



Trabajo Final Integrador

Carrera de Especialización en Ciencia y Tecnología de la Leche y Productos
Lácteos

TEMA: *Queso rallado: Aspectos tecnológicos, fisicoquímicos y sensoriales.*

Datos del alumno:

Apellidos y nombres: Caballero, María Soledad

Título: Licenciada en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (FIQ, UNL)

Datos del equipo de dirección:

Apellido y nombre de la directora: Wolf, Irma Verónica

Título: Dra. en Química (FIQ, UNL)

Lugar de trabajo: Instituto de Lactología Industrial (INLAIN) – UNL – CONICET. Teléfono: 0342 4530302

Correo electrónico:

Apellido y nombre del codirector: Perotti, María Cristina

Título: Dra. en Química (FIQ, UNL)

Lugar de trabajo: Instituto de Lactología Industrial (INLAIN) – UNL – CONICET. Teléfono: 0342 4530302

Correo electrónico: cperotti@fiq.unl.edu.ar

Agradecimientos

“Este título no es solo mío, pertenece también a quienes me apoyaron en cada paso”

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la **Universidad Nacional del Litoral**, por permitirme hoy alcanzar un nuevo logro académico.

Al **INLAIN**, a la Directora y a todos los que forman parte de él, gracias por dejarme ser parte de este gran equipo y poder realizar mi TFI.

Un agradecimiento muy especial a **Verónica Wolf y Cristina Perotti**, mis directoras de TFI, por sus palabras de apoyo y su humildad en sus enseñanzas hacía mí. No hay palabras suficientes para expresar mi agradecimiento. Sin ustedes, este logro no habría sido posible. Gracias por esta oportunidad de crecimiento y superación personal.

A **mi hija**, mi vida y mi alegría más grande, y a **Sergio**, mi amor y compañero de vida, gracias a los dos por estar siempre a mi lado.

A **mis padres**, por su amor incondicional, protección y apoyo día tras día.

A **mis hermanos y toda mi familia**, que son mi sostén y mi lugar seguro en este mundo.

A **mis amigas**, mis hermanas del corazón, que con su cariño y compañía hacen que la vida sea más hermosa.

A **mis compañeras y compañeros del INLAIN**, por ser parte de mis días y llenarlos de alegría y aprendizaje.

A **Victoria Beret**, por su aporte invaluable en el análisis estadístico.

Y al **panel de evaluadores sensoriales entrenados**, profesionales del ITA e INLAIN, gracias por su tiempo, dedicación y profesionalismo.

¡Simplemente gracias, gracias, gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Queso como ingrediente alimentario.....	10
1.2. Requerimientos de funcionalidad	11
1.3. Ingredientes basados en quesos	12
1.4. Ingredientes de queso deshidratados	13
1.4.1. Quesos en polvo	14
1.4.2. Quesos rallados secos	20
1.5. Fracción volátil del queso.....	33
1.5.1. Vías bioquímicas de bioformación de los compuestos volátiles	34
1.5.2. Metodologías analíticas para el estudio de compuestos volátiles.....	36
1.5.3. Compuestos volátiles en quesos en polvo y en quesos rallados	37
1.6. Análisis sensorial	42
1.6.1. Consideraciones generales.....	42
1.6.2. Evaluación sensorial	45
1.6.3. Evaluación sensorial de queso rallado.....	50
2. OBJETIVOS	52
3. MATERIALES Y MÉTODOS	53
3.1. Quesos rallados comerciales.....	53
3.2. Muestreo de los quesos.....	53
3.3. Determinación de humedad	54
3.4. Análisis de compuestos volátiles por SPME-GC/FID-MS	54
3.5. Análisis sensorial.....	55
3.6. Análisis estadístico	58
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1. Contenido de humedad	60
4.2. Composición global de los quesos.....	60
4.3. Perfil de compuestos volátiles	62
4.3.1. Análisis de los compuestos volátiles por grupos de compuestos	62
4.3.2. Análisis de los compuestos volátiles por PCA	76
4.4. Análisis Descriptivo Cuantitativo.....	79
4.5. Análisis de los descriptores sensoriales por PCA.....	88

4.6. Análisis de correlación entre grupos de compuestos volátiles y descriptores sensoriales.....	91
5. CONCLUSIONES	93
6. ANEXO.....	95
7. BIBLIOGRAFÍA	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema general de los distintos usos del queso como ingrediente.....	11
Figura 2: Clasificación de los ingredientes de queso	13
Figura 3: Mercado global de los quesos en polvo.....	16
Figura 4: Esquema de producción de los quesos en polvo.....	17
Figura 5: Producción (en tn) de la categoría “otros quesos”	21
Figura 6: Imagen de una lavadora industrial de queso.....	24
Figura 7: Imagen de una raspadora de quesos semi-automática	24
Figura 8: Imagen de un rallador industrial de queso.....	25
Figura 9: Equipos para el deshidratado y enfriado del queso rallado.....	26
Figura 10: Determinantes de la calidad del queso rallado Parmigiano Reggiano....	27
Figura 11. Principales vías metabólicas de formación de compuestos volátiles en queso.....	35
Figura 12: Esquema del procedimiento de aislamiento de compuestos volátiles por SPME.....	36
Figura 13: Esquema de un GC acoplado a un espectrómetro de masas	37
Figura 14: Principales componentes volátiles que caracterizan a los quesos tipo grana, origen y notas aromáticas	39
Figura 15: Comparación del perfil de compuestos volátiles de quesos Reggianito (n=18) con los quesos Parmigiano Reggiano (n=3) y Grana Padano (n=3).....	41
Figura 16: Cabinas individuales para ensayos sensoriales del Instituto de Tecnología de los Alimentos (FIQ-UNL)	47
Figura 17: Muestras de quesos rallados comerciales analizados	53
Figura 18: Fraccionamiento de las muestras para el análisis sensorial	54
Figura 19: Reunión grupal de los evaluadores para consensuar descriptores, formas de evaluación y anclaje de las escalas sensoriales.....	56
Figura 20: Evaluación sensorial de los quesos rallados utilizando metodología QDA	58
Figura 21: Valores porcentuales de los grupos de compuestos volátiles de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6)	63
Figura 22: PC1 vs PC2 <i>loadings</i> obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles de volátiles de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).	77

Figura 23: PC1 vs PC3 <i>loadings</i> obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles de volátiles de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes)..	78
Figura 24: PC1 vs PC2 <i>scores</i> obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles de volátiles de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).	78
Figura 25: PC1 vs PC3 <i>scores</i> obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles de volátiles de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).	79
Figura 26: Perfiles sensoriales de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) ...	80
Figura 27: Aspecto y color de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6)	83
Figura 28: Correlación de granulosis vs dureza de partícula para los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6).....	86
Figura 29: PC1 vs PC2 <i>loadings</i> obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles sensoriales de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes)	89
Figura 30: PC1 vs PC3 <i>loadings</i> obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles sensoriales de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes)	89
Figura 31: PC1 vs PC2 <i>scores</i> obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles sensoriales de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes)	90
Figura 32: PC1 vs PC3 <i>scores</i> obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles sensoriales de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).	90
Figura 33: Análisis de correlación y <i>heatmap</i> de los grupos de compuestos volátiles y los descriptores sensoriales relacionados, obtenidos en los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6).....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aplicaciones de los quesos en polvo en diferentes productos alimentario	18
Tabla 2: Venta de productos lácteos en el mercado interno	22
Tabla 3: Aditivos y cantidades permitidas en quesos rallados	33
Tabla 4: Compuestos activos de olor en quesos grana	39
Tabla 5: Descriptores sensoriales y sus anclajes utilizados en la evaluación QDA.	57
Tabla 6: Contenido de humedad de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6)	60
Tabla 7: Datos de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6)	61
Tabla 8: Valores de áreas de compuestos del grupo de los ÁCIDOS (en UA x 10 ³) para los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca	64
Tabla 9: Valores de áreas de compuestos del grupo de los ALDEHÍDOS (en UA x 10 ³) para los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca	67
Tabla 10: Valores de áreas de compuestos del grupo de las CETONAS (en UA x 10 ³) para las seis marcas de quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.....	69
Tabla 11: Valores de áreas de compuestos del grupo de los ALCOHOLES (en UA x 10 ³) para las seis marcas de quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.....	71
Tabla 12: Valores de áreas de compuestos del grupo de los ÉSTERES (en UA x 10 ³) para las seis marcas de quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.....	74
Tabla 13: Valores de áreas de compuestos del grupo de los OTROS COMPUESTOS (en UA x 10 ³) para las seis marcas de quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca	74
Tabla 14: Resultados del QDA de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.....	81
Tabla 15: Resultados del QDA de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los valores promedios de cada marca.....	82

RESUMEN

Los ingredientes de queso o basados en quesos son productos que se preparan sometiendo a los quesos a distintos procesos que pueden implicar un procesamiento mínimo que induce cambios a nivel macroestructural al reducir el tamaño de partícula, o un procesamiento más intenso que puede incluir procesos térmicos, de agitación, etc., o el tratamiento con enzimas o sales emulsificantes que conduce a cambios marcados en la microestructura, composición, proteólisis, lipólisis, textura, *flavor*, etc. El sector industrial destina una proporción importante de los quesos producidos para la elaboración de estos ingredientes, los cuales se utilizan primariamente como agentes de *flavor* y en la formulación de una amplia diversidad de alimentos, comidas preparadas, postres, alimentos secos (sopas, snacks, galletitas, etc.).

Dentro de estos productos a base de queso destacan los ingredientes de queso deshidratados, los cuales comprenden a los quesos rallados secos, quesos en polvo y quesos modificados por enzima deshidratados, los cuales son muy utilizados por su diversidad de usos y practicidad.

En el presente trabajo se realizó una revisión de los distintos aspectos de los quesos rallados y quesos en polvo, que incluyen las principales características fisicoquímicas y sensoriales, los defectos, la tecnología de elaboración, el mercado, la legislación, principales usos, etc. Teniendo en cuenta los escasos estudios fisicoquímicos y sensoriales de los quesos rallados, se adquirieron 12 muestras de quesos correspondientes a seis marcas comerciales, se analizaron los rótulos, se determinó la humedad y los perfiles de compuestos volátiles, y se realizó un análisis sensorial descriptivo.

Los resultados obtenidos indican que la mayoría de los productos comerciales correspondieron a quesos rallados deshidratados, siendo sólo una de las marcas un producto sin deshidratar. Este hecho implicó importantes diferencias entre el producto sin deshidratar y los deshidratados. El análisis sensorial y de la fracción volátil es el primer estudio de su tipo en productos rallados comerciales. Se identificaron 41 compuestos volátiles que correspondieron a diversas familias químicas (cetona, aldehídos, ácidos, alcoholes, ésteres, etc.). Se detectaron algunas diferencias entre muestras de una misma marca comercial y diferencias más acentuadas entre los productos de distintas marcas. Si bien los perfiles de volátiles presentaron algunas similitudes con lo reportado en quesos Reggianito, principal materia prima de los quesos rallados, fue interesante observar diferencias cuali y cuantitativas que estarían asociadas a la tecnología de elaboración que modifica el perfil original del queso Reggianito. El análisis multivariado de los datos

reveló agrupamientos de las muestras en tres grupos, indicando compuestos característicos para cada uno de ellos. El producto sin deshidratar tuvo un perfil de volátiles diferente al resto de las muestras.

El análisis sensorial definió los atributos y descriptores que caracterizan los quesos rallados. Diferencias cuantitativas para la mayoría de los descriptores evaluados se registraron en las distintas muestras. Nuevamente, el análisis multivariado de las puntuaciones de los descriptores diferenció las muestras en tres grupos, de igual forma que en el perfil de volátiles. La marca rotulada como sin deshidratar tuvo las mejores puntuaciones en los distintos parámetros considerados positivos en el aspecto sensorial, como *flavor* y olor característico, solubilidad, color amarillo, etc. Otro de los grupos que se distinguió de las restantes muestras por el descriptor de *off-flavor* correspondió a las muestras descritas por los evaluadores como a plástico, a moho, etc. Esto se relacionó con algunos de los compuestos volátiles que caracterizaron las mismas tales como 2-butenal, 2-metil butanal, etanol, estireno, 2-butanona y 1,3-etil 2,5-dimetilpirazina.

Finalmente, se encontró una correlación positiva entre el *off-flavor* y el grupo de volátiles que incluyó el estireno, 3-etil, 2-5 dimetilpirazina, y 1,3-pentadieno, y entre el gusto salado y las lactonas; por el contrario, una correlación negativa fue detectada para los aldehídos con el *flavor* residual.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Queso como ingrediente alimentario.

El queso es un alimento extremadamente versátil que tiene un amplio rango de texturas, *flavors* y usos. El queso puede consumirse como tal, o puede ser utilizado como un ingrediente en la industrialización de otros alimentos, o en preparaciones culinarias. La mayor parte del queso natural producido es consumido como “queso de mesa”, el cual puede ser definido como aquel que se come solo o acompañado de pan o galletitas. Sin embargo, en las últimas décadas cantidades crecientes de queso son consumidas como un ingrediente alimentario, debido principalmente al rápido crecimiento de los snacks, los alimentos listos para el consumo y los servicios de comida rápida. Las estadísticas basadas en el perfil de consumo del queso indican que entre el 35 y el 45% de la producción total es consumida como ingrediente en otros alimentos (Guinee & Kilcawley, 2017).

Los usos típicos del queso como ingrediente y que no implica ningún tipo de procesamiento adicional, incluye la preparación de distintas comidas, postres o platos, donde el queso se utiliza en forma no cocida (sándwiches, cheese-cake, postres) o cocida (pizzas, fondues, omelettes, etc.). En este caso, el **queso** es un **ingrediente** (*ingredient cheese*) que se lo utiliza directamente en el hogar y en los servicios de comida (rotiserías, catering, restaurantes, etc.). En otras ocasiones, el queso es usado por el sector industrial para la elaboración de diferentes productos a base de queso. En este caso el queso es sometido a diversos procesamientos, obteniéndose de este modo ingredientes tales como: quesos rallados listos para su uso, mezclas de quesos, quesos en polvo, quesos modificados por enzimas, etc. Estos productos denominados **ingredientes de queso** (*cheese ingredient*) se utilizan primariamente como agentes de *flavor*, en la formulación de una amplia diversidad de alimentos, comidas preparadas, postres, alimentos secos (sopas, snacks, galletitas, etc.) (**Figura 1**).

Los ingredientes de queso son preparados sometiendo al queso natural a los siguientes procesos:

- Un procesamiento primario mínimo involucrando cambios en la macroestructura por la aplicación de alguna acción física de reducción de tamaño de partícula tales como corte en cubos, hebras, rallados o molidos.

