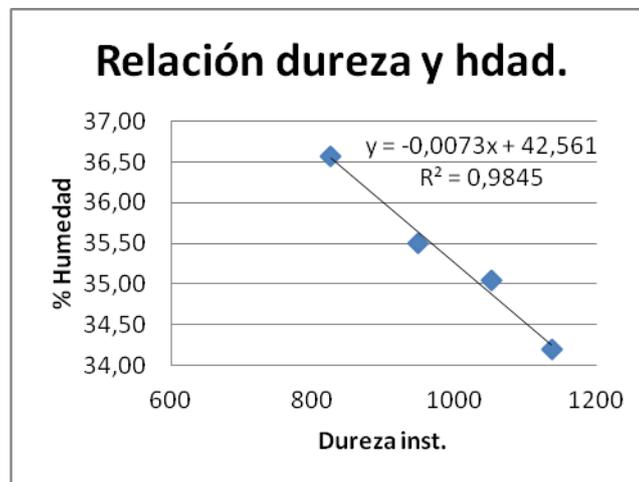


Figura 18. Relación de dureza instrumental y humedad en queso Cabrales

Una vez contrastadas las gráficas de dureza y humedad del queso cabrales también se observa una relación entre ambos parámetros, por lo cual se puede extraer una relación simple entre ellos:

$$\text{Hdad} = -0,0073\text{Dur} + 42,561 \quad (R^2=0,9845) \quad (2)$$

Esta relación humedad-dureza es más íntima que en el caso anterior.

Para la relación adhesividad-humedad:

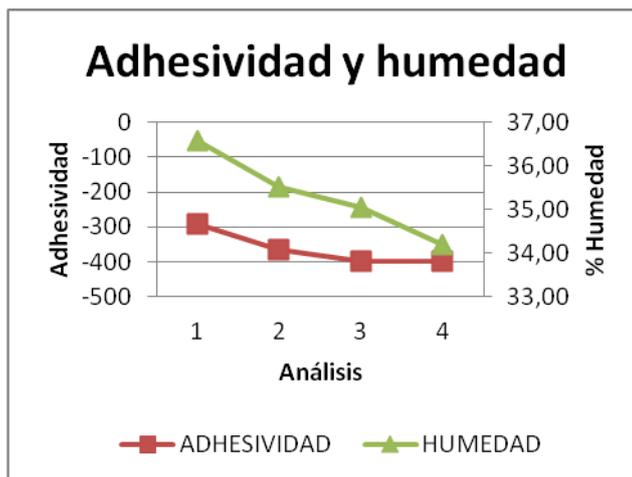


Figura 19. Resultados de adhesividad instrumental vs humedad en queso Cabrales

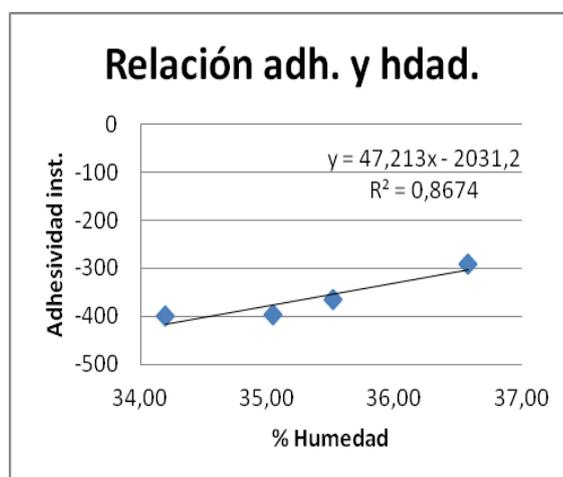


Figura 20. Relación de adhesividad instrumental y humedad en queso Cabrales

Tras contrastar este par de parámetros también se llega a una relación entre ambos, de modo que se obtiene una fórmula que los relaciona directamente:

$$\text{Adh} = 47,213\text{Hdad} - 2031.2 \quad (R^2=0,8674) \quad (3)$$

4.2 Resultados y discusión: queso Gamonéu

Para representar los datos instrumentales obtenidos en este queso se elaboró la siguiente tabla:

Tabla 4. Parámetros texturométricos y químicos obtenidos para el queso Gamonéu en función del tiempo.

GAMONÉU INSTRUMENTAL	RESULTADOS ANÁLISIS			
	I	II	III	IV
Dureza	2691,583	2795,837	3365,836	3240,365
Adhesividad	-402,027	-497,789	-475,446	-510,094
Humedad	28,65	25,98	23,08	21,00
pH	5,35	5,25	5,40	5,50

Los resultados de dureza obtenidos son los esperados para los tres primeros ensayos, ya que se produce un endurecimiento progresivo del queso; siendo llamativa una ligera pérdida de dureza en el cuarto. Esto puede deberse a que el queso haya alcanzado un intervalo de dureza máximo y a partir de ese momento los valores de dureza oscilen en función de las características exactas de la zona de la muestra en la cual se realizó el análisis texturométrico. Para corroborar estos datos el trabajo de investigación debería haberse prolongado unas semanas más y realizar comprobaciones para ver si se trata de un caso puntual o es el comportamiento habitual de este queso. No fue posible alargar el estudio por falta de tiempo.

La adhesividad sufre una variación considerable entre el inicio y el final del trabajo de experimentación, lo que se corresponde con el aumento general en la dureza del queso. Este parámetro sufre una ligera desviación en el tercer muestreo respecto a la tendencia global de menor adhesividad del queso; pero en el último análisis, se obtiene el valor mínimo de adhesividad, pudiéndose comprobar la pérdida de adhesividad.

Respecto a la humedad, se observa una pérdida del 7,65% entre la primera y la última medición. Esta pérdida se considera importante y sus efectos se reflejan claramente en las propiedades texturales del queso, es decir, aumento de la dureza y disminución de la adhesividad. El 21% final de humedad provoca que el queso sea bastante seco en comparación con las concentraciones de humedad habituales en este tipo de productos lácteos.

El último parámetro analizado, el pH, disminuye en el segundo análisis mientras que aumenta durante el tercero y el cuarto. Esta variación en los valores de pH se justifica, al igual que en el queso Cabrales, por una acidificación inicial; mientras que a partir del

segundo ensayo empiezan a dominar reacciones proteolíticas en el interior del queso liberándose sustancias básicas, por lo cual aumentan los valores de pH.

Los dos valores que no encajan en el comportamiento estándar que se ha observado en este queso pueden deberse a diferentes características en el interior del propio queso, ya que al ser elaborado de forma artesanal no todo el queso tiene una composición homogénea y por tanto puede dar lugar a desviaciones en las medidas representativas tomadas (partes más húmedas o con mayor concentración de puntos azules). Además, es posible que la sonda del equipo de texturometría durante la penetración en el queso para la toma de datos se hubiese encontrado con pequeñas burbujas de aire, que también influyen en los resultados finales obtenidos.

A partir de estos resultados obtenidos se han cruzado datos con el fin de obtener relaciones entre los mismos, obteniéndose las siguientes gráficas:

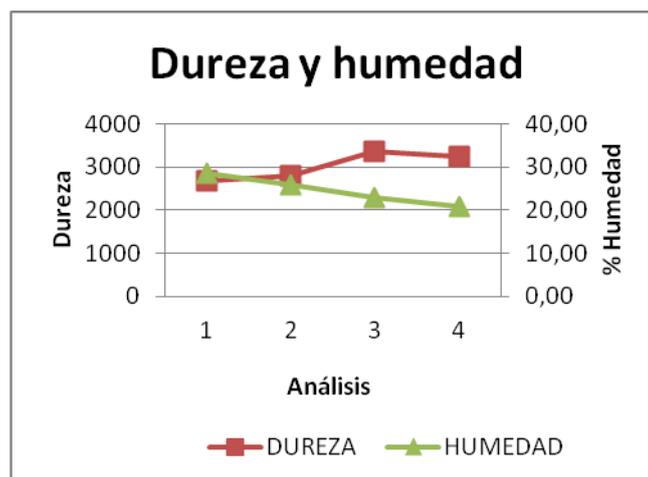


Figura 21. Resultados de dureza instrumental vs humedad en queso Gamonéu

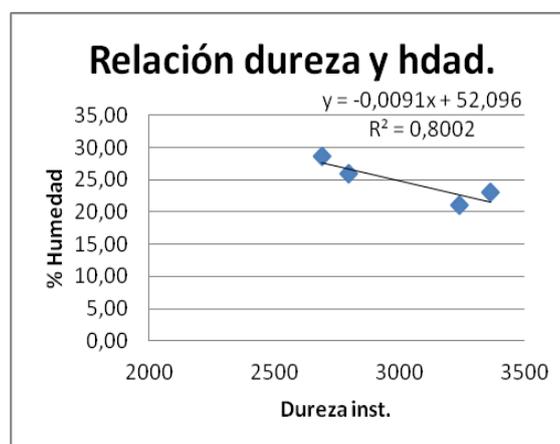


Figura 22. Relación de dureza instrumental y humedad en queso Gamonéu

Relacionando los datos de dureza y humedad para el queso Gamonéu se establece la siguiente relación:

$$Hdad = -0,0091Dur + 52,096 \quad (R^2=0,8002) \quad (4)$$

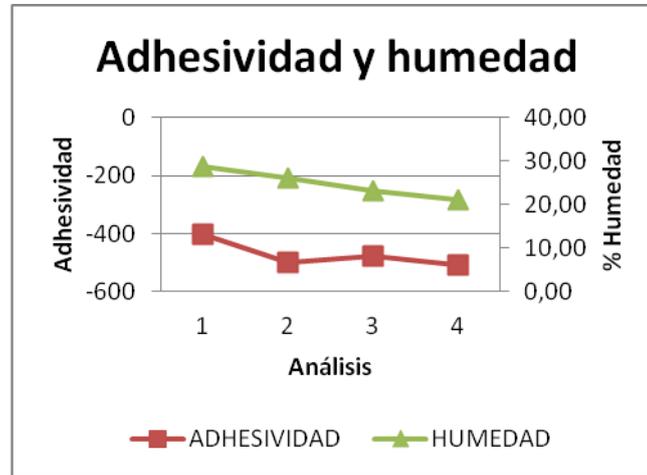


Figura 23. Resultados de adhesividad instrumental vs humedad en queso Gamonéu

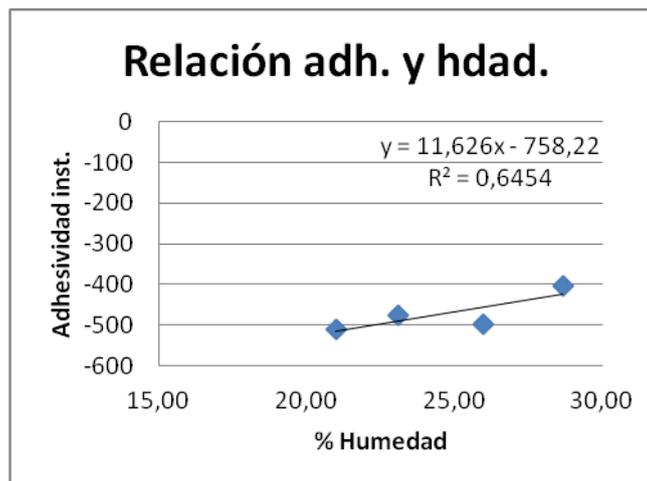


Figura 24. Relación de adhesividad instrumental y humedad en queso Gamonéu

Una vez contrastados los resultados de adhesividad y humedad se observa la siguiente relación directa:

$$Adh = 11,626Hdad - 758,22 \quad (R^2=0,6454) \quad (5)$$

En el caso del Gamonéu estas relaciones no pueden considerarse como finales, deduciéndose que algún otro factor está influyendo sobre esta relación.

4.3 Resultados y discusión: queso La Peral

Los resultados instrumentales obtenidos del queso La Peral se reflejan en la Tabla 5, expuesta a continuación:

Tabla 5. Parámetros texturométricos y químicos obtenidos para el queso La Peral en función del tiempo.

LA PERAL INSTRUMENTAL	RESULTADOS ANÁLISIS			
	I	II	III	IV
Dureza	-	663,903	682,41	778,462
Adhesividad	-231,006	-220,444	-172,85	-216,024
Humedad	52,95	44,49	42,75	40,80
pH	5,06	5,04	5,47	5,78

Los valores obtenidos para la dureza, si se obvia el obtenido la primera vez, siguen el patrón de endurecimiento progresivo esperado. El resultado del primer análisis no tiene lógica en el contexto del comportamiento del queso a lo largo del tiempo, por lo cual, puede deberse a un error en el muestreo de los datos debido a la falta de estudios previos con los que ir comparando los resultados obtenidos. En base a esto, este dato se obviará en futuras comparaciones entre los parámetros medidos.

En la Tabla 5 puede observarse una disminución en los valores de adhesividad con el paso de los análisis, a excepción del último. Esta variación final se pudo deber a cierta heterogeneidad del queso y a que con el paso del tiempo unas zonas del queso retienen agua con mayor facilidad que otras y estas condiciones internas son inapreciables desde el exterior por lo cual no puede ajustarse la colocación de la sonda a la zona más representativa de la muestra.

Respecto a la humedad, se produce una disminución global del 12,15%; esta pérdida de humedad es bastante elevada pero lógica al tratarse inicialmente de un queso muy húmedo, pues el queso de La Peral es el más tierno de los tres quesos en el momento de comienzo de los controles analíticos (véase humedad I). La disminución en la concentración de humedad a lo largo del estudio coincide por otro lado con el comportamiento general de los parámetros anteriormente vistos, aumento de la dureza y disminución de la adhesividad.

Observando las mediciones de pH efectuadas en el transcurso del estudio se aprecia un aumento constante en los niveles medidos aunque manteniéndose constante los dos primeros ensayos, ya que el porcentaje de variación es inferior al 0,4%. Este mantenimiento de los niveles de pH en la primera parte del experimento es debido a que en la producción del queso de La Peral se emplean técnicas más cercanas a la producción industrial que a la artesanal, por lo tanto, cuando el queso sale de fábrica apenas sufre procesos posteriores de acidificación, tan solo fluctúa alrededor de los parámetros fijados por el productor. En cambio, a partir del segundo control analítico empiezan a producirse las reacciones proteolíticas en el queso liberando sustancias nitrogenadas que afectan al pH provocando su aumento.

Una vez obtenidos estos datos se procedió a su cruzamiento para con tres puntos observar posibles relaciones entre ellos, obteniéndose:

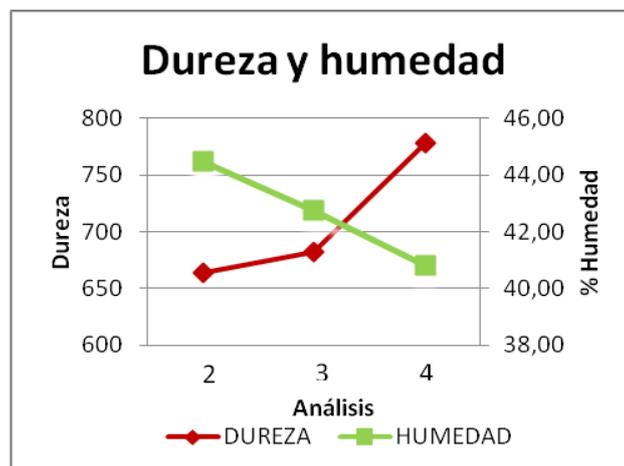


Figura 25. Resultados de dureza instrumental vs humedad en queso La Peral

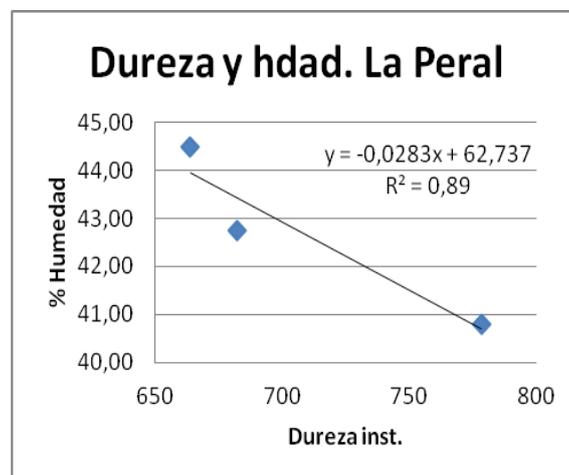


Figura 26. Relación de dureza instrumental y humedad en queso La Peral

Una vez relacionados los parámetros de dureza y humedad se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Hdad} = -0,0283\text{Dur} + 62,737 \quad (R^2=0,89) \quad (6)$$

4.4 Comparativa de resultados entre los diferentes quesos

Los resultados obtenidos individualmente en los quesos también pueden interpretarse y compararse entre los tres quesos azules analizados para así tratar de encontrar diferencias o similitudes en su evolución a lo largo del tiempo. Para ello, se han agruparon los resultados obtenidos de los distintos parámetros de dureza, adhesividad, humedad y pH y se realizaron gráficas para comprobar si siguen tendencias de evolución semejantes. Estas gráficas se detallan a continuación, junto al correspondiente análisis de cada una de ellas.