- Un procesamiento secundario más elaborado implicando diversos procesos (ej. calentamiento, cizallamiento, etc.) y/o agentes (ej. enzimas, sales emulsificantes, etc.), lo

cual conduce a marcados cambios en la microestructura y en los niveles de lipólisis, proteólisis, textura, *flavor*, etc.

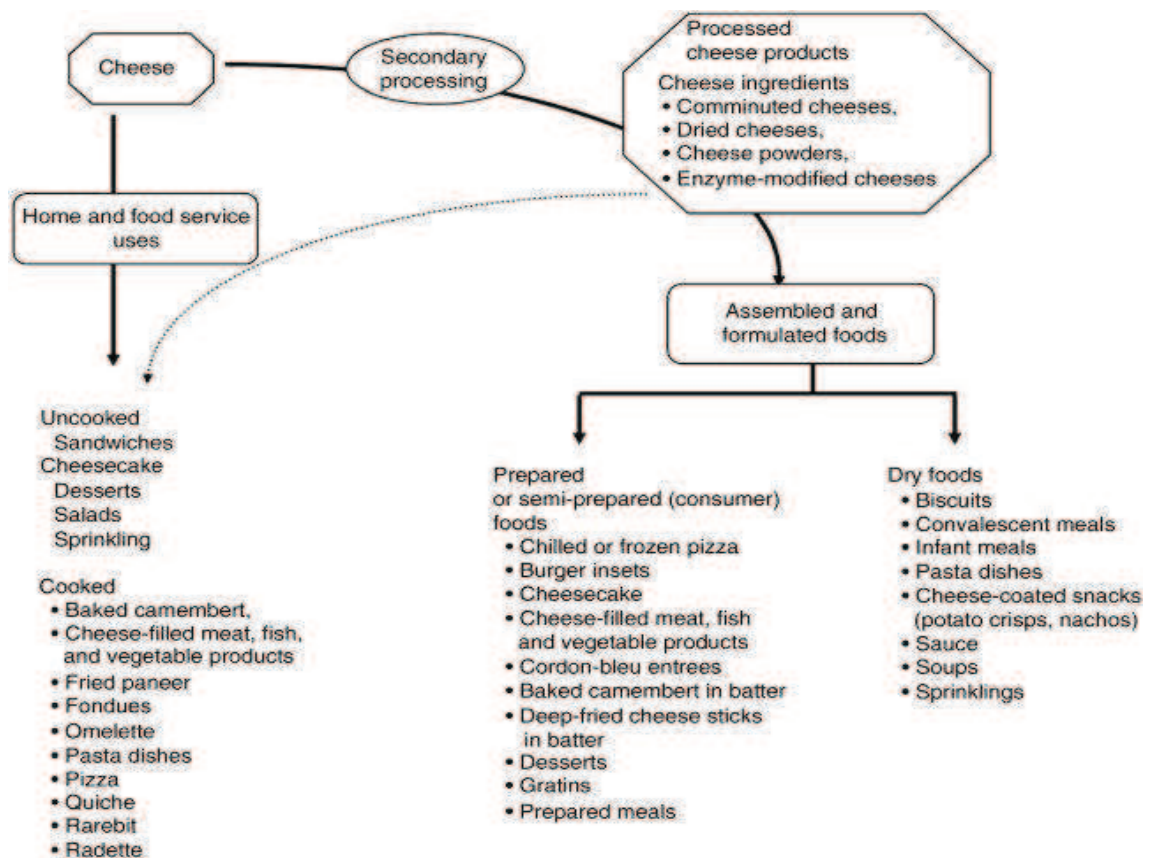


Figura 1: Esquema general de los distintos usos del queso como ingrediente.

Extraído de: Guinee & Kilcawley (2017).

1.2. Requerimientos de funcionalidad

Cuando el queso se utiliza como ingrediente debe cumplir determinados requisitos de funcionalidad.

La funcionalidad del queso se define como su idoneidad para cumplir un conjunto de requerimientos que dependen de las condiciones de uso final del mismo: para el consumidor o para la industria. Es decir, el tipo y nivel de funcionalidad esperada dependen de la aplicación en particular.

Los dos principales requerimientos del queso como ingrediente son: 1) maquinabilidad (capacidad del queso para ser rallado, troceado, cortado o rebanado), y 2) propiedades específicas de cocción y fusión. Desde el punto de vista físico, la funcionalidad del queso comprende la fundibilidad, desmenuzabilidad, elasticidad, textura, sensación en boca y *flavor* (Lamichhane et al., 2017).

En el caso de los quesos que se utilizan en forma directa como ingredientes culinarios (*ingredient cheese*) la funcionalidad depende si el mismo se va a someter o no a un tratamiento térmico. Las funcionalidades requeridas en un queso no calentado incluyen la capacidad de desmenuzarse, cortarse, extenderse, triturarse o rallarse. Por su parte en un queso calentado el comportamiento a la cocción es muy importante y se asocian con la apariencia global, el *flavor*, el grado de fluidez (se puede requerir que el queso funda y fluya suficientemente dentro de un dado tiempo a una dada temperatura), la pérdida de aceite, la estabilidad térmica (capacidad de permanecer fluido pero con estructura sin formar costras durante un tratamiento prolongado a alta temperatura, o mantener suficiente fluidez mientras se aplica un calentamiento posterior, por ej. en un baño maría), el comportamiento al enfriamiento (por ej. la rapidez con la que se solidifica luego de calentado), etc. (Guinee & Kilcawley, 2017).

Por ejemplo, el queso Feta (de origen griego) que es desmenuzable, es ideal para la preparación de ensaladas; el queso Parmesano de estructura seca y granulosa es idóneo para rallar, y por lo tanto puede esparcirse sobre diferentes platos de pastas; el queso Mozzarella cuando se calienta exhibe moderada fluidez y la capacidad de formar hebras que se aprovecha en alimentos como la pizza. Sin embargo, estas propiedades funcionales que definen el uso posterior del queso pueden variar según el tipo de queso, la composición (contenido de Ca, pH, etc.), organización estructural (interacciones entre los componentes: caseína-caseína, caseína-grasa, caseína-agua, etc.) y el tiempo y grado de maduración del mismo (Lamichhane et al., 2017).

Por lo tanto, los quesos que son destinados directamente a la elaboración de otros alimentos o platos fríos o calientes, se fabrican con funcionalidades “a medida” que se diseñan específicamente para su uso como ingrediente en las aplicaciones particulares (Jana & Tagalpallewar, 2017). De este modo, la producción de un queso que va a utilizarse como ingrediente generalmente involucra ciertos cambios en el proceso de manufactura y en la composición, respecto al queso natural, de tal modo de otorgarle la funcionalidad requerida para el producto al cual estará destinado.

1.3. Ingredientes basados en quesos

Los ingredientes de queso o ingredientes basados en quesos, como ya se indicó, son aquellos ingredientes preparados sometiendo a los quesos a distintos procesos que pueden implicar un procesamiento mínimo que induce cambios a nivel macroestructural al reducir el tamaño de partícula, o un procesamiento más intenso que puede incluir procesos

térmicos, de agitación, etc., o el tratamiento con enzimas o sales emulsificantes que conduce a cambios marcados en la microestructura, composición, proteólisis, lipólisis, textura, *flavor*, etc. De acuerdo a lo indicado en las **Figura 1** y la **Figura 2**, los ingredientes de queso pueden clasificarse en:

- Quesos a los cuales se reduce el tamaño de partícula por la aplicación de acciones mecánicas que permite la obtención de productos rallados, cortados en cubos, en hebras, triturados, desmenuzados, etc. (*commuted cheese*).
- Ingredientes de queso deshidratados (DCIs), los cuales comprenden a los quesos rallados secos (*dried grated cheese*), quesos en polvo (*cheese powder*), y quesos modificados por enzimas deshidratados (EMC dried).
- *Flavors* de quesos concentrados (CCF), los cuales comprenden diferentes tipos de ingredientes lácteos modificados por enzimas.

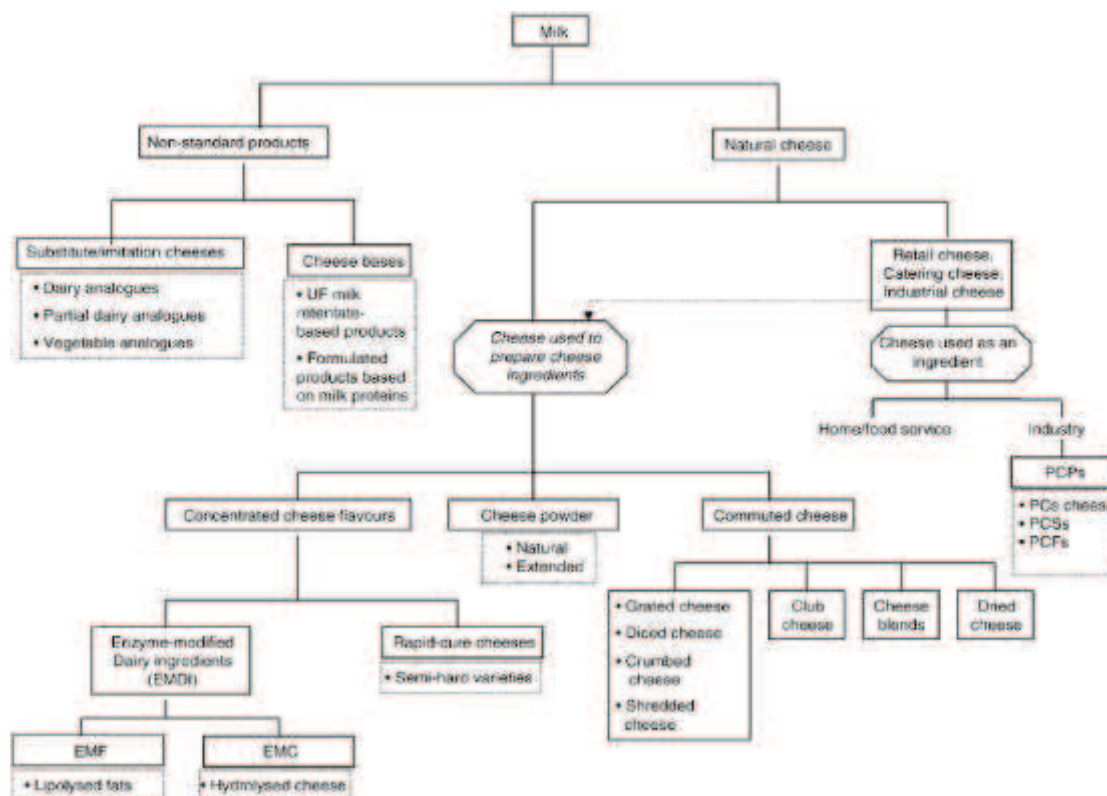


Figura 2: Clasificación de los ingredientes de queso.

Extraído de: Guinee & Kilcawley (2017).

1.4. Ingredientes de queso deshidratados

Dentro de la amplia variedad de ingredientes a base de queso destacan, por su importancia económica y su multiplicidad de usos, los *ingredientes de queso*

deshidratados (DCIs). Estos productos surgieron durante la II Guerra Mundial como un medio de preservar los quesos en condiciones bajo las cuales un queso natural no podía ser sometido, por ejemplo, a temperaturas por encima de 21°C por largos períodos de tiempo (Deshwal et al., 2024).

Los DCIs son actualmente de enorme importancia económica dado sus innumerables usos como agentes de *flavor* o como un ingrediente de una amplia variedad de alimentos formulados. Los mismos se elaboran a partir de quesos naturales sometidos a operaciones tales como reducción de tamaño (triturado, rallado, molido), calentamiento y mezclado con otros ingredientes, etc. Entre las ventajas de estos productos sobre los quesos naturales pueden mencionarse:

- Conveniencia de uso para los fabricantes de alimentos: Los DCIs pueden ser fácilmente aplicados sobre la superficie de snacks (papas, nachos, copos de maíz, etc.) o incorporados en distintas preparaciones alimentarias o mezclados en formulaciones secas. Por el contrario, los quesos naturales requieren reducción de tamaño previo a su uso en estas aplicaciones.
- Mayor vida útil: Teniendo en cuenta las menores actividades acuosas (*aw*) de los DCIs en comparación con los quesos naturales, los DCIs presentan una alta estabilidad permitiendo que sean almacenados por largo períodos de tiempo a temperatura ambiente sin alteración o deterioro de la calidad.
- Gran diversidad de perfiles de *flavor* y funcionalidades: La posibilidad de trabajar con mezclas de distintos tipos de quesos permite la obtención de un amplio rango de productos con características específicas de funcionalidad y *flavor*.

Como se mencionó, bajo la clasificación de DCIs se incluyen principalmente los quesos en polvo y los quesos rallados.

1.4.1. Quesos en polvo

Los **quesos en polvo** (*cheese powder*) son productos que resultan de la remoción de la humedad del queso (Deshwal et al., 2024). Debido a la tecnología de secado aplicada se mantienen las propiedades nutricionales del queso natural de origen, con la ventaja adicional que tienen una mayor vida útil, fácil manejo, y transporte y almacenamiento sin necesidad de refrigeración (Izadi et al., 2020). Se trata de un producto homogéneo, de calidad y sabor uniforme, microbiológicamente seguro y listo para usar. (http://www.publitech.com.ar/system/noticias.php?id_prod=209&id_cat=13&mover=9)

Son ampliamente utilizados en la industria alimentaria como ingredientes multifuncionales en diversas preparaciones alimentarias, tales como galletitas, snacks salados, productos de panadería, salsas, aderezos, platos listos para el consumo y quesos procesados, contribuyendo a la textura, sensación en boca y color. Sin embargo, el uso primario que se realiza de estos productos es tanto como agentes de *flavor* (*flavouring agents*) como de funcionalidad (Varming et al., 2011; Felix da Silva et al., 2020a, 2020b).

Los trabajos científicos reportados sobre quesos en polvo se centran en el efecto de algunos parámetros composicionales y de las características de la emulsión en la calidad de los productos obtenidos (Felix da Silva et al., 2017, 2018a, 2018b; Ray et al., 2016; Kelimu et al., 2017; Urgu et al., 2018, 2019). Debido a que el empleo de sales emulsificantes aportan sodio, y existe a nivel mundial una tendencia a reducir la cantidad de este mineral adicionado a los alimentos, otros estudios se centran en ensayar estrategias para evitar el empleo de estas sales (Felix da Silva et al., 2020a, 2020b). Además, el efecto de otras técnicas de secado (por ej. secado en esterilla de espuma *-foam-mat drying-*) en las propiedades de los polvos de queso también ha sido evaluado (Izadi et al., 2020).