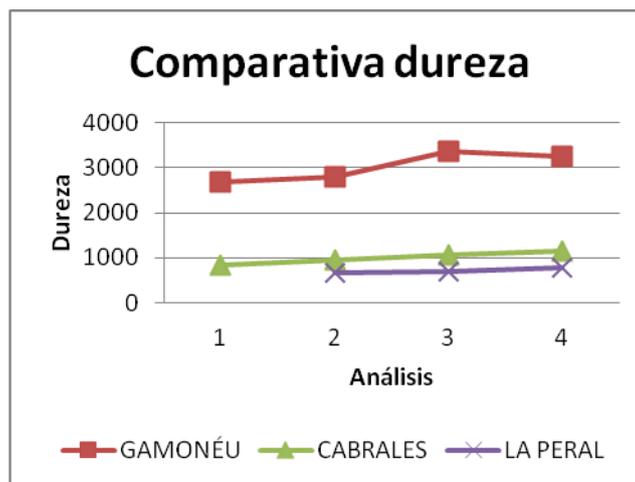


Figura 27. Evolución de la dureza instrumental en los tres quesos

El primer resultado extraíble de esta gráfica es la clasificación de los quesos de mayor a menor dureza; de este modo se clasifica el queso Gamonéu como el que mayor dureza presenta, seguido del queso Cabrales y por último el queso La Peral como el menos duro de los tres. En la gráfica se observa como los tres quesos evolucionan de forma similar, ya que con el transcurrir de los días su dureza va aumentando paulatinamente y como las diferencias entre sus valores se mantienen en unos intervalos constantes, es decir, sus pendientes de incremento de la dureza son similares. Por último; los valores de dureza del queso Gamonéu son mayores que los de Cabrales y

La Peral por lo cual la diferencia de textura entre éstos y el Gamonéu es mayor que las diferencias apreciables entre ellos dos.

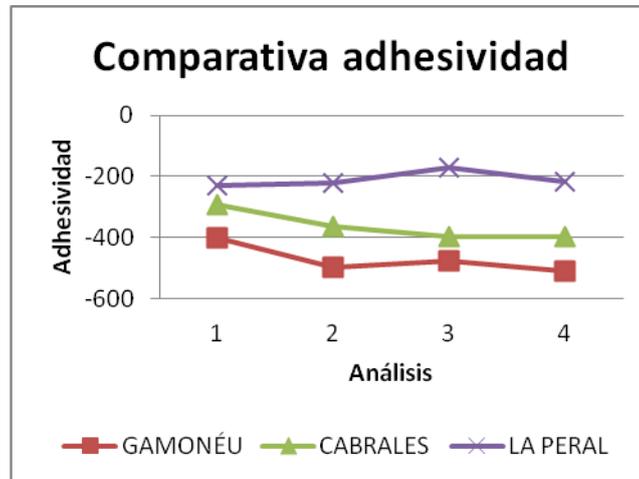


Figura 28. Evolución de la adhesividad instrumental en los tres quesos

La adhesividad de estos quesos tiene relación con sus durezas, ya que el queso más duro, Gamonéu, es el menos adhesivo; mientras que el menos duro, La Peral, es el más adhesivo. Por lo tanto, el orden de mayor a menor adhesividad es: La Peral, Cabrales y por último Gamonéu. Los resultados de adhesividad hallados no poseen una relación tan evidente como los de dureza, sobretodo en el caso de La Peral.

El queso de La Peral ofrece más dificultades para tratar de relacionar su adhesividad con el comportamiento de la misma en los otros quesos; esto puede deberse a la heterogeneidad del propio queso, ya que con el paso del tiempo es posible que la humedad y los exudados que se producen en este queso se acumulen en zonas concretas imposibles de identificar desde el exterior y que por tanto desvirtúan algo los datos obtenidos al realizar el análisis con el texturómetro.

A continuación, en la Figura 29, se muestran los resultados de la comparativa de humedades:

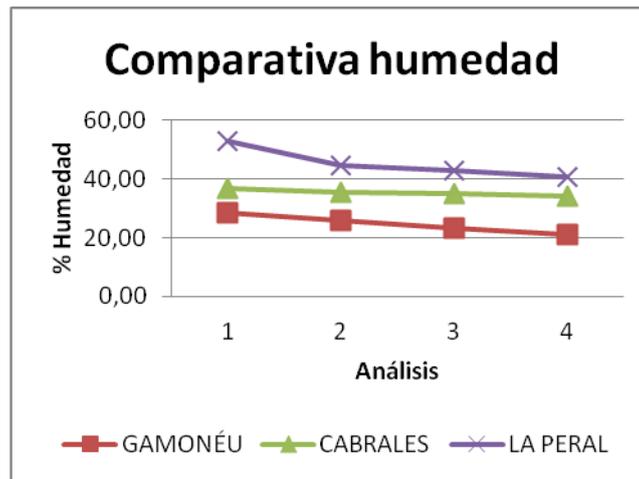


Figura 29. Evolución de la humedad en los tres quesos

Teniendo en cuenta los resultados de dureza y adhesividad vistos anteriormente; se pone de manifiesto que el queso menos húmedo, Gamonéu, se corresponde con el más duro y menos adhesivo; mientras que el más húmedo, La Peral, es el menos duro y el más adhesivo; quedando el queso Cabrales como un queso intermedio a los otros dos en los tres parámetros. Por lo tanto; a mayor humedad, menor dureza pero mayor adhesividad.

Comparando estrictamente la humedad de los tres quesos, el que sufre una pérdida de mayores proporciones es el queso La Peral ya que disminuye un 12,15% en el transcurso del estudio realizado.

En la Figura 30 se comparan los valores de pH para los tres quesos objeto de estudio:

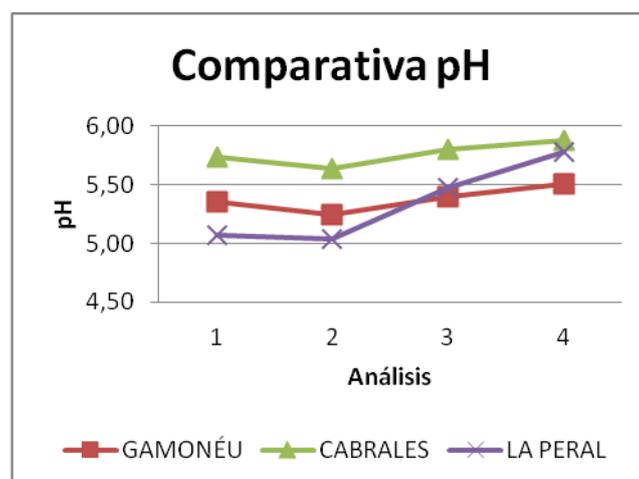


Figura 30. Evolución del pH en los tres quesos

El pH es un parámetro en el que se observa un comportamiento diferenciado entre los quesos, ya que el pH del queso La Peral se incrementa a mayor ritmo que el resto a partir de la fecha en que se realiza el segundo análisis. Este comportamiento se debe, como ya se dijo anteriormente, a que este queso se elabora de una forma más industrial y por tanto el pH se mantiene muy estable al principio para luego aumentar rápidamente debido a la proteólisis que empieza a ocurrir en el interior de los quesos azules. En cambio, tanto en Gamonéu como en Cabrales, se observó que hasta el segundo control analítico continúan con un proceso de acidificación que no ocurre en La Peral; esto es debido a que sus procesos de elaboración siguen métodos totalmente artesanales usando leche sin pasteurizar y un mayor tiempo de maduración antes de salir al mercado. Mientras que el queso de La Peral se fabrica con leche pasteurizada que confiere mayor estabilidad inicial permitiendo que no se altere durante los primeros días, evitando el período de acidificación inicial que tiene lugar en los otros dos quesos, siendo su primera alteración la proteólisis a partir del segundo control analítico efectuado.