Mercado de los quesos en polvo

El mercado de los quesos en polvo fue de U\$S 630 millones en 2023 y se proyecta que alcance U\$S 895 millones en 2028, a una tasa de crecimiento anual (CAGR) del 7% aprox. a nivel mundial (**Figura 3**).

El mercado del queso en polvo se encuentra fuertemente relacionado al crecimiento de la industria de la comida rápida y de conveniencia. La tasa de crecimiento de la industria de la comida rápida es significativa debido a los cambios en el estilo de vida de la población a nivel mundial. Estados Unidos es el mercado dominante en este sector y se prevé que esta tendencia continúe. Las economías emergentes de la región Asia-Pacífico son los principales mercados de queso en polvo y contribuyen cada vez más a su demanda, debido al aumento de la renta disponible, el rápido crecimiento demográfico y el incremento de la demanda de alimentos procesados en estos países. El auge de las comidas rápidas en Asia-Pacífico y Latinoamérica ha generado un enorme aumento en la demanda de productos a base de queso. Además, las constantes innovaciones ofrecen oportunidades de inversión a los fabricantes de queso en polvo.

(<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cheese-powder-market-103908380.html>)

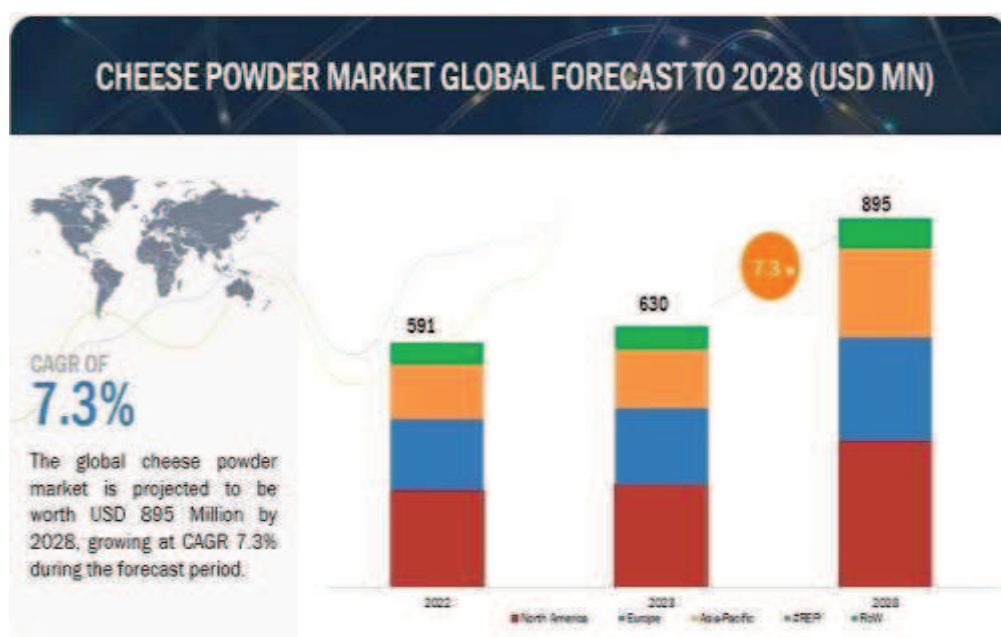


Figura 3: Mercado global de los quesos en polvo.

Extraído de: www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cheese-powder-market-103908380.html.

Tecnología de elaboración

El proceso de manufactura se inicia formulando una emulsión de queso conteniendo como principales ingredientes: queso, agua y sales emulsionantes (secuestrantes de calcio, CSSs). En algunos casos se adicionan además otros componentes tales como sólidos de leche, suero y mejoradores del *flavor*.

La tecnología de elaboración involucra las siguientes etapas (Deshwal et al., 2024; Felix da Silva et al., 2020a):

- *Selección de la materia prima:* Se pueden utilizar varios tipos de quesos incluyendo Cheddar, Danbo, Camembert, Gouda y Emmental. El tipo de queso y la edad del mismo afectan los niveles de degradación de la proteína y de la materia grasa de la matriz. Por esta razón, los quesos madurados son preferidos para mejorar el *flavor* del producto final, mientras los quesos jóvenes son usados debido a su alta cantidad de proteína intacta, aunque ellos son más difíciles de emulsionarse. Usualmente se utilizan mezclas de quesos, dependiendo de la funcionalidad requerida del producto.
- *Picado o cortado del queso en cubos y mezclado con agua y otros ingredientes:* La materia seca se ajusta a 25-45% p/p con la adición de agua. Se adicionan sales secuestrantes de calcio basadas en fosfatos y citratos en un nivel de 3-3,5%, las

cuales cumplen un rol crucial en la emulsificación de la materia grasa, asegurando una distribución uniforme de la grasa en la emulsión del queso.

- *Calentamiento de la mezcla*: Las condiciones de tiempo y temperatura a las cuales se calienta la mezcla varían de acuerdo a la literatura. Una condición habitual es 60°C por al menos 1 h, bajo agitación continua. Es común que se incluya un paso de homogeneización durante el procesamiento para mejorar la estabilidad antes del secado.
- *Tamizado de la mezcla caliente*: Se separan los componentes no disueltos (*cheese retentate*) del filtrado o permeado que continúa el proceso (*cheese feed*).
- *Pasteurización y secado spray de la emulsión de queso*.

Un esquema del proceso de producción de los quesos en polvo se muestra en la **Figura 4**.



Figura 4: Esquema de producción de los quesos en polvo.

Extraído de: Deshwal et al. (2024).

Aplicaciones de los quesos en polvo

Las características deseables de los quesos en polvo son: tener alta solubilidad, no presentar grumos, ser estables al almacenamiento y otorgar al producto final notas de *flavor* típicas de los quesos, entre otras.

Los quesos en polvo son ampliamente utilizados como ingredientes multifuncionales en distintos alimentos, contribuyendo a la textura, sensación al paladar y al color; sin embargo, su rol primario es su uso como agente aromatizante o de *flavor*, y en menor medida como agente emulsificante (Deshwal et al., 2024). Las cantidades usualmente adicionadas en productos alimenticios se encuentran entre 5 y 10%, variando de acuerdo a la intensidad de *flavor* a queso deseada.

Algunas aplicaciones reportadas son resumidas en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Aplicaciones de los quesos en polvo en diferentes productos alimentarios.

Productos alimenticios	Funcionalidad
Snacks extrudados basados en harina de arroz y maíz	Contenido de nutrientes incrementados y mayor expansión de los snacks.
Brotes de brócoli en polvo	Mayor retención de polifenoles y carotenoides.
Snacks fritos a base de harina de garbanzos negros	<i>Flavor</i> a queso conduciendo a una mayor aceptabilidad.
Salchichas secas fermentadas	Mayor acidez e intensidad de <i>flavor</i> a queso en salchichas reducidas en sal.
Salchichas cárnicas	Mayor dureza e intensidad de <i>flavor</i> a carne.
Mayonesa	Buena emulsificación de la grasa y desarrollo de una estructura tipo gel.

Extraído de: Deshwal et al. (2024)

Otras posibles aplicaciones se detallan a continuación (www.publitech.com.ar/system/noticias.php?id_prod=209&id_cat=13&mover=9):

Panificados y galletería: En galletitas saladas y productos de panadería, la aplicación de queso en polvo es fundamental para lograr el sabor natural deseado. La presencia de proteínas y grasa láctea colabora con la estructura de la masa y da cuerpo a los rellenos grasos.

Sopas, salsas y aderezos: En estos productos los quesos en polvo ofrecen una combinación única de sabor y funcionalidad. Por otra parte, el perfil de sabor puede ser

adaptado a las preferencias locales mediante la adición de quesos con diferente maduración y provenientes de diferentes regiones.

Quesos procesados y quesos análogos: La adición de queso en polvo durante la elaboración garantiza una materia prima homogénea, de sabor uniforme y proteínas de buena calidad.

Platos listos: Los quesos en polvo pueden ser aplicados en la preparación de platos en los que se requieren notas a quesos específicos o realzar el sabor general.

Snacks: En snacks ya sea extrudados o expandidos, los quesos en polvo proporcionan una combinación única de sabor, funcionalidad y comodidad. Además de una nota base de queso, proporcionan el "cuerpo" para los ingredientes complementarios y desempeñan un papel importante en el *mouthfeel* (sensación en boca) y la percepción global de aroma/sabor del producto final. De esta manera, utilizando la combinación correcta de quesos en polvo se puede proporcionar un efecto umami más natural y rico que el que aportan los potenciadores de sabor tradicional (por ej. glutamato de sodio).

Postres: La proteína láctea presente en el queso en polvo aporta propiedades emulsionantes que colaboran en la cohesión y la estabilidad de una mousse o postre. Se encuentran disponibles una gran variedad de productos a base de queso con perfiles de sabor tales como a queso crema, ideal para su aplicación en postres.

Aspectos legislativos

En nuestro país, el Código Alimentario Argentino (CAA) legisla sobre los quesos en polvo en el Capítulo VIII. El Art. 640 bis establece: “Con el nombre de **Queso en Polvo** se entiende el producto obtenido por fusión y deshidratación, mediante un proceso tecnológicamente adecuado, de una mezcla de una o más variedades de quesos, con o sin el agregado de otros productos lácteos y/o sólidos de origen lácteo y/o especias, condimentos u otras sustancias alimenticias, en el cual el queso constituye el ingrediente lácteo utilizado como materia prima preponderante en la base láctea del producto”.

La denominación Queso en Polvo está reservada a los productos en los cuales la base láctea no contenga grasa y/o proteínas de origen no lácteo. Cuando en su elaboración se utilice una determinada variedad de queso en una proporción mínima de 75% del total de la base láctea, el producto se denominará "Queso... en Polvo" llenando el espacio en blanco con el nombre de la variedad predominante. La materia grasa del Queso en Polvo debe cumplir con los criterios de identidad y calidad establecidos en el artículo 555 bis del presente Código.

En la elaboración del Queso en Polvo se utilizarán:

a. *Ingredientes obligatorios*: Quesos de una o más variedades y agentes emulsionantes o sales fundentes.

b. *Ingredientes opcionales*: Crema, manteca, grasa anhidra de leche o butter oil, leche, queso procesado, leche en polvo, caseinatos, otros sólidos de origen lácteo, cloruro de sodio, condimentos, especias, otras sustancias alimenticias, almidones o almidones modificados, azúcares y extracto de levadura. Los ingredientes opcionales que no formen parte de la base láctea, solos o combinados deberán estar presentes en una proporción máxima de 30% (m/m) del producto final y los almidones o almidones modificados no podrán superar el 3% (m/m) del producto final.

En el art. 640 bis también se detallan los aditivos permitidos en la elaboración de Queso en Polvo con las siguientes funciones: reguladores de acidez, aromatizantes/saborizantes, colorantes, conservadores y emulsionantes/estabilizantes, y las concentraciones máximas en el producto final.

Respecto a los requisitos organolépticos y sensoriales se mencionan:

- Aspecto y textura: polvo fino, homogéneo.
- Color: blanquecino, amarillento, salvo en aquellos productos que contengan colorantes u otro ingrediente opcional en su formulación, que le confieran color al producto final.
- Sabor: de queso, de acuerdo con la variedad de queso o las variedades de queso que le transfieran sabor característico o de acuerdo con el aromatizante/saborizante utilizado en su elaboración y libre de sabores extraños.
- Aroma: de queso, característico de cada variedad, libre de olores extraños.

En relación a las propiedades fisicoquímicas se establece:

- Humedad: Máx. 5,0 g/100g.
- Materia grasa: Máx. 60,0 g/100g.
- Lactosa: Máx. 6,0 g de lactosa monohidrato/100g.
- Proteína: Mín. 22,0 g/100g.

1.4.2. Quesos rallados secos

Los quesos rallados secos (*dried grated cheeses*) son productos utilizados por el sector industrial como ingrediente en la formulación de alimentos tales como productos de panaderías, pero también usados por los consumidores, quienes fundamentalmente lo utilizan para espolvorear sobre platos de pastas.

Mercado de los quesos rallados

El queso rallado es un producto disponible en el mercado nacional. Este tipo de productos es valorado por los consumidores debido a su amplitud de usos, precio razonable y comodidad (producto listo para utilizar).

En la **Figura 5** se presenta la evolución del volumen de producción desde el 2015 hasta la actualidad, de la categoría “otros quesos” en la cual se incluye al queso rallado. Se observa una disminución en las toneladas producidas en el 2017 (aprox. 30.000 ton.), a partir del cual los niveles se mantuvieron sin grandes cambios hasta la actualidad.

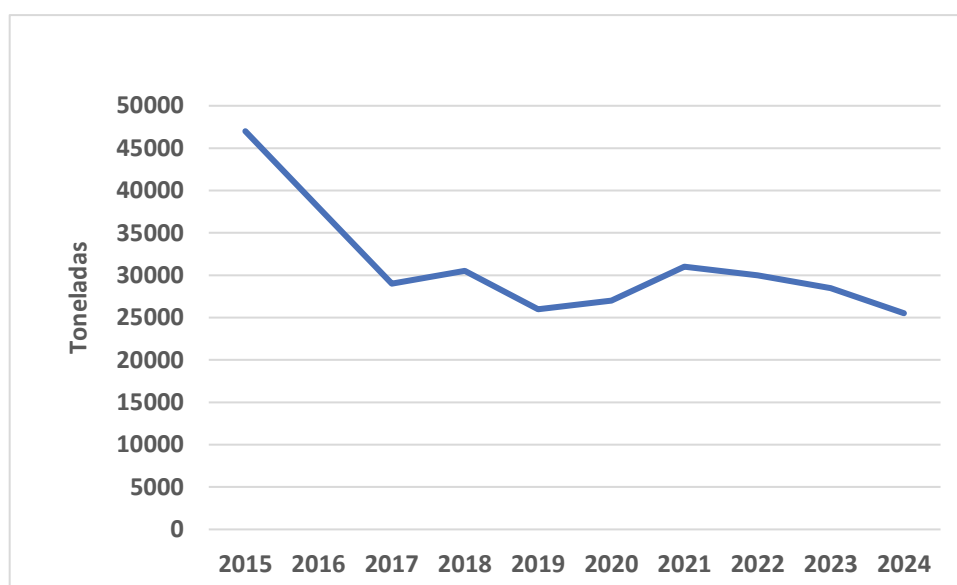


Figura 5: Producción (en tn) de la categoría “otros quesos”.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos provistos en el sitio: www.ocla.org.ar/noticias/32184152-elaboracion-de-productos-lacteos-a-noviembre-de-2024).

En relación a las ventas de productos lácteos en el mercado interno, se observa que en el rubro quesos, en el período enero-abril 2024 vs enero-abril 2023, hubo una caída importante (7,8% en litro equivalentes) (**Tabla 2**). Los productos con mayor precio y de mayor valor agregado como quesos de pasta muy blanda, quesos rallados, leches saborizadas, yogures, flanes y postres, presentaron una gran caída asociada al incremento de precios y al retraso en el poder adquisitivo del sector medio de la población que demanda estos productos.

Tabla 2: Venta de productos lácteos en el mercado interno
(disminución en el período enero-abril 2024 vs. enero-abril 2023).

VENTAS DE PRODUCTOS LÁCTEOS - MERCADO INTERNO ene-abr 2024 vs. ene-abr 2023	en toneladas	en litros Equivalentes
Leches Fluidas	-18,0%	-17,8%
Leches en Polvo	-27,9%	-25,7%
Quesos	-9,7%	-7,8%
Otros Productos	-18,9%	-18,0%
TOTALES	-17,2%	-13,7%

Extraído de:

www.ocla.org.ar/noticias/30131101-ventas-de-productos-lacteos-en-el-mercado-interno-abril-2024.

Quesos utilizados como materias primas

Los quesos destinados a la producción de quesos rallados deben cumplir determinadas propiedades físico-químicas, principalmente relacionadas a los niveles de humedad y de materia grasa en base seca que deben ser relativamente bajos (entre 30% y 34% p/p para humedad y menor a 39% p/p, para grasa en base seca). Además, deben reunir ciertas características sensoriales: la textura debe ser frágil y la fractura debe ser elástica. Los quesos que cumplen con estas características (tales como los quesos duros: Parmigiano Reggiano, Grana Padano, Parmesano, Romano, Reggianito, etc.) exhiben una eficiente reducción del tamaño al ser rallados y una mínima exudación de grasa y pegado de las partículas, lo cual contribuye a que se puedan secar eficientemente y a obtener productos homogéneos y libres de grumos. Además, por el extenso período de maduración desarrollan un intenso *flavor*, lo cual es requerido en un queso rallado que va a ser empleado para espolvorear sobre un plato de pasta.

Quesos como el Cheddar o Gouda, con menor firmeza, altos niveles de humedad (37 % p/p y 41% p/p, respectivamente) y de grasa en base seca (52% p/p y 48% p/p, respectivamente) no son adecuados para el secado. Por sus características texturales y composicionales estos quesos son susceptibles a la exudación de grasa y a la aglomeración durante la molienda o secado. Esta desventaja puede ser subsanada cuando ellos son primero triturados y mezclados con quesos duros como los previamente mencionados.

Tecnología de elaboración

La manufactura de quesos secos rallados implica diferentes etapas que inicia con el rallado/desmenuzado fino de las hormas de quesos (duros/semiduros). Luego, las partículas resultantes se exponen a una corriente de aire de baja humedad relativa (por ej. 15–20 %) y a temperaturas (T) y tiempos de secado que dependen de cada proceso. Por ej. en un secadero (generalmente de tipo lecho fluido) con una T de entrada de aire de aprox. 40 °C se minimiza el contacto entre las partículas y se produce un menor deterioro de la materia grasa. En estas condiciones, las superficies de las partículas se deshidratan, se enfrían por evaporación y se endurecen, hecho que reduce el riesgo de exudación de grasa y apelmazamiento, el oscurecimiento del producto y la pérdida de compuestos volátiles; estos defectos pueden comenzar a aparecer a T superiores a la de fusión de la grasa láctea (> 40 °C). El proceso así llevado a cabo permite reducir el contenido de humedad a niveles en torno al 17% p/p. Es posible reducir aún más la humedad (menos del 3 %) colocando el producto en bandejas y transportándolo a través de un túnel de secado, donde las partículas se exponen al aire a aprox. 60 °C. Por esta razón, la vida útil del queso rallado es mayor que la de los quesos naturales ya que tienen una menor actividad acuosa (0,2-0,7 en comparación a 0,90 de quesos naturales).

Finalmente, el producto se envasa en atmósferas de gases especiales o al vacío para extender la vida útil, y reducir el riesgo de que se produzcan reacciones de deterioro y aparición de defectos (ej., rancidez oxidativa) durante la distribución, almacenamiento y venta (Guinee y Kilcawley, 2017; Fox et al., 2017c).

El proceso detallado de elaboración de los quesos rallados se describe a continuación (García, 2023):

Lavado de los quesos: Las hormas de los quesos se higienizan previo al proceso de desmenuzado o rallado. El principal objetivo es acondicionar la corteza para el consumo humano, eliminando la suciedad y los hongos que se pudieron haber formado durante el estacionamiento. Para este proceso se utiliza una máquina denominada “lavadora de quesos” provista de 1, 2 o 3 cepillos giratorios que raspan la superficie del queso, mientras que una lluvia de agua con una solución sanitizante (solución de ácido peracético o de hipoclorito de sodio) arrastra los desechos/impurezas (**Figura 6**).



Figura 6: Imagen de una lavadora industrial de quesos.

Extraído de: <https://www.colussiermes.es/prodotto/lavadora-para-quesos/>

Raspado: Esta operación permite eliminar la cáscara de las hormas de quesos que han sido pintados con pinturas antifúngicas o eliminar la corteza muy dura y/o en malas condiciones. Puede realizarse en forma manual o semi-automática (**Figura 7**). En el raspado manual un operario aplica una cuchilla raspadora sobre la horma que gira constantemente bajo la acción mecánica de un motor. En el proceso semi-automático, las hormas se disponen sobre una cinta sin fin que las posiciona en el “cajón de raspado” donde reciben la acción mecánica de cuchillas.



Figura 7: Imagen de una raspadora de quesos semi-automática

Extraído de: <https://carmat.com.ar/productos/raspadora-rasqueteadora-de-quesos-semiautomatica/>

Rallado: Esta etapa consiste en rallar y desmenuzar las hormas de quesos. En su versión más simplificada, el rallador de quesos consiste en un rolo perforado, accionado directamente por un motor eléctrico (**Figura 8**). El queso entra en contacto con el rolo

por acción de su propio peso, o por ayuda de una fuerza neumática que presiona las hormas de queso sobre el rolo rallador.



Figura 8: Imagen de un rallador industrial de queso

Extraído de: <https://cl.all.biz/rallador-de-quesos-industrial-g70804>

Secado: Para el secado se utiliza una corriente de aire seco (<15% humedad) y caliente (40-70°C) que atraviesa el producto rallado durante un tiempo definido (de acuerdo a la humedad esperada en el producto final). En el mercado hay disponibles diferentes opciones de secaderos, pero todas parten del principio de lecho fluido. El secado por lecho fluido es un método eficiente de secado de partículas sólidas. La superficie de cada partícula individual de queso rallado es suspendida y se expone al flujo de aire caliente, lo que mejora la transferencia de calor en un menor tiempo de secado. Una vez seco y caliente, el producto recibe dentro del equipo una corriente de aire frío con el objetivo de disminuir a 20-30°C la temperatura del producto y evitar el deterioro de la materia grasa (**Figura 9**).

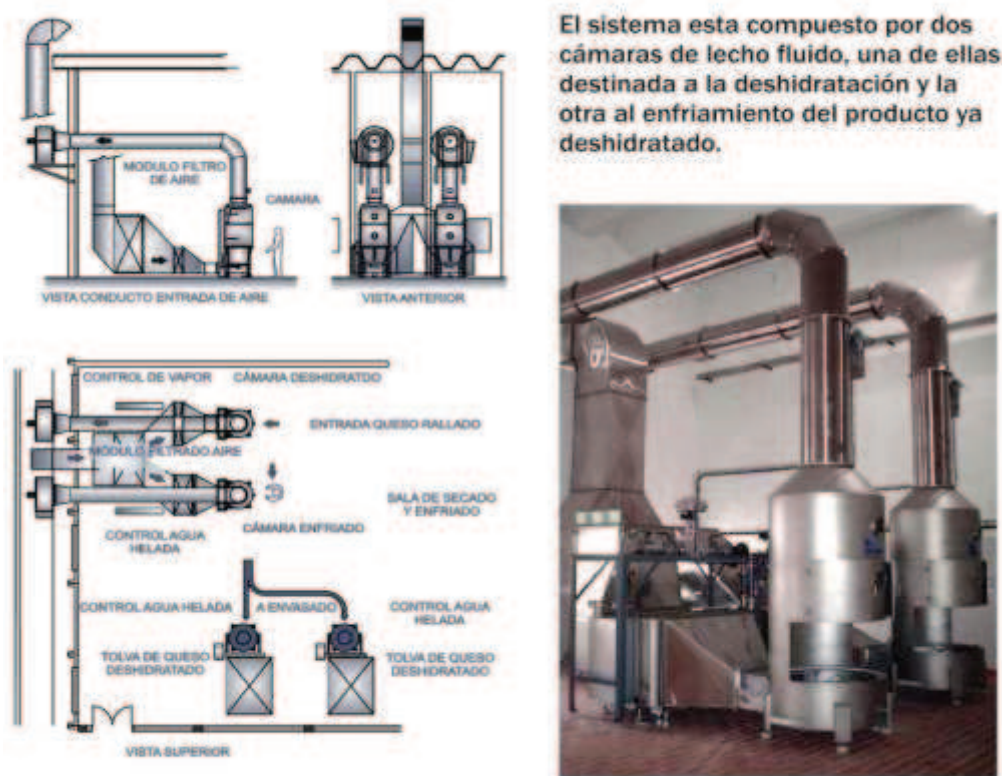


Figura 9: Equipos para el deshidratado y enfriado del queso rallado

Extraído de: <https://goldpack1.com/product/plantas-procesadoras-para-rallado-y-deshidratado-de-queso/>.

Tamizado: El producto seco es tamizado a través de mallas (por ej.: 2 x 3 mm o 3 x 3 mm) lo que permite la clasificación/separación de las partículas de queso previo al envasado. Las partículas gruesas o trozos de cortezas se descartan y descargan por la parte superior y luego son procesadas nuevamente por el rallador para disminuir su tamaño hasta el deseado para su envasado (partículas de quesos que no superen los 3 mm). Las partículas finas se descargan por la parte inferior y luego se envían mediante cintas hacia la envasadora.

Agregado de aditivos, coadyuvantes y envasado: Previo al envasado se adicionan generalmente aditivos como conservadores (ácido sórbico o sorbato, natamicina, etc), antiaglutinantes (dióxido de silicio, celulosa microcristalina) y/o coadyuvantes (nitrógeno, dióxido de carbono y/o gases inertes). De este modo, se crea un microambiente artificial, que tiene la función de retardar o impedir los cambios

enzimáticos/químicos/físicos y el crecimiento microbiano extendiendo la vida útil del producto.

El envasado se realiza empleando materiales que sean adecuados para las condiciones de almacenamiento previstas y que confieran al producto una protección adecuada. Se debe rotular según los tipos de quesos que se utilizaron para su fabricación.

Calidad sensorial

Específicamente, para el caso del queso rallado Parmigiano Reggiano, se ha establecido que la calidad del mismo depende de la calidad del queso utilizado como materia prima y de la tecnología utilizada por la industria para realizar el proceso (Zannoni & Hunter, 2015) (**Figura 10**). Estos aspectos también se pueden extender para los otros productos rallados.



Figura 10: Determinantes de la calidad del queso rallado Parmigiano Reggiano.

Extraído de: Zannoni & Hunter (2015).

Hay que tener en cuenta, además, que el producto envasado puede permanecer almacenado un largo período de tiempo. En este sentido, la vida útil del queso rallado dependerá además de los factores mencionados (calidad de la materia prima y proceso tecnológico), del material de empaque (traslúcido u opaco y permeabilidad al oxígeno), de la composición de los gases de envasado, y de las condiciones de almacenamiento (García, 2023).

En el caso de los quesos rallados producidos en nuestro país, especialistas en análisis sensorial de quesos (Ing. Gerardo Padilla y la Esp. Beatriz Coste) señalan que las características ideales de un queso rallado deberán ser aquellas provenientes de un buen queso duro: o sea, su sabor característico con una intensidad media a alta y un gusto salado medio y algo picante. Por otra parte, la textura es un atributo también muy importante de la calidad del producto. La misma debería ser suelta, no aglutinada. Además, el queso no

debería sentirse húmedo en la boca o demasiado seco. En cuanto al aspecto debería ser en forma de gránulos o hebras más o menos finos, y de color homogéneo. Los especialistas también destacan que cuando se compra un queso rallado envasado se pierde en calidad frente a un queso duro que se ralla al momento del consumo, señalando que “el proceso de deshidratación con corrientes de aire caliente, realizado para obtener los quesos rallados comerciales, produce diferencias en la intensidad del *flavor* y en la textura”. (https://www.clarin.com/gourmet/mejor-queso-rallado-comprar-supermercado_0_3dnTHfTUPT.html).

Como se mencionó, la calidad de los quesos define en gran parte la calidad del producto rallado. Por otra parte, la calidad de los quesos es afectada de modo importante por la calidad de la leche, materia prima utilizada para su elaboración. La calidad de la leche, por su parte, depende en gran medida del tipo de alimentación que reciben los animales, y de las variaciones estacionales, que condicionan la calidad de la pastura. Por lo tanto, la calidad de la leche es un factor clave de la calidad del producto rallado (Skeie, 2010; Descalzo et al., 2012; Summer et al., 2015; Costabel et al., 2018; Ianni et al., 2019). Se ha reportado que la leche producida durante la primavera donde los animales se alimentan de pastura fresca tiene una composición lipídica más rica en ácidos grasos mono y poliinsaturados que la leche producida durante los meses de invierno y esto se ve reflejado en los quesos producidos con estas leches (Govari et al., 2022).

Por otro lado, en quesos con denominación de origen protegida (DOP) como el queso duro italiano Parmigiano Reggiano (PR), los productos rallados también se consideran DOP, para lo cual la materia prima, insumos y la tecnología deben ajustarse a lo que establece el organismo de control correspondiente (Cevoli et al., 2012). El queso PR rallado se debe producir a partir de las hormas enteras, en el área geográfica de producción del queso, y se debe empacar inmediatamente sin agregado de ninguna sustancia para no afectar las características sensoriales originales del producto. No se permite el uso de aditivos, el contenido de humedad debe estar entre 25% y 35%, debe tener un aspecto no desmenuzable y las partículas deben ser homogéneas y no se debe superar el 25% de partículas con diámetros inferiores a 0,5 mm (Cevoli et al., 2012).