4.5 Resultados y discusión de la evaluación organoléptica

Los resultados organolépticos obtenidos en las catas reflejan las apreciaciones sensoriales en parámetros de dureza y adhesividad que cada miembro del panel de cata fue capaz de extraer de los tres quesos a lo largo del período de evaluación. Dichos resultados se compararon con los obtenidos en los análisis instrumentales para observar si existe alguna relación entre la evaluación sensorial y la instrumental. A continuación se exponen las tablas con los resultados de las catas realizadas y las gráficas de las que se extraen resultados concluyentes:

Tabla 5. Resultados organolépticos del queso Cabrales

CABRALES CATA	ANÁLISIS			
	I	II	III	IV
Dureza	4,1	4	3,9	3,6
Adhesividad	2,1	2,4	2,3	2,1

Tabla 6. Resultados organolépticos del queso Gamonéu

GAMONÉU CATA	ANÁLISIS			
	I	II	III	IV
Dureza	4,6	4,7	4,7	4,7
Adhesividad	1,5	1,2	1,2	1

Tabla 7. Resultados organolépticos del queso La Peral

LA PERAL CATA	ANÁLISIS			
	I	II	III	IV
Dureza	3,5	3,4	3	2,8
Adhesividad	3,9	4	3,7	3,3

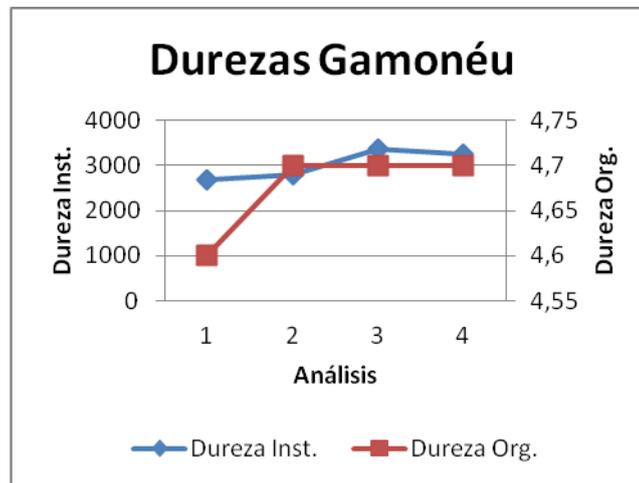


Figura 31. Resultados de dureza instrumental vs organoléptica en queso Gamonéu

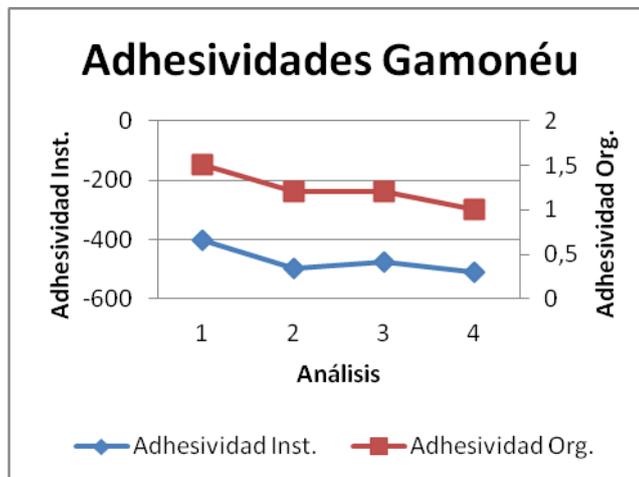


Figura 32. Resultados de adhesividad instrumental vs organoléptica en queso Gamonéu

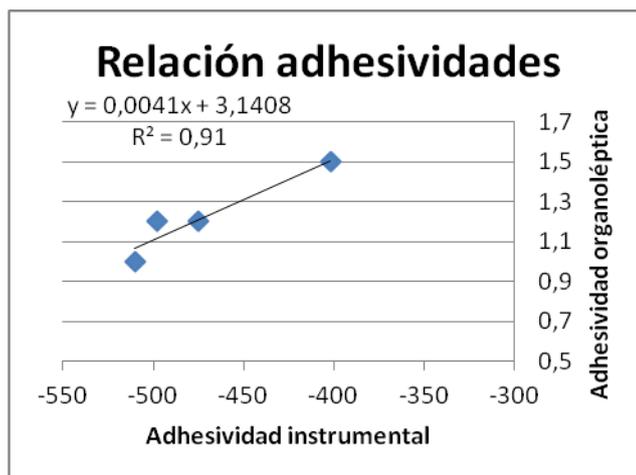


Figura 33. Relación de adhesividad instrumental y organoléptica en queso Gamonéu

La dureza determinada por el panel de cata en el queso Gamonéu sigue el patrón general de aumento con el paso del tiempo, pero ese aumento no se produce en las mismas proporciones en las que lo detalla el texturómetro mediante el análisis instrumental. Sin embargo, la evaluación sensorial de la pérdida de adhesividad de este queso si guarda una buena relación con la obtenida en el texturómetro; por lo cual, al cruzar los datos obtenidos en los dos tipos de evaluación, se obtiene la siguiente relación:

$$\text{Adh. org} = 0,0041\text{Adh. inst} + 3,1408 \quad (R^2=0,91) \quad (7)$$

El panel de cata evalúa en la misma proporción que el texturómetro la pérdida de adhesividad, directamente ligada a la pérdida de humedad.

Las catas de queso Cabrales y La Peral no aportan resultados concluyentes como los obtenidos para el Gamonéu, quizás al panel le resulta más complicado al tratarse de quesos con más humedad; el resto de gráficas con los datos obtenidos en las catas se encuentran recogidas en el apéndice del proyecto. Tan solo puede apreciarse que la variación en la tendencia de cambio del pH en el segundo análisis influye en los parámetros evaluados por el panel de cata, ya que en algunas ocasiones a partir de ese momento los catadores varían sus puntuaciones respecto a la tendencia principal que seguían. Para corroborar estos puntos deberían realizarse más pruebas y con un panel de cata de mayor tamaño.

En las dos próximas figuras, Figuras 34 y 35, se representa para los tres quesos en cada una de ellas los parámetros de dureza y adhesividad evaluados sensorialmente:

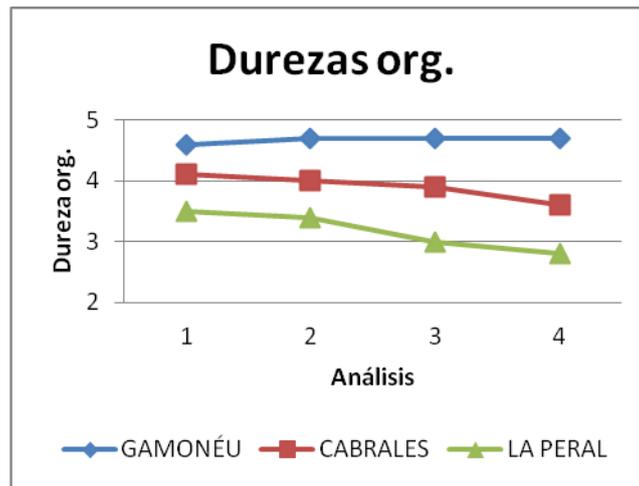


Figura 34. Resultados de dureza organoléptica de los tres quesos

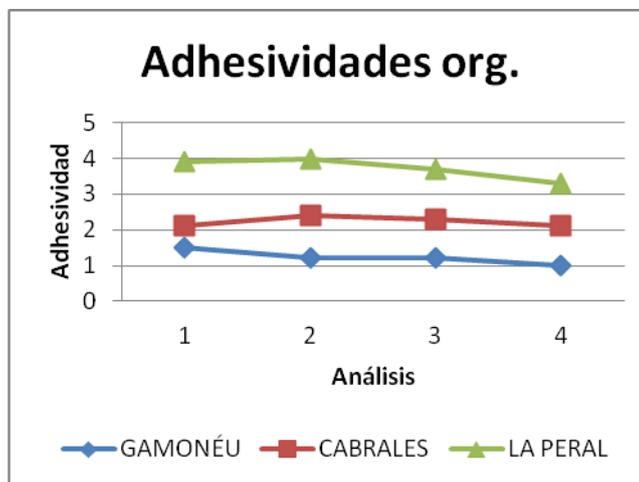


Figura 35. Resultados de adhesividad organoléptica en los tres quesos

El panel de cata clasifica los quesos en función de su dureza en el mismo orden que el texturómetro, siendo el Gamonéu el más duro y La Peral el que tiene menor dureza. Pero en esta clasificación los catadores reflejan unas variaciones de dureza muy pequeñas en comparación con el incremento registrado mediante el análisis instrumental e incluso en el Cabrales y La Peral el panel otorga menor dureza, lo cual contradice el resultado extraído del texturómetro.