Entre los diferentes parámetros de autenticidad establecidos, el ***contenido de cáscara o corteza*** (parte exterior comestible de la horma) en el producto final es un aspecto crítico de calidad. La corteza presenta propiedades químicas y físicas diferentes a las de la masa del queso. La exposición a las condiciones ambientales durante la maduración es la principal causa de estas diferencias; se produce una disminución en la humedad y en la

actividad proteolítica y un mayor grado de oxidación. Debido a las características química y de textura, una cantidad excesiva de corteza en el queso rallado repercute en sus propiedades sensoriales y puede ser percibido negativamente por los consumidores (Zannoni & Hunter, 2015). Según lo establecido por el Consorcio de Tutela, el contenido de cáscara no debe superar el 18% p/p (Cevoli et al., 2012).

Defectos en quesos rallados

La conservación a bajas temperaturas del producto rallado disminuye notablemente la aparición de defectos. En general el queso rallado se comercializa a temperatura ambiente lo que puede acelerar muchas de las reacciones relacionadas a su deterioro con la aparición de oscurecimiento, rancidez, y aromas y sabores extraños. El período de vida útil lo define el establecimiento elaborador, y depende de diferentes factores que son propios de cada empresa (calidad microbiológica, características sensoriales, funcionales, tecnología de elaboración, ausencia de aparición de sabores/aromas anormales o rancios, ausencia de aparición de apelmazamiento y/o endurecimiento, etc.) (García, 2023).

De acuerdo a lo establecido por el Ing. Gerardo Padilla y la Esp. Beatriz Coste, no se debería encontrar en los quesos rallados notas relacionadas a defectos de queso duro. Por ejemplo, el olor a moho indica que el queso que le dio origen no fue acondicionado correctamente antes del proceso de rallado o no fue acondicionado correctamente en su embalaje (envase). Tampoco debe estar rancio, demasiado salado o picante. La ausencia de sabor característico a queso duro, o la presencia de sabor ácido, amargo, o una textura muy seca o por el contrario muy húmeda también representa un producto fallido.

En general, los defectos en quesos rallados pueden generarse por diversas causas (García, 2023):

- ***Cambios inducidos por la exposición a la luz, al oxígeno, y a las altas temperaturas.***

Los quesos pueden estar expuestos a fuentes de luz tanto naturales como artificiales durante el procesamiento, envasado y distribución, como así también durante su permanencia en los comercios de venta. En el caso del queso rallado, la disminución del tamaño de partícula aumenta drásticamente el área, de manera que el efecto de la luz se intensifica, sumado al hecho que está expuesto en algunas partes del proceso al calor y al oxígeno. Ciertos componentes del queso como los lípidos, las proteínas y las vitaminas pueden sufrir una **degradación oxidativa inducida por la luz (fotooxidación)**, lo cual causa compuestos indeseables (*off-flavor*) y decoloración o por el contrario oscurecimiento, pudiendo además producirse una pérdida del valor nutritivo y generación

de compuestos tóxicos (ej. óxidos del colesterol), conduciendo finalmente a una disminución de la vida útil del producto (Mortensen et al., 2004; Trobetas et al., 2008; Nájera et al., 2021). La oxidación de los lípidos (principalmente de los ácidos grasos mono y poliinsaturados) en distintas matrices incluidos los productos lácteos, ha sido objeto de mucha investigación, en contraposición a la oxidación de las proteínas. Los procesos degradativos de fotooxidación pueden darse por participación directa del oxígeno (oxidación tipo I) o en forma indirecta vía moléculas excitadas (oxidación tipo II) (Govari et al., 2022). Compuestos volátiles generados a partir de la oxidación de los lípidos pertenecen principalmente a las familias químicas de los hidrocarburos y los aldehídos, y otorgan atributos de *off-flavors* descritos como metálico, oxidado, a pescado, a papel, etc. (Trobetas et al., 2008).

Como se mencionó, para disminuir el impacto del efecto de la luz y el oxígeno, y provocar un retardo en los procesos fotooxidativos de los lípidos y las proteínas durante el almacenamiento, los quesos rallados suelen envasarse bajo atmósferas modificadas o vacío que elimina casi en forma total el oxígeno, sumado al uso de films de aluminio en los materiales de los envases (Mortensen et al., 2004; Govari et al., 2022). El envasado en atmósfera modificada implica que el producto es encerrado en una barrera material, creando un microambiente artificial en el cual la composición del gas es diferente del medioambiente natural. Usualmente atmósferas altas en CO₂ y N₂ y bajas en oxígeno, retrasan los cambios enzimáticos y reducen el crecimiento microbiano extendiendo la vida útil del producto. La vida útil de productos envasados en atmósferas modificadas depende de la calidad inicial del producto, como se mencionó, y también de la composición de la atmósfera gaseosa, tipo del material de empaque empleado, y de la temperatura de almacenamiento. Diversos estudios han evaluado distintas composiciones de atmósferas modificadas, distintos materiales de empaque y el efecto del almacenamiento bajo luz u oscuridad. Los resultados parecen indicar que el almacenamiento bajo luz fluorescente tiene un importante efecto negativo en los atributos sensoriales en productos no envasados bajo atmósfera modificada. Muchos componentes volátiles de las familias de los ácidos, aldehídos, cetonas, ésteres y alcoholes se incrementan notablemente en estas condiciones. Por el contrario, el almacenamiento en oscuridad y con determinadas combinaciones de gases pueden retrasar en forma considerable la aparición de defectos (Trobetas et al., 2008).

- Contaminación microbiana

Los quesos rallados pueden sufrir contaminación con diversos microorganismos durante la elaboración y el almacenamiento. De este modo, resulta crítico controlar la presencia de ciertos microorganismos tales como los estafilococos coagulasa (+), *Salmonella* spp., mohos, levaduras y enterobacterias, debido a los potenciales riesgos a la salud humana. Estudios han mostrado que estos microorganismos pueden estar presentes en los quesos rallados, y en mayores poblaciones cuando el rallado se lleva a cabo en los comercios al momento de la venta (Dias de Lima et al., 2011; Gamero Aguilar et al., 2016).

En particular, la presencia de mohos es común en los quesos rallados, a pesar del bajo nivel de humedad. Este hecho a menudo causa problemas por la formación de *off-flavor*, producción de micotoxinas, cambios de color, y textura o deformación de los envases (Costanzo et al., 2018). Los mohos pueden formar parte del medio ambiente de la industria al encontrarse en el aire, la salmuera y los distintos equipamientos. En las cámaras de maduración, el control de crecimiento de mohos y levaduras en las hormas de los quesos es crucial. Para inhibir el crecimiento microbiano potencial, un paso clave es el control higiénico de las instalaciones y de todo el proceso de elaboración, así como también las condiciones de almacenamiento (Costanzo et al., 2018).

Además de los aspectos higiénicos, pueden utilizarse técnicas de preservación tales como envasado bajo atmósfera modificada o el uso de antifúngicos (ácido sórbico y sus sales, entre otros), son ocasionalmente empleados en quesos y productos de quesos para extender la vida útil, y también para evitar la formación de micotoxinas. Sin embargo, algunos conservadores pueden causar *off-flavor*; tal es el caso de la formación de 1,3-pentadieno a partir del ácido sórbico.

García (2023) reportó la aparición de defectos sensoriales, en particular la aparición de aroma a solvente, en quesos rallados producidos con quesos de 120 d de maduración en una industria láctea de la provincia de Santa Fe. Estos quesos fueron caracterizados por altos contenidos de grasa en base seca (>39% p/p), actividad acuosa (aw) superior a 0,8, recuentos elevados de mohos y levaduras (MyL) ($10^7 - 10^8$ UFC/g) y además en los equipos como el rallador y el secador se detectaron altos recuentos de MyL, que fueron identificados como pertenecientes al género *Penicillium*. Además, en el espacio de cabeza de los envases se identificó la presencia de 1,3-pentadieno.

- Exudación de grasa y/o humedad

La exudación de grasa o humedad, en exceso, provocan aglomeración (o apelmazamiento). Las principales causas que contribuyen a este defecto se asocian al alto

porcentaje de humedad de la mezcla de quesos a rallar, elevadas temperaturas durante la etapa de secado, y alto porcentaje de materia grasa de la mezcla de quesos que entra al rallador (Pérez Raffo, 2017). Los quesos rallados secados a 50°C presentaron mayor aglomeración y mayor exudación respecto a aquellos quesos secados a 36°C. A temperaturas superiores al punto de fusión de la grasa láctea (22-36°C), el queso se funde. Pérez Raffo (2017) concluyó que la solución para resolver la problemática de la exudación y aglomeración en queso rallado, consiste en regular el contenido de grasa y humedad en la mezcla de quesos a procesar, regular/optimizar las condiciones del triturado (tiempo y velocidad de las cuchillas) y de deshidratación. La estrategia implementada para evitar la formación de aglomerados por pegado de las partículas o hebras entre sí, provocado por exceso de humedad o de grasa, es el uso de antiaglutinantes (*anticaking*).

Aspectos legislativos

Los quesos rallados son contemplados en el Art. 640 del CAA: “Con el nombre de Queso Rallado o Quesos Rallados, según corresponda, se entiende el producto obtenido por desmenuzado o rallado de la masa de una o hasta cuatro variedades de quesos de baja y/o mediana humedad aptos para el consumo humano. El producto podrá ser parcialmente deshidratado o no”.

Los Quesos Rallados pueden ser clasificados de acuerdo con los siguientes criterios:

De acuerdo si han sido sometidos a deshidratación o no, en:

- Deshidratados o Parcialmente Deshidratados
- No sometidos a deshidratación o sin deshidratar

De acuerdo con las variedades de queso utilizadas en su elaboración, en:

- Elaborados con una única variedad de queso.
- Elaborados únicamente con quesos de baja humedad.
- Elaborados con quesos de mediana humedad con o sin quesos de baja humedad.

Los Quesos Rallados deberán responder a los siguientes requisitos sensoriales y fisicoquímicos:

En cuanto a las características sensoriales:

- Aspecto y textura: gránulos o hebras más o menos finos.
- Color: blanco amarillento a amarillo, dependiendo de la variedad o variedades de queso de las cuales provenga.
- Olor: característico, más o menos intenso, de acuerdo con la variedad de queso o las variedades de queso de las cuales provenga.

En cuanto a las características fisicoquímicas:

- Humedad en g/100 g: Para los quesos rallados deshidratados con predominancia (> 50% m/m) de quesos de baja humedad: Máx. 20,0 g/100 g, y para los quesos rallados con predominancia (> 50% m/m) de quesos de mediana humedad: Máx. 30,0 g/100 g.
- Materia Grasa en Extracto Seco g/100 g: La Materia Grasa en Extracto Seco debe corresponder al promedio ponderado de los valores de materia grasa en extracto seco establecidos para las variedades en las proporciones utilizadas.

En relación a los aditivos, se admite el uso de antiaglutinantes y conservadores que figuran en la **Tabla 3**, estableciéndose que los niveles presentes no pueden superar las concentraciones máximas indicadas en el producto final, independientemente de la concentración de dichos aditivos en el o los quesos utilizados como materia prima.

Tabla 3: Aditivos y cantidades permitidas en quesos rallados

INS	Aditivo/Función	Concentración máx. en el producto final (g/100g o g/100 ml)
ANTIAGLUTINANTE		
460i	Celulosa microcristalina	Quantum satis
551	Dióxido de silicio	5g/Kg
CONSERVADOR		
200	Ácido sórbico	0,1 solas o en combinación expresadas como ácido sórbico
201	Sorbato de sodio	
202	Sorbato de potasio	
203	Sorbato de calcio	
235	Natamicina	0,0005

1.5. Fracción volátil del queso

Como ya se mencionó anteriormente, dentro de los componentes que forman parte de la calidad de un queso o un ingrediente alimentario destacan los aspectos sensoriales. Dentro de los atributos sensoriales de los alimentos, el *flavor*, aroma y olor son determinantes de la aceptabilidad de los consumidores. Los componentes volátiles y sápidos de los alimentos son los estímulos de los receptores (células) especializados olfativos y gustativos, que posteriormente son transformados en señales químicas que se traducen en impulsos nerviosos que finalmente son reconocidos e interpretados por el cerebro como olores y sabores. En el caso de los quesos o ingredientes a base de queso, el estudio de la fracción volátil es clave para reconocer aquellos perfiles característicos y asociados a un producto de calidad y, por el contrario, detectar compuestos de *off-flavor* que pueden

causar defectos sensoriales. Además, es interesante conocer las vías metabólicas enzimáticas o químicas a través de las cuales se forman los compuestos volátiles, ya que ello permite potenciar o minimizar la presencia de determinados componentes.

El estudio de la fracción volátil se realiza con diversas herramientas analíticas que, sin embargo, al ser instrumentales, no brinda información sobre lo que en definitiva percibe el consumidor. Es por ello que el análisis sensorial se convierte en una herramienta imprescindible para complementar el estudio, permitiendo además establecer relaciones entre atributos sensoriales y compuestos volátiles asociados.

1.5.1. Vías bioquímicas de bioformación de los compuestos volátiles

Los compuestos volátiles de los quesos pueden provenir de la leche utilizada durante la elaboración de los mismos, producirse durante la fermentación, pero principalmente se forman durante la etapa de maduración (You et al., 2024). Los distintos componentes del queso (proteínas, grasa, lactosa residual) sufren diversas reacciones, la mayoría de las cuales están mediadas por enzimas. Estas enzimas tienen diversos orígenes ya que provienen de distintas fuentes como puede ser la leche misma, el fermento empleado, el ambiente, los utensilios, etc. En general, los microorganismos del fermento, en su mayoría bacterias lácticas (LAB, *lactic acid bacteria*) y las bacterias lácticas no pertenecientes al fermento (NSLAB, *non starter lactic acid bacteria*) son los responsables del mayor aporte enzimático durante la maduración.

Las vías metabólicas de bioformación de los compuestos volátiles, dependiendo del componente precursor, se agrupan en (McSweeney, 2004):

- hidrólisis enzimática de las caseínas a aminoácidos (AA), por acción de proteasas y peptidasas (Proteólisis), y posterior catabolismo de los AA
- hidrólisis de los triglicéridos a ácidos grasos libres (AGL), por acción de lipasas y esterases (Lipólisis), y posterior catabolismo de los AGL;
- metabolismo de la lactosa residual y del citrato (Glicólisis).

De acuerdo a esto, el complejo mecanismo bioquímico de generación de compuestos volátiles, involucra una primera etapa de formación de los compuestos primarios (péptidos pequeños, AA, AGL, lactato, etc.) que son los responsables del *flavor* de base del queso, y una segunda etapa en donde estos compuestos sufren un metabolismo secundario (decarboxilación, transaminación, deaminación, desulfuración de aminoácidos, beta oxidación, esterificación de los AGL, etc.) produciendo metabolitos que en forma genérica se los denomina compuestos volátiles, y que son los responsables

1.5.2. Metodologías analíticas para el estudio de compuestos volátiles

Para el estudio de los compuestos volátiles se pueden emplear una amplia variedad de técnicas analíticas, entre las que destaca la microextracción en fase sólida (SPME), ampliamente utilizada para la extracción de compuestos volátiles a partir de distintas matrices alimentarias. La SPME se basa en el uso de fibras con distintos materiales poliméricos (polidimetilsiloxano, carboxen, divinilbenceno, poliacrilato, etc.), los cuales tienen la capacidad de ad-absorber y por lo tanto, retener en su estructura diferentes compuestos volátiles dependiendo de la selectividad del material. Presenta ciertas ventajas con respecto a otras técnicas ya que no utiliza solventes y es simple la preparación de la muestra para su análisis.

Para realizar el muestreo una dada cantidad de queso se coloca en viales provistos de tapas con septum, los cuales se termostatan a temperaturas entre 40-60°C un dado tiempo para favorecer el pasaje a la fase vapor de los compuestos. Luego de la concentración de los analitos en la fibra, son térmicamente desorbidos en el puerto de inyección de un cromatógrafo gaseoso (GC) (**Figura 12**) y se aplica un programa de temperaturas a la columna para que eluyan en forma secuencial.

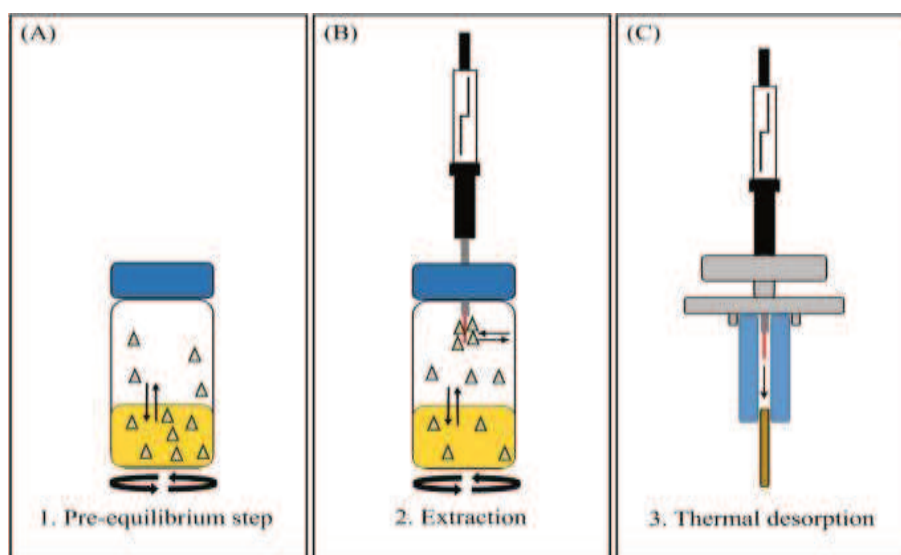


Figura 12: Esquema del procedimiento de aislamiento de compuestos volátiles por SPME.

Extraído de: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-0716-2107-3_14.

La identificación de los compuestos se realiza usualmente empleando detectores como el de ionización de llama (FID), estándares de los compuestos puros que se analizan en condiciones similares y cálculo de los índices de retención lineal (LRI) de los compuestos

a partir de la inyección de un kit de alcanos lineales. Sin embargo, el espectrómetro de masas (MS) permite una identificación más confiable, y hace uso de una librería de espectros provista por el software del equipo para comparar con el espectro del compuesto a identificar (**Figura 13**).

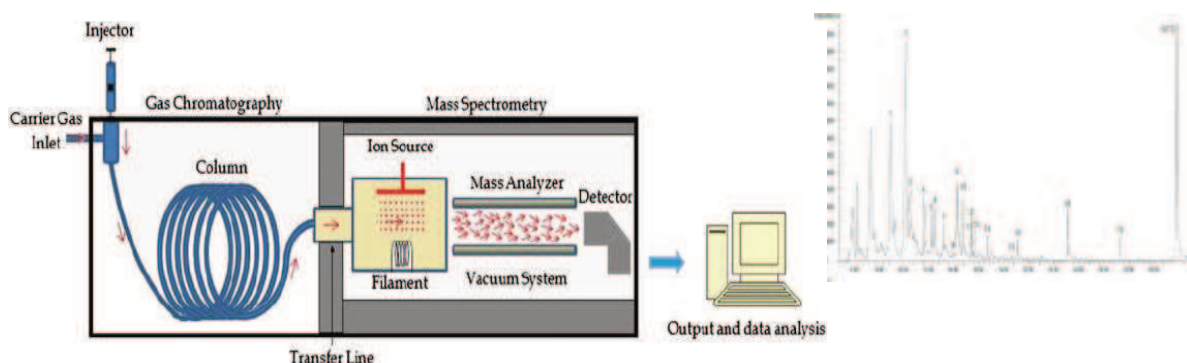


Figura 13: Esquema de un GC acoplado a un espectrómetro de masas.

Extraído de: https://chemistnotes.com/analytical_chemistry/gas-chromatography-mass-spectrometry-principle-instrumentation-advantages-and-10-reliable-applications/

De este modo, con la aplicación de la SPME-GC-FID/MS es posible caracterizar el perfil de compuestos volátiles de los quesos y otros alimentos. Sin embargo, no todos estos compuestos volátiles contribuyen de la misma manera al *flavor*. Existe consenso en la comunidad científica que sólo una pequeña fracción de compuestos volátiles hace una contribución relevante al mismo. Por ello, hay diversas metodologías que pueden aplicarse para discernir los compuestos volátiles que contribuyen en diferente grado a la percepción global de los restantes compuestos que no participan del *flavor*. Los compuestos que participan del *flavor* son conocidos como *compuestos activos de olor*, y aquellos que tienen una contribución de relevancia se conocen como *compuestos claves* (Curioni & Bosset, 2002).

1.5.3. Compuestos volátiles en quesos en polvo y en quesos rallados

El *flavor* de los quesos en polvo es en gran extensión definido por el o los tipos de queso empleados en su obtención (Deshwal et al., 2024). Este atributo sensorial es clave en la funcionalidad del producto y dependerá del uso al que esté destinado. Más de 100 compuestos volátiles han sido identificados en las distintas variedades de quesos en polvo (Varming et al., 2011, 2013). Globalmente, los compuestos de *flavor* en quesos en polvo son ésteres, aldehídos, compuestos azufrados, alcoholes, cetonas, terpenos y pirazinas.

Quesos en polvo a partir de quesos azules se caracterizan por un alto contenido de ésteres (butanoato, pentanoato y hexanoato de metilo), cetonas (2-pentanona, diacetilo), ácidos carboxílicos y aldehídos (butanal, 2-metilpropanal, 2-metilbutanal). Quesos en polvo procedentes de quesos Emmental contuvieron ésteres (acetato de etilo y butanoato de propilo), aldehídos (hexanal, 2- y 3-metilbutanal) y metilcetonas como principales compuestos volátiles. Quesos en polvo provenientes de quesos Danbo, madurados superficialmente, se caracterizan por la presencia de compuestos azufrados (dimetildisulfuro y dimetiltrisulfuro) y alcoholes aromáticos (2-feniletanol). Polvos de queso Parmesano contienen ácidos carboxílicos y ésteres como principales compuestos aromáticos. Quesos en polvo de Mascarpone presentan un bajo contenido de compuestos volátiles (Varming et al., 2011; Deshwal et al., 2024).

Por otra parte, se ha evaluado el impacto de las distintas etapas de procesamiento de quesos Danbo y Emmental en la composición de compuestos volátiles, tales como en la suspensión de queso, en la suspensión calentada en distintas condiciones de tiempo y temperatura y en el polvo de queso obtenido por secado spray (Varming et al., 2011). Durante la fusión de los quesos para formar las suspensiones los niveles de algunos compuestos volátiles se incrementaron significativamente. El tratamiento térmico condujo a la pérdida de algunos compuestos volátiles mientras que el secado spray tuvo el mayor efecto provocando una sustancial reducción de los componentes presentes, con excepción de algunos aldehídos que incrementaron sus niveles.

En el caso de los quesos rallados, escasa información se encuentra reportada sobre la fracción volátil que caracteriza a los mismos. En nuestro país, recientemente, García (2023) analizó un total de 6 muestras de quesos rallados con y sin defectos sensoriales, centrándose sólo en compuestos de las familias químicas de los aldehídos y cetonas. Campos et al. (2022) también reportaron defectos sensoriales en quesos rallados asociados a la presencia de altos niveles de lipólisis y altas concentraciones de algunas metilcetonas. Por su parte, quesos rallados procedentes de Parmigiano Reggiano se encuentran mejor caracterizados. Se ha informado que la composición volátil y los atributos sensoriales del queso de partida tienen gran incidencia en las características sensoriales del producto rallado.

Es de esperarse que el proceso tecnológico al que es sometido el queso altere en diferente medida el perfil característico del queso natural de partida, teniendo en cuenta los posibles efectos degradativos de la materia grasa por el aumento de la superficie durante el rallado y la presencia de oxígeno, y la posible pérdida de compuestos volátiles

durante la deshidratación, los cuales se intensificarán si no se controlan debidamente algunos parámetros y condiciones durante la elaboración y el almacenamiento.

Debido a que el perfil de los quesos rallados se relaciona en gran medida con la calidad de los quesos duros tipo grana, se investigaron los trabajos científicos publicados sobre el perfil aromático característico de este tipo de quesos.

Un gran número de trabajos se encuentran reportados sobre la fracción volátil de quesos Parmigiano Reggiano, Grana Padano y otros tipos de quesos grana. En particular se encuentran publicados estudios sobre los compuestos activos de olor y compuestos clave de aroma en estos tipos de quesos. En la **Figura 14** y en la **Tabla 4** se muestran los compuestos más representativos informados por los distintos autores y las notas aromáticas que proveen al queso.



Figura 14: Principales componentes volátiles que caracterizan a los quesos tipo grana, origen y notas aromáticas.

Tabla 4: Compuestos activos de olor en quesos grana

Compuestos activos de olor	Variedad de queso grana	Referencias
Aldehídos		
acetaldehído	PR	Qian & Reineccius (2003b,c)
2-metil butanal	PR	Qian & Reineccius (2002, 2003a,b,c)
3-metil butanal	PR, GP, GT	Qian & Reineccius (2002, 2003a,b,c), Boscaini et al. (2003)
2-metil propanal	PR	Qian & Reineccius (2003a,b,c)
2-butenal	PR	Qian & Reineccius (2002)
pentanal	PR	Qian & Reineccius (2002)
hexanal	PR	Qian & Reineccius (2002)

heptanal	PR	Qian & Reineccius (2002)
nonanal	GP	Moio & Addeo (1998)
2,4-hexadienal	PR	Qian & Reineccius (2002)
fenilacetaldehído	PR	Qian & Reineccius (2002, 2003a,c)
Ésteres		
Acetato de 3-metilbutilo	GP, PR, GT	Boscaini et al. (2003)
Propanoato de etilo	PR	Qian & Reineccius (2002)
Butanoato de metilo	GT	Boscaini et al. (2003)
Butanoato de etilo	PR, GP, GT	Qian & Reineccius (2002, 2003a,b,c), Moio & Addeo (1998), Boscaini et al. (2003)
Pentanoato de etilo	PR	Qian & Reineccius (2002)
Hexanoato de etilo	PR, GP	Qian & Reineccius (2002, 2003a,b,c), Moio & Addeo (1998), Boscaini et al. (2003)
Heptanoato de etilo	PR	Qian & Reineccius (2002, 2003c)
Octanoato de etilo	PR	Qian & Reineccius (2002, 2003a,b)
Decanoato de etilo	PR	Qian & Reineccius (2002)
Ácidos		
Acético	PR	Qian & Reineccius (2003a,c)
2-metil propanoico	PR, GP, GT	Boscaini et al. (2003)
Butanoico	PR	Qian & Reineccius (2002, 2003a,c)
Hexanoico	PR	Qian & Reineccius (2002, 2003a,c)
Octanoico	PR	Qian & Reineccius (2002, 2003a,c)
Decanoico	PR	Qian & Reineccius (2002, 2003c)
Cetonas		
2-pentanona	PR	Boscaini et al. (2003)
2-heptanona	PR, GP, GT	Qian & Reineccius (2002, 2003c), Boscaini et al. (2003).
2-nonanona	PR	Qian & Reineccius (2002)
2,3-butanodiona	PR, GP, GT	Qian & Reineccius (2002, 2003a,b,c), Boscaini et al. (2003)
1-octen-3-ona	PR, GP, GT	Boscaini et al. (2003)
Pirazinas		
2,3-dimetilpirazina	PR	Qian & Reineccius (2002)
2,6-dimetilpirazina	PR	Qian & Reineccius (2002, 2003b,c)
2,5-dimetil, 3-etilpirazina	PR	Qian & Reineccius (2002)
Trimetilpirazina	PR	Qian & Reineccius (2002)
5-etil, 2-metilpirazina	PR	Qian & Reineccius, (2002)
2,3-dimetil, 5-etilpirazina	PR	Qian & Reineccius (2002)
2,3,5-trimetil, 6-etilpirazina	PR	Qian & Reineccius (2002)
Compuestos azufrados		
Dimetiltrisulfuro	PR	Qian & Reineccius (2003a,b,c)
Dimetilsulfuro	PR, GP	Boscaini et al. (2003)
metional	PR, GP, GT	Qian & Reineccius (2003a,b,c), Boscaini et al. (2003)
3-metiltiopropanal	GP	Moio & Addeo (1998)

<i>Alcoholes</i>		
3-metil butanol	PR	Qian & Reineccius (2003c)
2-Furanmetanol	PR	Qian & Reineccius (2002)
1-octen 3-ol	GP	Moio & Addeo (1998)
2-heptanol	GP	Moio & Addeo (1998)

PR: Parmigiano Reggiano; GP: Grana Padano; GT: Grana Trentino.

Fuente: Elaboración propia

En Argentina no se han realizado estudios sobre la identificación de compuestos activos de olor o claves en el aroma para ninguna variedad de los quesos producidos. Sí se encuentran publicados algunos trabajos sobre el perfil de volátiles en quesos Reggiano. Wolf et al. (2010) analizaron la fracción volátil de muestras de quesos comerciales (n=18), identificando un total de 53 compuestos. En un estudio posterior (Wolf & Perotti, 2013), se comparó esta fracción con la de quesos Parmigiano Reggiano y Grana Padano. Como puede observarse en la **Figura 15**, en los quesos Reggiano, los ácidos fueron los compuestos mayoritarios, seguidos de los alcoholes, cetonas, aldehídos y ésteres, y en menor medida otros compuestos. Las desviaciones estándar reflejan la gran variabilidad en los valores porcentuales de los distintos grupos de compuestos de las distintas muestras.