En relación a la adhesividad apreciada por el panel, también evalúa los quesos en el mismo orden que el equipo de texturometría, el Gamonéu como el menos adhesivo y La Peral como el más adhesivo. Los resultados de este parámetro tienen más similitud con los resultados analíticos que los de dureza, ya que para los tres quesos la tendencia general es reducir su adhesividad. Tomando como punto de partida el segundo análisis,

ya que a partir de ese momento en los tres quesos se produce incremento de pH (previamente sólo ocurría en La Peral), la puntuación obtenida mediante evaluación sensorial disminuyó con el paso de las catas. Como a partir de la segunda fecha de análisis el panel sigue el mismo patrón de puntuación es posible que la variación de pH influya en la percepción de los parámetros a evaluar por parte de los catadores.

Para conocer el comportamiento del panel de cata y poder interpretar su baremo a la hora de asignar las puntuaciones se recogen en el apéndice las gráficas en las que se oponen los datos obtenidos instrumentalmente y sensorialmente, para poder concluir que el panel de cata evaluó con mayor precisión el queso más duro y menos adhesivo, el Gamonéu, que los otros dos; por lo que es más complicado para este panel evaluar quesos blandos y adhesivos. Estas desviaciones respecto a los resultados instrumentales también pueden deberse a: defectos en la selección de los intervalos de la escala entregada al panel, la falta tiempo para preparar más a de los catadores y el mal uso de la escala por parte del panel o una combinación de todos estos factores.

5. CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

- El análisis de los resultados obtenidos ha permitido establecer relaciones matemáticas que vinculan distintos parámetros texturométricos y organolépticos.
- Existe en estos quesos una relación directa entre la humedad, la dureza y la adhesividad medidas por vía texturométrica. A mayor humedad, menor dureza y más adhesividad.
- La diferente evolución del pH en el queso La Peral, manteniéndose constante hasta el segundo análisis efectuado sin sufrir acidificación como el Cabrales y el Gamonéu, se puede explicar porque se elabora siguiendo un método de características industriales en vez de artesanales, debido a lo cual el pH sale suficientemente estabilizado y acidificado de la fábrica, no variando hasta que se inicia la proteólisis. Por tanto, siendo tres quesos azules producidos en el Principado de Asturias, puede observarse en este aspecto la diferencia entre dos quesos artesanales, Cabrales y Gamonéu, y un queso fabricado con procedimientos industriales, el de La Peral.
- En relación con las medidas organolépticas, se observa que el panel de catas precisa mejor las diferencias de textura en los quesos azules de naturaleza más dura que en los más blandos, es decir, cuesta más puntuar las diferencias producidas a lo largo del tiempo en estos últimos.
- Sería recomendable profundizar más en el estudio textural de quesos asturianos, sobre todo en la influencia que la composición de la materia prima y el proceso de elaboración tienen sobre la textura presentada finalmente por el producto.

6. NOMENCLATURA

6.1 Abreviaturas

- D.O.P. → Denominación de origen protegida
- Dur. → Dureza
- Adh. → Adhesividad
- Hdad. → Humedad
- Inst. → Instrumental
- Org. → Organoléptico
- Dur. Inst. → Dureza instrumental
- Dur. Org. → Dureza organoléptica
- Adh. Inst. → Adhesividad instrumental
- Adh. Org. → Adhesividad organoléptica

7. BIBLIOGRAFÍA

Bourne, M. C. 2002. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement 2nd Edition. Ed: Elsevier Science and Technology Books.

Cunha, C. R., Dias, A.I., Walkiria, H. V. 2010. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. Food Research International, 43 723 – 729.

Belitz, H. D., Grosch, W. 1997. Química de los alimentos, segunda edición. Ed: Acribia, S.A. Zaragoza.

Bello Gutiérrez, J. 2000. Ciencia bromatológica. Principios generales de los alimentos. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid.

Madrid, A. 1989. Manual de Industrias Alimentarias. Ed: A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid.

D.O.P. Queso Cabrales (Diciembre, 2012): <http://www.quesocabrales.org>

D.O.P. Queso Gamonéu (Diciembre, 2012): <http://www.quesogamonedo.com>

Quesos La Peral (Diciembre, 2012): <http://www.quesoslaperal.com/home.html>

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente (Enero, 2013): <http://www.alimentacion.es/es/>

Roudot, A.C. 2004. Reología y análisis de la textura de los alimentos. Ed: Editorial Acribia S.A. Zaragoza.

Sandoval – Castilla, O., Lobato – Calleros, C., Aguirre – Mandujano, E., Vernon – Carter, E.J. 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. International Dairy Journal. 14 151 – 159.

Stable Micro System (Diciembre, 2012): <http://www.stablemicrosystems.com/>

Szczesniak, A. S. 2002 Texture is a sensory property. Food Quality and Preference, 13 215 – 225.

Texture Technologies (TA.XT.plus) in dairy industries (Enero, 2013): <http://www.texturetechnologies.com/food-texture-analysis/dairy.php>

Wilkinson, C., Dijksterhuis, G.B., Minekus, M. 2000. From food structure to texture. *Trends in Food Science and Technology*, 11 442 – 450.

Mussatto, S.I., Fernandes, M., Mancilha, I.M., Roberto, I.C., 2008. Effects of medium supplementation and pH control on lactic acid production from brewer's spent grain. *Biochemical Engineering Journal*. 40, 437-444.

Nath, A., Dixit, M., Bandiya, A., Chavda, S., Desai, A.J. 2008. Enhanced PHB production and scale up studies using cheese whey in fed batch culture of *Methylobacterium* sp. ZP24. *Bioresource Technology*. 99, 5749-5755.

Ozmihci, S., Kargi, F. 2007. Ethanol fermentation of cheese whey powder solution by repeated fed-batch operation. *Enzyme and Microbial Technology*. 41, 169-174.

Villadsen, J. 2007. Innovative technology to meet the demands of the white biotechnology revolution of chemical production. *Chemical Engineering Science*. 62, 6957-6968.

Bertola, N.C., Califano, A.N., Bevilacqua, A.E., Zaritzky, N.E. 2000. Effects of ripening conditions on the texture of Gouda cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 35(2), pp.207-214.

Cogan T.M., Beresford, T. 2002. Microbiology of hard cheese. In: *Dairy Microbiology Handbook*, 3rd ed., Robinson, R.K. (ed.), Wiley-Interscience, New York, pp.515-560.

Folkertsma, B., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. 1996. Accelerated ripening of Cheddar cheese at elevated temperatures. *International Dairy Journal*, 6, pp.1117-113.

Lawrence, R.C., Creamer, L.K., Gilles, J. 1987. Texture development during cheese ripening. *Journal of Dairy Science*, 70, pp. 1748-1760.

Lobato-Calleros, C., Vernon-Carter, E. J., Guerrero-Legarreta, I., Soriano-Santos, J., & Escalona-Beundia, H. 1998. Use of fat blends in cheese analogs: Influence on sensory and instrumental textural characteristics. *Journal of Texture Studies*, 28, 619-632.

Lobato-Calleros, C., Vernon-Carter, E. J., & Hornelas-Urbe, Y. 1998. Microstructure and texture of cheese analogs containing different types of fat. *Journal of Texture Studies*, 29, 569–586.

Marshall, R. J. 1990. Composition, structure, rheological properties and sensory texture of cheese analogues. *Journal of Science and Food Agriculture*, 50, 237–252.

Benfeldt, C. 2006. Ultrafiltration of cheese milk: effect on plasmin activity and proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 16, 600–608.

Guinee, T. P., Pudja, P. D., & Mulholland, E. O. 1994. Effect of milk protein standardization, by ultrafiltration, on the manufacture, composition and maturation of cheddar cheese. *Journal of Dairy Research*, 61, 117–131.

Harper, J., Iyer, M., Knighton, D., & Lelievre, J. 1989. Effects of whey proteins on the proteolysis of cheddar cheese slurries (a model for the maturation of cheeses made from ultrafiltered milk). *Journal of Dairy Science*, 72, 333–341.

Larsson, M., Zakora, M., Dejmeek, P., & Ardo, Y. 2006. Primary proteolysis studied in a cast cheese made from microfiltered cheese. *International Dairy Journal*, 16, 623–632.

Heino, A., Uusi-Rauva, J. & Outinen, M. 2010. Pre-treatment methods of Edam cheese milk. Effect on cheese yield and quality. *LWT – Food Science and Technology*, 43, 640-646.

Metzger L. E. 2003. Nutrition labeling using a computer program. Pages 1–6 in *Food Analysis Laboratory Manual*. Kluwer Academic, New York, NY.

ASTM. 2004. ASTM E-1885-04: Standard test method for sensory analysis—Triangle test. ASTM Int., West Conshohocken, PA.

Awad, S., A. N. Hassan, and K. Muthukumarappan. 2005. Application of exopolysaccharide-producing cultures in reduced-fat Cheddar cheese: Texture and melting properties. *J. Dairy Sci.* 88:4204–4213.