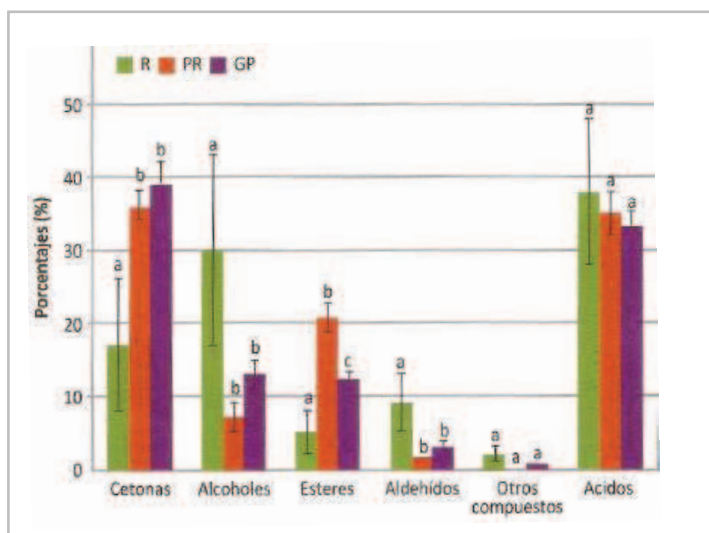


Figura 15: Comparación del perfil de compuestos volátiles de quesos Reggiano (n=18) con los quesos Parmigiano Reggiano (n=3) y Grana Padano (n=3).

Extraído de: Wolf & Perotti (2013)

Ceruti et al. (2016) estudiaron la evolución del perfil de compuestos volátiles durante la maduración de quesos Reggiano en distintas condiciones de temperatura y tiempo. Identificaron un total de 41 compuestos incluyendo ácidos, cetonas, aldehídos, ésteres,

alcoholes e hidrocarburos. A pesar de los cambios en algunos compuestos volátiles por efecto de las condiciones de almacenamiento, los ácidos fueron el grupo prevalente, con porcentajes en torno al 80% del total de compuestos.

1.6. Análisis sensorial

1.6.1. Consideraciones generales

La evaluación sensorial es una función inherente al ser humano, que se desarrolla desde la infancia y permite aceptar o rechazar alimentos en función de las sensaciones percibidas durante su observación o consumo. Estas percepciones, ya sean conscientes o inconscientes, están sujetas a variaciones temporales y contextuales. En este marco, la calidad sensorial de un alimento se define como el resultado de la interacción entre sus propiedades fisicoquímicas y las respuestas sensoriales del individuo, generando una experiencia determinada a partir de estímulos provenientes del alimento. Esto puede ser afectado por factores fisiológicos, psicológicos y socioculturales del evaluador, tanto a nivel individual como poblacional. En este contexto, resulta fundamental contar con metodologías objetivas y herramientas analíticas confiables que permitan caracterizar y valorar las propiedades sensoriales de los productos elaborados. Para ello, es imprescindible normalizar los términos, variables y condiciones que puedan influir en los resultados. Este proceso de estandarización tiene como finalidad reducir la subjetividad inherente a la percepción sensorial y asegurar que las evaluaciones sean cuantificables, reproducibles y comparables. De este modo, se optimiza la precisión del análisis y se posibilita la obtención de conclusiones válidas desde el punto de vista técnico y científico (Sancho et. al., 2002).

En relación con lo anteriormente expuesto, se destaca la definición proporcionada por la División de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos de Alimentos (IFT) de los Estados Unidos, que conceptualiza la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”. Esta definición pone de manifiesto el enfoque sistemático y riguroso que caracteriza a la evaluación sensorial como herramienta científica aplicada al estudio de las propiedades organolépticas de los productos (Santa Cruz et al., 2005; Hough, 2009).

El proceso sensorial comienza con la acción de un estímulo sobre los receptores sensoriales. Se entiende por estímulo a todo agente físico o químico capaz de generar una

respuesta en los receptores sensoriales, ya sean internos (captan información del interior del organismo) o externos (detectan estímulos del exterior como la luz, sonido, aire). Esta interacción provoca la generación de impulsos nerviosos que son conducidos a través del sistema nervioso hasta el cerebro, donde es interpretado como una sensación. La percepción es el resultado de esta interpretación y representa la toma de conciencia sensorial por parte del individuo.

Desde el punto de vista metodológico, los estímulos se pueden cuantificar mediante técnicas físicas o químicas, mientras que las sensaciones sólo pueden evaluarse a través de métodos psicológicos, lo cual subraya la importancia de la evaluación sensorial como disciplina científica en el análisis de la respuesta humana ante los alimentos (Amerine et. al., 1965; Hough, 2009).

El primer contacto del ser humano con un producto alimenticio ocurre, en la mayoría de los casos, a través de uno o varios de los sentidos: vista, olfato, oído y tacto. Estas percepciones iniciales pueden producirse de forma aislada o simultánea, dependiendo de las características del alimento y del entorno en el que se consume. Posteriormente, durante el consumo, se activan sensaciones táctiles bucales generadas por los labios y la cavidad bucal, donde pueden percibirse estímulos térmicos (frío, calor) o incluso dolorosos (picante, astringencia), y texturales (cremosidad, granulosis). Paralelamente, se pueden detectar estímulos auditivos relacionados con el proceso de masticación, como la crocancia del alimento. Esta secuencia multisensorial culmina con la activación de los receptores del gusto y del olfato retronasal, lo que contribuye a la formación de la percepción global del alimento. De acuerdo a esto, los atributos (características) de un alimento se perciben en el siguiente orden: apariencia, olor, aroma, gusto, *flavor* (sabor) y textura.

La **apariencia** representa todos los atributos visibles de un alimento, por lo tanto, se puede afirmar que constituye un elemento fundamental en la selección de un alimento. La primera impresión que se recibe siempre es la visual que cumple el rol de factor de decisión al momento de la compra. De la combinación de las propiedades ópticas, la forma física y el modo de presentación surge la imagen del producto que se quiere describir con el objeto de asignarle identidad y calidad. Los descriptores que se evalúan para este atributo son:

- Color: su modificación se suele asociar con procesos de deterioro o alteraciones en la calidad del producto.

- Forma y tamaño: abarcan dimensiones como largo, ancho, geometría general y distribución de partículas.
- Brillo o turbidez: cambios en estos descriptores pueden asociarse con procesos de deterioro o alteraciones en la calidad del producto (Santa Cruz, 2005).

El **olor** es percibido cuando los compuestos volátiles liberados por el alimento alcanzan la cavidad nasal y son detectados por el sistema olfatorio. La liberación de sustancias volátiles depende de factores como la temperatura y la matriz del alimento, y como consecuencia la intensidad del mismo. Cabe destacar que no existe aún consenso entre la comunidad científica para unificar la terminología utilizada en la descripción de olores, lo que representa un desafío en la comunicación y comparación de resultados sensoriales entre diferentes laboratorios o regiones (Santa Cruz et al., 2005; ISO 5492:2008).

El **aroma** es la sensación que se percibe cuando el alimento se encuentra en la boca y los componentes volátiles se liberan y alcanzan el órgano olfatorio por vía retronasal.

El **gusto** se percibe por medio de receptores específicos localizados en las papilas gustativas de la lengua, así como en el paladar y la faringe. Estos receptores están organizados en corpúsculos gustativos, estructuras formadas por grupos de entre dos y doce células sensoriales individuales, dispuestas alrededor de un poro gustativo. A través de este poro, la sustancia química estimulante accede al interior del corpúsculo, donde entra en contacto con la célula receptora, la cual está conectada a una fibra nerviosa que transmite el impulso al cerebro, generando así la percepción gustativa. Para que una sustancia actúe como un estímulo gustativo, debe cumplir ciertos requisitos fisicoquímicos: solubilidad en medio acuoso, concentración adecuada para superar el umbral de detección, estructura química específica y capacidad de ionización. Estos factores determinan la capacidad de un compuesto para ser detectado y reconocido como uno de los gustos básicos: dulce, salado, ácido, amargo y umami (Santa Cruz et al., 2005; ISO 5492:2008).

El **flavor** de un alimento representa una sensación compleja originada por la estimulación simultánea de diversos órganos sensoriales localizados en la cavidad bucal. Esta percepción integra tres sistemas sensoriales principales:

- Gusto, detectado por los receptores gustativos en lengua, paladar y faringe.
- Olfato retronasal, activado por los compuestos volátiles liberados en la boca durante la masticación y deglución, que ascienden vía retronasal hacia el órgano olfatorio.
- Sensaciones químicas y trigeminales, las cuales se originan a partir de estímulos que activan las terminaciones nerviosas libres presentes en la mucosa nasal, bucal y faríngea.

Estas sensaciones químicas se asocian a estímulos tales como: astringencia (generada por los taninos presentes en vinos), pungente (generada por el CO₂ de las bebidas carbonatadas), frescura (efecto refrescante generado por un caramelo de menta), calor (sensación térmica generada por la pimienta), sabor metálico (generado por los componentes de las hojas verdes), entre otros.

La integración de estas señales en el sistema nervioso central da lugar a la percepción global del *flavor*, que constituye un determinante clave en la aceptabilidad sensorial de los alimentos (Santa Cruz, 2005, ISO 5492:2008).

La **textura** comprende un conjunto de características físicas de un alimento capaces de estimular los receptores mecánicos y táctiles presentes en la cavidad bucal durante el consumo. Estas sensaciones se perciben principalmente al masticar, comprimir o manipular el alimento con la lengua, los dientes y el paladar, y se describen mediante términos generales como dureza, crocancia, viscosidad, elasticidad, gomosidad, cohesividad, adherencia, cremosidad, entre otros. La evaluación de la textura se complementa con el sentido del oído, especialmente en alimentos cuya masticación genera ruidos característicos. Las ondas sonoras generadas provocan la vibración del tímpano, que se transmite mecánicamente a través del oído interno hasta el nervio auditivo, el cual lleva la señal al cerebro para su interpretación (Amerine et. al., 1965).

Es fundamental destacar que las sensaciones experimentadas durante la ingesta de alimentos no se originan a partir de un único sentido. Por el contrario, implican una integración multisensorial, en la que convergen estímulos de diferentes modalidades sensoriales y rutas nerviosas, respondiendo de manera coordinada a la complejidad de la estimulación alimentaria (Amerine et. al., 1965; Santa Cruz et al., 2005; Hough, 2009).

1.6.2. Evaluación Sensorial

Características de las pruebas sensoriales

El diseño de una prueba sensorial requiere la definición y planificación de múltiples factores que aseguren la validez, precisión y reproducibilidad de los resultados. Entre los aspectos fundamentales a considerar se incluyen:

- Propósito del estudio: debe estar claramente definido, ya sea para control de calidad, desarrollo de productos, análisis descriptivo, pruebas de preferencia o aceptabilidad.
- Tipo y objetivo de la prueba: seleccionar la metodología adecuada (discriminativa, afectiva o descriptiva) según el objetivo específico del ensayo.

- Perfil de los participantes: determinar si los evaluadores serán jueces entrenados o consumidores no entrenados, lo que condiciona el tipo de prueba y el grado de capacitación. En ciertos casos, se requiere que los jueces reciban entrenamiento específico y, en todos los casos, debe considerarse la obtención del consentimiento informado, especialmente cuando la participación implica riesgos mínimos o es parte de estudios con fines científicos o académicos.

Adicionalmente, se deben definir aspectos relacionados con las características de las muestras:

- Tamaño, forma o cantidad de la porción a evaluar y, si corresponde, alimento acompañante para consumo conjunto.
- Temperatura de servicio, acorde al tipo de producto.
- Tiempo disponible para la evaluación, controlando la exposición sensorial.

También, resulta importante definir el horario de la prueba, especialmente importante en pruebas con jueces entrenados, donde se recomienda realizar las sesiones entre las 10:00 y 13:00 h, momento en que los evaluadores se encuentran en condiciones fisiológicas óptimas (ni hambrientos ni saciados en exceso), favoreciendo la estabilidad de sus respuestas sensoriales.

Un diseño adecuado de la prueba sensorial garantiza condiciones estandarizadas y controladas, necesarias para obtener datos confiables y representativos (Severiano Pérez, 2019). En este sentido, un requerimiento importante es contar con espacios físicos adecuados para llevar a cabo la evaluación.

La norma ISO 8589:2007 “*Análisis sensorial – Guía general para el diseño de salas de ensayo*”, proporciona directrices específicas para la adecuación de los espacios físicos destinados a la realización de pruebas sensoriales. El diseño del ambiente debe orientarse a reducir los sesgos del evaluador, maximizar la sensibilidad sensorial, y eliminar interferencias externas que no provengan del producto bajo evaluación.

Se recomienda la utilización de instalaciones sensoriales específicas, donde sea posible controlar todos los parámetros ambientales (iluminación, temperatura, humedad, ruido, etc.) y eliminar distracciones. Estas condiciones deben ser reproducibles y constantes entre sesiones, a fin de garantizar la fiabilidad y comparabilidad de los resultados sensoriales. Un entorno adecuado debe ser tranquilo, confortable, con temperatura controlada y, cuando sea necesario, regulación de la humedad relativa. Dentro del área destinada a la evaluación sensorial, no se permite fumar ni utilizar cosméticos o perfumes,

ya que estos elementos pueden interferir con la percepción olfativa y generar contaminación cruzada que afecte la objetividad de las evaluaciones (Hough, 2009).

En la mayoría de las pruebas, los evaluadores deben emitir juicios independientes, por lo que es esencial evitar cualquier forma de comunicación entre ellos. Para ello, se utilizan cabinas individuales, diseñadas específicamente para garantizar el aislamiento sensorial y la neutralidad del entorno (Nelson & Trout, 1964). Estas cabinas deben contar con iluminación uniforme y controlada, que no altere la apariencia del producto. En casos particulares, se emplean luces coloreadas (por ejemplo, rojas o azules) con el propósito de ocultar diferencias visuales, especialmente de color, entre las muestras, evitando así que la apariencia influya en la percepción de otros atributos sensoriales (**Figura 16**).



Figura 16: Cabinas individuales para ensayos sensoriales del Instituto de Tecnología de los Alimentos (FIQ-UNL).