Harvey, C. D., H. A. Morris, and R. Jenness. 1982. Relation between melting and textural properties of process Cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 65:2291–2295.

Janevski, O., Hassan, A. N. & Metzger L. 2012. Application of salt whey in process food made from Cheddar cheese containing exopolysaccharides. *J. Dairy Sci.* 95:3609-3616.

Rakcejeva, T., Zagorska, J., Dukalska, L., Galoburda, R., & Eglitis, E. 2009. Physical-chemical and sensory characteristics of Cheddar cheese snack produced in vacuum microwave dryer. *Chemine Technologija*. Nr. 3 (52).

Saint-Eve, A., Lauverjat, C., Magnan, C., Deleris, I. & Souchon, I. 2009. Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheese. *Food Chemistry* 116, 167-175.

Foegeding, E. A., & Drake, M. A. 2007. Invited review: Sensory and mechanical properties of cheese texture. *Journal of Dairy Science*, 90, 1611–1624.

Wendin, K., Langton, M., Caous, L., & Hall, G. 2000. Dynamic analyses of sensory and microstructural properties of cream cheese. *Food Chemistry*, 71, 363–378.

Zhao, X., & Zheng, X. 2009. A primary study on texture modification and proteolysis of mao-tofu during fermentation. *ISSN Academic Journals* 1684-5315.

Balkir, P. & Metin, M. 2011. Physicochemical and textural properties of imitation fresh kashar cheeses prepared from casein, caseinates and soy protein. *GIDA* 36 (1): 17-24.

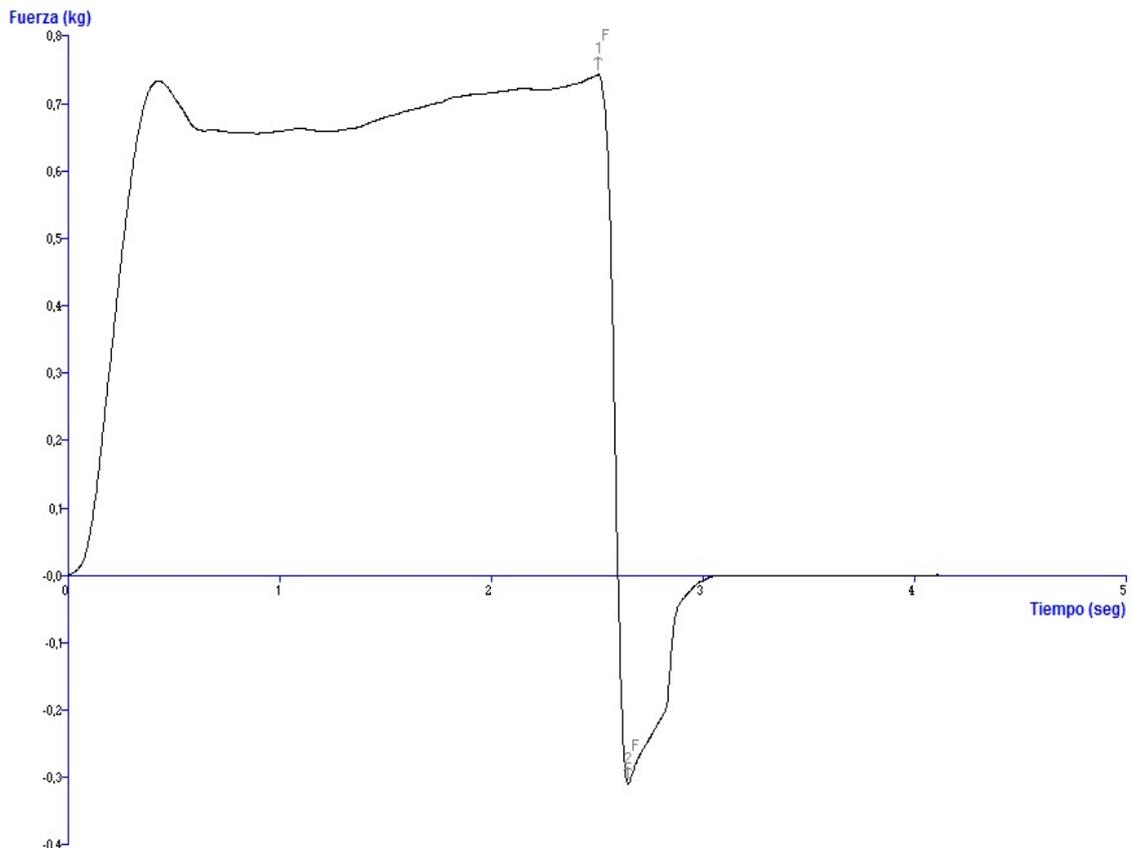
8. APÉNDICES

En este apéndice se recoge un ejemplo de las gráficas obtenidas de cada queso mediante el análisis instrumental de los mismos. Se ilustra una gráfica del primer análisis y otra del último para poder corroborar gráficamente la evolución textural de cada queso.

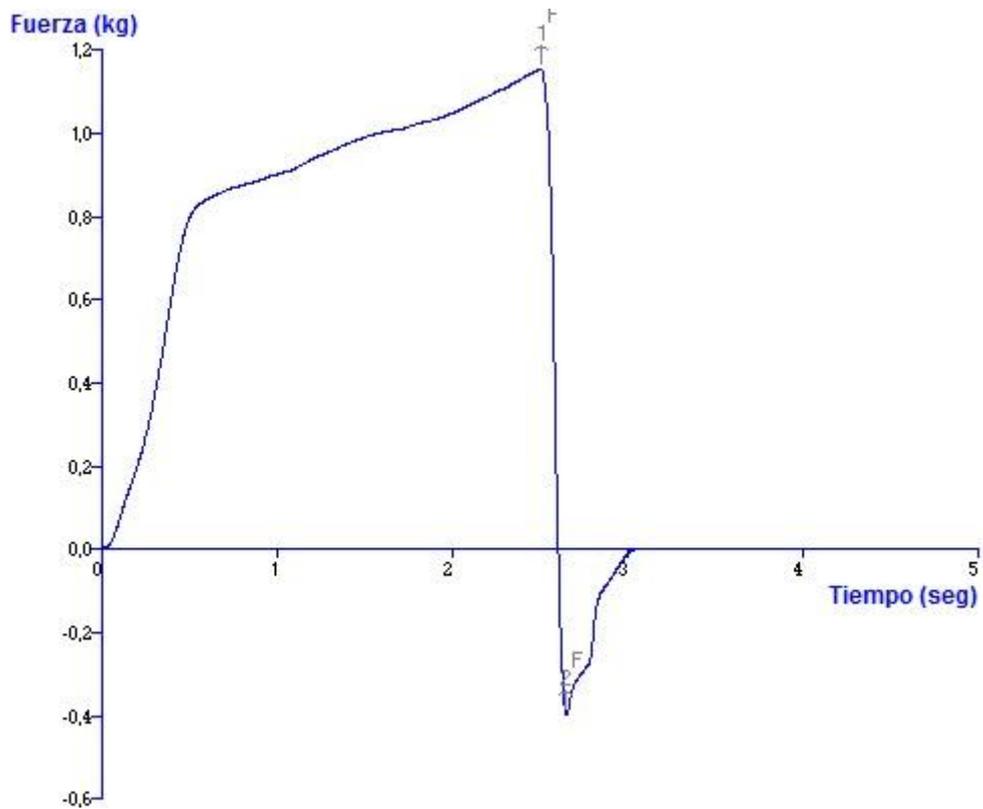
En la parte positiva del eje de ordenadas se observa la evolución de la dureza mientras la sonda penetra en el queso, mientras en la parte negativa del mismo eje se representa la evolución de la adhesividad. En el eje de abscisas se representa el tiempo que la sonda estuvo en movimiento durante cada uno de los análisis realizados.

En la parte final de este apartado se encuentran las gráficas elaboradas a partir de los resultados obtenidos en las catas de evaluación sensorial de la textura de los quesos estudiados. Siendo estas gráficas las empleadas para comparar los datos obtenidos por vía instrumental con los obtenidos en las evaluaciones organolépticas.