La preparación de las muestras debe desarrollarse en un área anexa a la sala de degustación. Esta área debe contar con un buen sistema de extracción de aire para eliminar todos los olores (Santa Cruz et al., 2005).

Las pruebas sensoriales son llevadas a cabo por personas las cuales son utilizadas como instrumentos de medición en análisis sensorial. Es fundamental establecer un control riguroso de los métodos y condiciones experimentales con el fin de minimizar los errores derivados de factores psicológicos y contextuales. Variables como el estado físico y mental del evaluador, así como las condiciones del entorno de prueba, pueden influir significativamente en los resultados obtenidos. Incluso factores como el momento del día

o el tiempo de exposición pueden afectar la disposición y respuesta sensorial del individuo (Santa Cruz et al., 2005).

Normas internacionales como ISO 8586:2012, brinda los pasos para el proceso completo para la selección y entrenamiento de jueces sensoriales. El proceso completo de formación y selección de jueces sensoriales comprende distintas etapas secuenciales: convocatoria, evaluación preliminar y admisión; capacitación en principios generales y técnicas de evaluación; selección de jueces según los requerimientos específicos del estudio; seguimiento y control del desempeño individual y, cuando corresponde, entrenamiento avanzado para su especialización como jueces expertos.

Metodologías de análisis sensorial

Las metodologías empleadas en evaluación sensorial se agrupan, principalmente, en dos categorías principales: afectivas y analíticas.

Las *metodologías afectivas* tienen como objetivo evaluar la aceptación, preferencia o intención de consumo de un producto, recurriendo para ello a consumidores no entrenados. La selección de los participantes se realiza en función del objetivo específico de la prueba y puede incluir tanto consumidores habituales (individuos que consumen el producto con regularidad) como consumidores no habituales, que lo hacen de forma ocasional.

Las *metodologías analíticas* se enfocan en establecer si existen diferencias perceptibles entre muestras, identificar las características sensoriales específicas de los productos y cuantificar la intensidad con la que estas se manifiestan (Severiano Perez, 2019).

Dentro de las metodologías analíticas, el análisis sensorial descriptivo constituye la herramienta más avanzada dentro del conjunto de técnicas sensoriales, superando en complejidad y alcance a los métodos de discriminación y aceptabilidad. Esta técnica permite obtener una caracterización exhaustiva del perfil sensorial de los productos, y proporciona una base sólida para identificar aquellos atributos que inciden directamente en la aceptabilidad por parte del consumidor (Santa Cruz et al., 2005; Johnson, 2021).

Entre los enfoques disponibles para la ejecución de estudios descriptivos se destacan el *Perfil de Sabor (Flavor Profile)* y el *Perfil de Textura (Texture Profile)*. No obstante, el método más difundido y estandarizado es el *Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA, Quantitative Descriptive Analysis)*, desarrollado por Stone y Sidel en 1974, con el propósito de superar las limitaciones metodológicas observadas en enfoques previos. Este método se caracteriza por su rigurosidad, su estructura estadística formal y su capacidad

para generar datos cuantificables, que permiten comparar productos de manera precisa y objetiva (Santa Cruz et al., 2005).

El QDA se basa en la capacidad de un panel entrenado para identificar, describir y cuantificar la intensidad de atributos sensoriales específicos mediante el uso de escalas estructuradas. Se recomienda la realización de múltiples evaluaciones de los productos, con el fin de aprovechar la competencia del panel para emitir juicios relativos con un elevado grado de precisión y reproducibilidad.

Los descriptores sensoriales definidos son cuantificados mediante el uso de escalas, que pueden ser estructuradas o no estructuradas. Las escalas no estructuradas consisten en líneas continuas de 10 o 15 centímetros de longitud, cuyos extremos están anclados con términos descriptivos, tales como "nada/mucho" o "muy bajo/muy alto", según la naturaleza del atributo evaluado (Santa Cruz et al., 2005).

Durante la evaluación, el panelista debe realizar una marca vertical sobre la línea, reflejando la intensidad relativa percibida para el descriptor. La cuantificación de la percepción se lleva a cabo mediante la medición de la distancia en centímetros o milímetros entre el extremo izquierdo de la escala (ancla inicial) y la marca registrada por el evaluador, obteniendo así un valor numérico continuo que permite el análisis estadístico posterior (Hough, 2009).

Los resultados obtenidos a partir del QDA se pueden utilizar para llevar a cabo tratamientos estadísticos rigurosos para su interpretación. El modelo estadístico más comúnmente empleado es el análisis de varianza (ANOVA), que permite evaluar la existencia de diferencias significativas entre productos para cada uno de los descriptores sensoriales. Asimismo, esta herramienta resulta fundamental para monitorizar el desempeño del panel y verificar la consistencia y discriminación de los descriptores seleccionados. Además del ANOVA, el uso de técnicas de estadística multivariada es altamente recomendable, ya que posibilita el análisis simultáneo de múltiples variables sensoriales. Estas metodologías permiten explorar las relaciones existentes entre los descriptores e identificar patrones comunes. Entre las técnicas más utilizadas se destacan el Análisis de Componentes Principales (PCA), el Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA) y los métodos de correlación múltiple. Estas herramientas proporcionan representaciones gráficas e interpretaciones cuantitativas que facilitan la toma de decisiones en contextos de desarrollo de productos, reformulación, y control de calidad sensorial (Santa Cruz et al., 2005).

1.6.3. Evaluación sensorial de queso rallado

Estudios científicos reportados sobre aspectos sensoriales de los quesos rallados son limitados. Específicamente para queso Reggiano rallado, Hough et al. (1996) estudió la relación entre los parámetros sensoriales: textura visual, manual y oral, aroma y sabor, e indicadores instrumentales, durante un período de maduración de 30 a 290 días. Se aplicó regresión por mínimos cuadrados parciales (PLS) para analizar correlaciones multivariadas entre textura sensorial y parámetros de compresión instrumental y entre aroma y sabor sensorial, y las concentraciones de ácidos orgánicos. Se concluyó que el parámetro instrumental “deformación en el punto de ruptura” fue el que mejor se relacionó con la textura sensorial, correlacionando negativamente con la fracturabilidad visual, manual y oral, y positivamente con la elasticidad manual. Las intensidades del sabor total y del aroma mostraron buena correlación con el contenido de ácido propiónico, lo que sugiere que este compuesto podría actuar como indicador de sabor para este tipo de queso.

Por otra parte, el estudio realizado por Zannoni & Hunter (2015) muestra la importancia del análisis sensorial en la evaluación de quesos rallados para cumplir con la normativa correspondiente para la Denominación de Origen Protegida (DOP). La misma establece que un organismo de certificación debe verificar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el pliego de condiciones del producto. En el caso particular del Parmigiano Reggiano rallado, para que pueda ser comercializado como tal, debe ser certificado por el organismo oficial de control (*Organismo Controllo Qualità Produzioni Regolamentate*, OCQPR). Dicho reglamento establece que, en su forma rallada, el producto debe conservar las características del queso original. La evaluación se realiza mediante una planilla que incluye 21 descriptores cuantitativos y 4 evaluaciones cualitativas. Para los descriptores cuantitativos se emplea una escala de 1 a 7 puntos para evaluar cinco atributos: intensidad del color, intensidad del olor, intensidad del aroma/sabor, tamaño de partícula y grado de solubilidad. Para los 16 descriptores asociados a defectos, se utiliza una escala de 1 a 4 puntos, ya que resulta más adecuada y aceptable para los panelistas. Los cuatro parámetros cualitativos para la valoración del cumplimiento son el aspecto visual, olor, textura y aroma retronasal y sabor. En el estudio se destaca la importancia del descriptor solubilidad, considerado un descriptor positivo en la evaluación de la calidad de un producto que, usualmente, se consume espolvoreado sobre pastas calientes. Una de las claves importantes de esta evaluación sensorial es que permite detectar la presencia de corteza en el producto, ya que la normativa legal permite

un contenido máximo de 18 % de corteza (en peso) en el producto rallado. Al día de hoy, la valoración sensorial sería la única herramienta eficaz para poder controlar este parámetro. Los descriptores asociados al incremento en la proporción de corteza que se evaluaron fueron: gránulos grandes, olor a corteza, presencia de partículas de corteza y aroma a corteza. Ellos son considerados negativos ya que producen una disminución de la calidad sensorial del producto.

Silvestri et. al. (2019) establecieron las características y atributos sensoriales que determinan la calidad de los quesos Parmigiano Reggiano rallados (uno de los alimentos más consumidos en Italia) por parte de los consumidores, es decir, como influyen en las percepciones y expectativas de calidad de los consumidores. Lo relevante de este análisis fue que estuvo centrado en las opiniones de los consumidores, objetivo que hasta el momento no se había analizado. El análisis se basó en un cuestionario administrado en hipermercados donde se comercializan estos productos y se analizaron tres categorías principales: perfil del consumidor, los atributos de calidad y preferencias, y expectativas previas a la compra. Se concluyó que los consumidores italianos consideran los atributos sensoriales, uno de los más importantes como determinantes de la calidad de este tipo de productos.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Sistematizar la información disponible en la literatura sobre la producción y tecnología de elaboración de quesos deshidratados y aportar datos de parámetros fisicoquímicos, fracción volátil y del análisis sensorial de productos rallados comerciales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una búsqueda bibliográfica exhaustiva relacionada a los datos de producción y tecnología de elaboración de quesos deshidratados.
- Adquirir muestras comerciales de quesos rallados de primera marca, y aportar datos sobre la composición fisicoquímica a través del análisis de los rótulos y de los análisis llevados a cabo en el laboratorio.
- Analizar desde el punto de vista sensorial los quesos rallados comerciales y caracterizar el perfil de volátiles.
- Proponer vías bioquímicas para la presencia de los compuestos volátiles detectados en quesos rallados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Quesos rallados comerciales

Se adquirieron productos con denominación de venta “queso rallado” pertenecientes a 6 marcas comerciales (QR1, QR2, QR3, QR4, QR5, QR6) en dos oportunidades diferentes (lotes denominados a y b), haciendo un total de 12 productos. Estos quesos estaban envasados en paquetes de 70, 100 y 120 g.

En la **Figura 17** se presentan imágenes de los quesos rallados comerciales de marcas reconocidas, que fueron seleccionadas en este estudio.



Figura 17: Muestras de quesos rallados comerciales analizados.

3.2. Muestreo de los quesos

El día previo al análisis sensorial se realizó el muestreo de los productos adquiridos. Para ello, el queso se fraccionó en dos colectores plásticos con tapa que se destinaron al análisis sensorial descriptivo (**Figura 18**). De esta manera, se logra preservar el olor del queso hasta el momento de su evaluación.

Otra porción de muestra se tomó para el análisis de compuestos volátiles y el resto se destinó a la determinación de humedad.

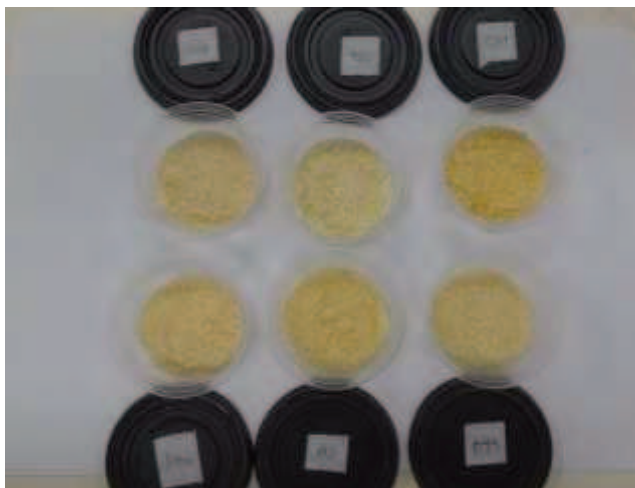


Figura 18: Fraccionamiento de las muestras para el análisis sensorial.

3.3. Determinación de humedad

Se realizó según Norma FIL 4A:1982, para lo cual se pesó un cristizador conteniendo arena tratada con ácido (25 g) y una varilla de vidrio. Luego, se colocó 3 g de la muestra de queso, y se homogeneizó con la arena con la ayuda de la varilla para evitar la formación de una capa que dificulte la evaporación. Se colocó en estufa a 102 ± 1 °C hasta pesada constante (entre 5-6 h), se pasó a un desecador y una vez enfriado el cristizador se registró el peso. El contenido de humedad se calculó como la diferencia entre el peso de la muestra húmeda y de la muestra seca, y se expresó en porcentaje (g/100 g de queso).

3.4. Análisis de compuestos volátiles por SPME-GC/FID-MS

La técnica de microextracción en fase sólida (SPME) se utilizó para aislar y concentrar los compuestos volátiles de las muestras. Para ello, se pesaron 5 g de la muestra de queso en un vial de vidrio (40 ml) con tapa a rosca y provisto de un septum perforado. El vial se colocó dentro de un bloque de aluminio dispuesto sobre una manta calefactora (IKA, Estados Unidos) y se realizó un pre-tratamiento de 45°C por 10 min. Luego, una fibra de SPME (DVB/Car/PDMS 50/30µm) dispuesta en un dispositivo manual (Supelco, Estados Unidos) se introdujo en el espacio de cabeza del vial y se expuso durante 30 min a 45°C.

Para la separación, identificación y semi-cuantificación de los compuestos volátiles, se empleó un cromatógrafo gaseoso (GC) (Perkin Elmer Corp., Estados Unidos) equipado con un detector de ionización de llama (FID), un inyector split/splitless y una columna capilar (60 m x 0.25 mm; HP-INNOWax, Agilent J&W, Estados Unidos) recubierta con una fase estacionaria de polietilenglicol (0.25µm). Las condiciones operativas fueron:

modo de desorción de los compuestos en splitless a 250 °C durante 5 min; rampa de T de la columna: 45 °C (4 min), 8 °C min⁻¹ hasta 150 °C (3 min), 10°C min⁻¹ hasta 250 °C (5 min); gas carrier: H₂; caudal: 2.0 ml min⁻¹, y temperatura del detector 290 °C.

Una tentativa identificación de los picos presentes en los cromatogramas se realizó a través de la inyección de patrones de los compuestos (Sigma Aldrich, Estados Unidos) en las mismas condiciones que las muestras y comparando los tiempos de retención.

La confirmación de los compuestos tentativamente identificados se realizó analizando las muestras en un GC equipado con un detector de masas (MS) (modelo QP 2010 ULTRA, Shimadzu Corporation, Japón) y una columna capilar (60 m x 0.25 mm; SH-Rtx-Wax, Restek, Estados Unidos) recubierta con polietilenglicol (0.25 µm). Las condiciones operativas: tiempo y temperatura de desorción, modo de inyección y rampa de temperatura de la columna, fueron similares a las del GC-FID