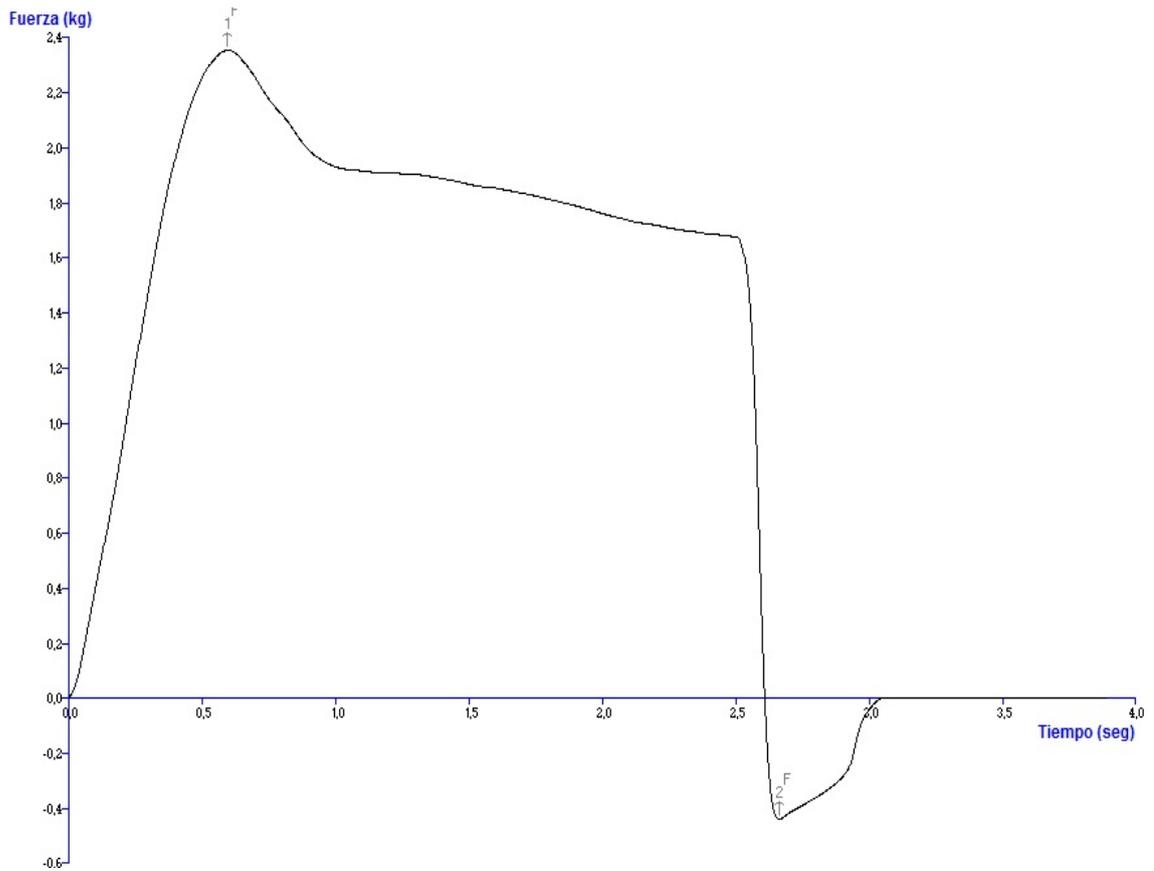
Textura del queso Cabrales en el Análisis I:



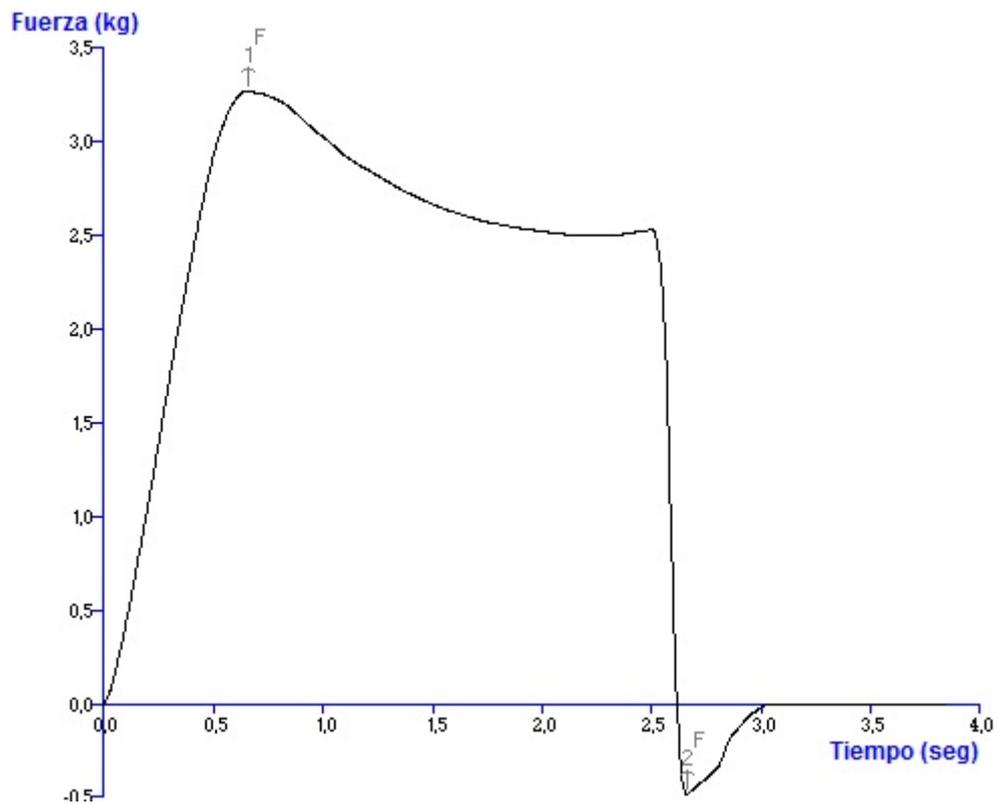
Textura del queso Cabrales en el Análisis IV:



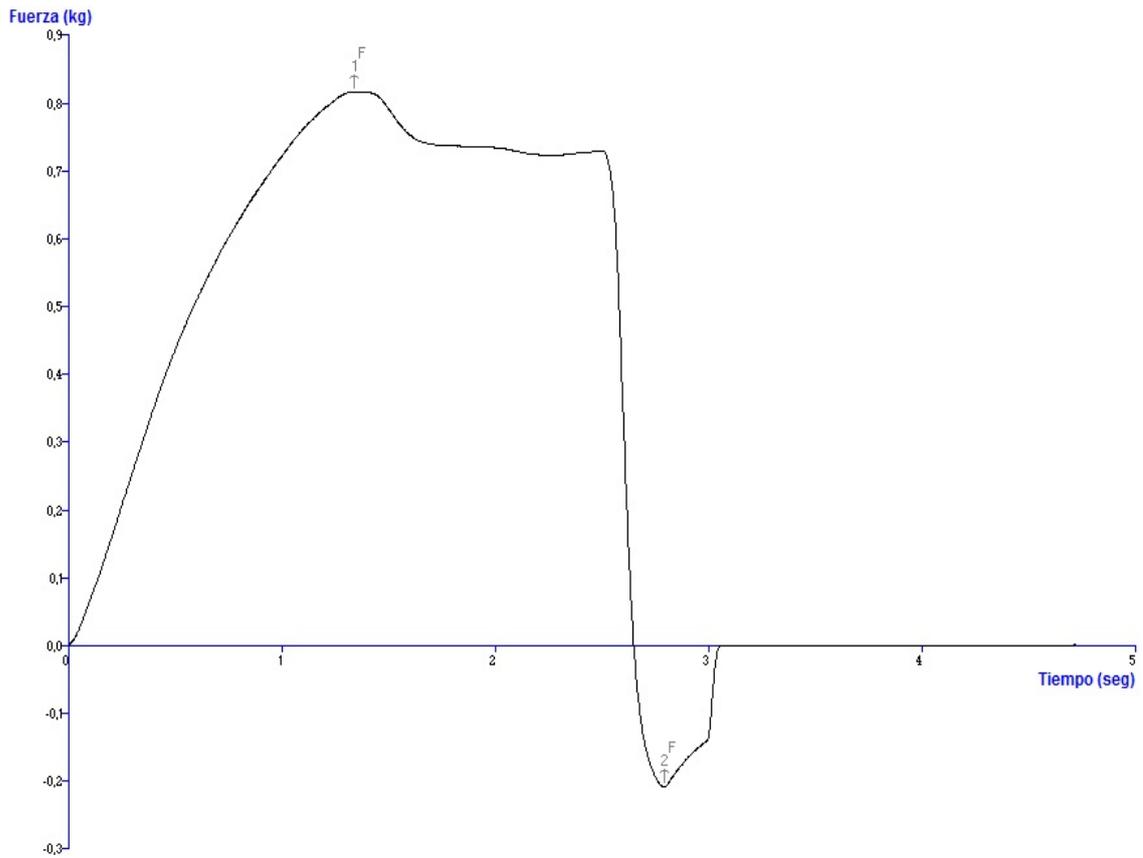
Textura del queso Gamonéu en el Análisis I:



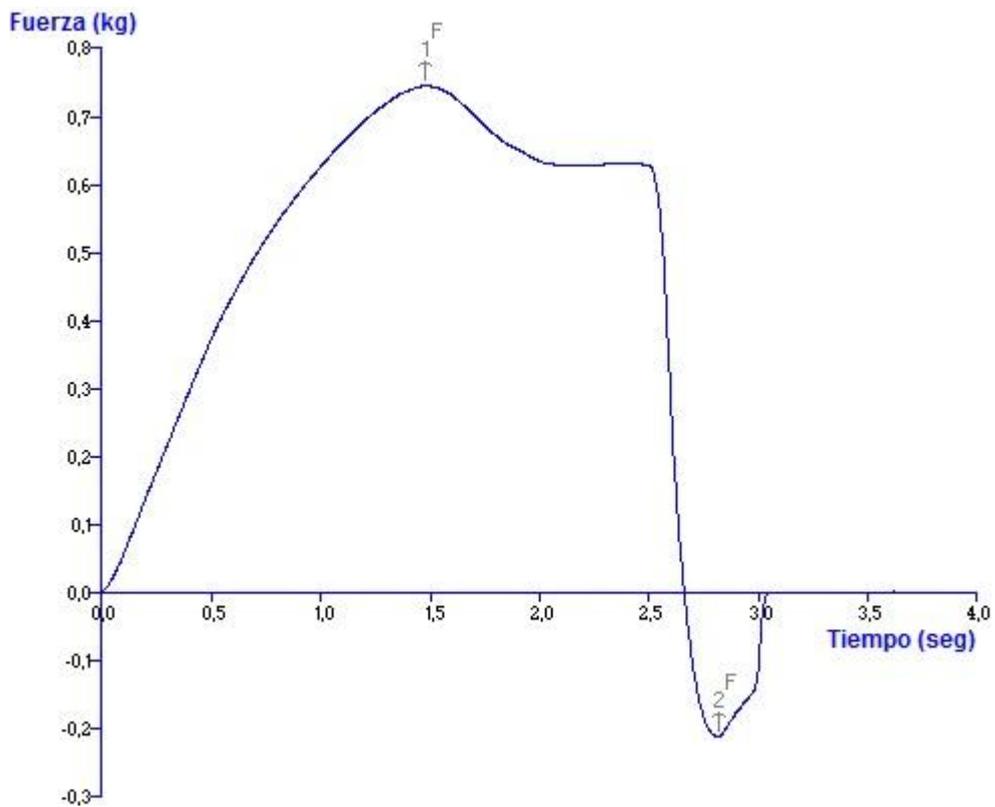
Textura del queso Gamonéu en el Análisis IV:



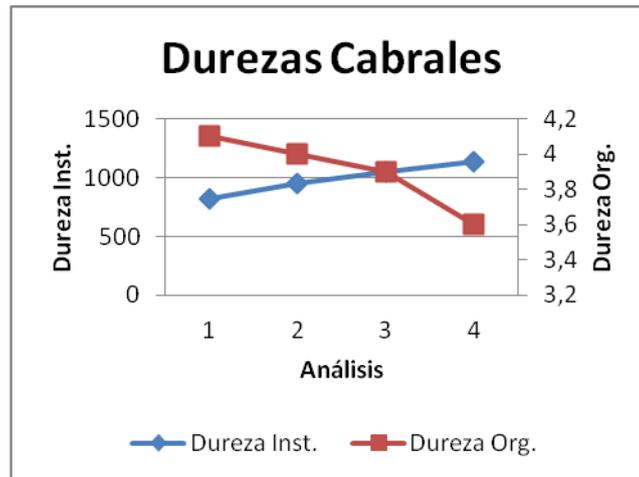
Textura del queso La Peral en el Análisis I:



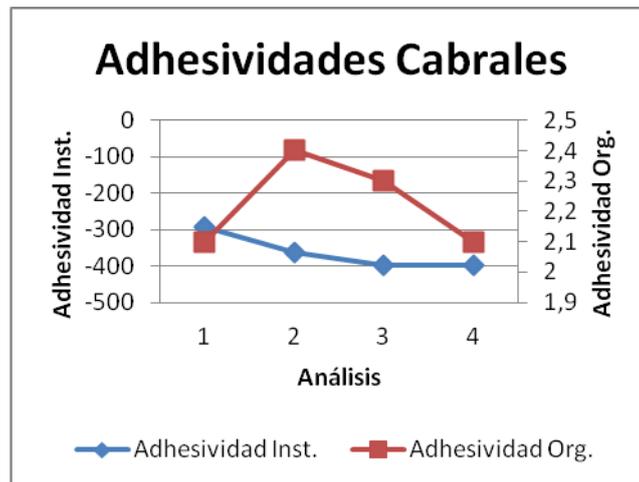
Textura del queso La Peral en el Análisis IV:



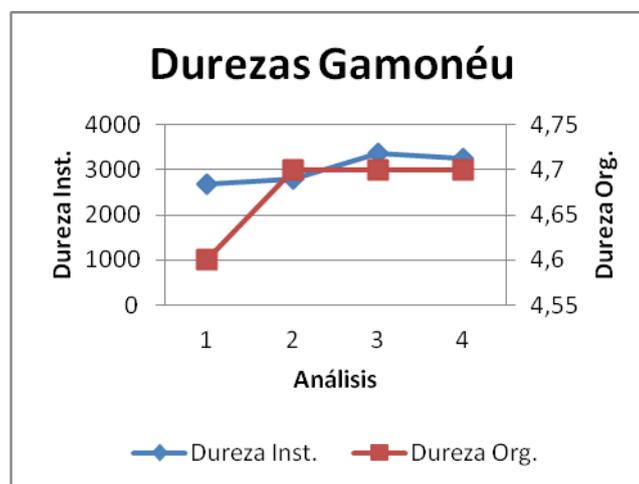
Dureza instrumental y organoléptica en el queso Cabrales:



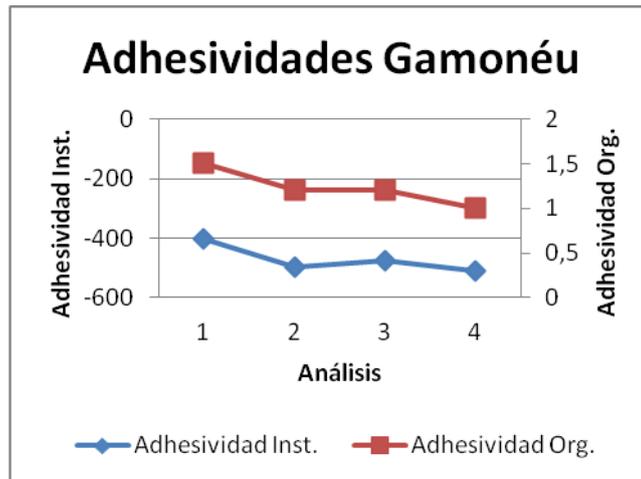
Adhesividad instrumental y organoléptica en el queso Cabrales:



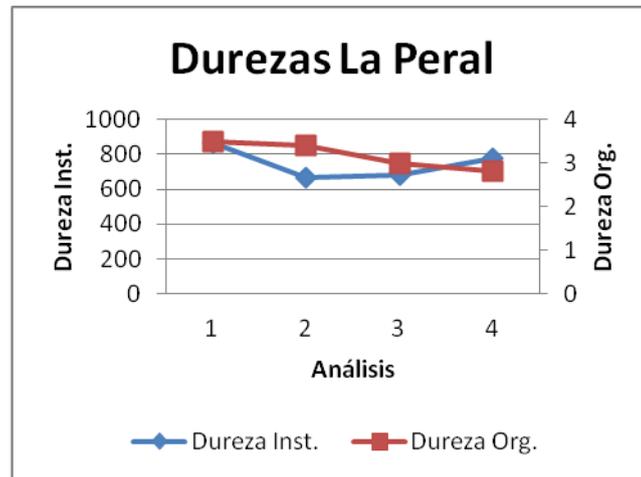
Dureza instrumental y organoléptica en el queso Gamonéu:



Adhesividad instrumental y organoléptica en el queso Gamonéu:



Dureza instrumental y organoléptica en el queso La Peral:



Adhesividad instrumental y organoléptica en el queso La Peral:

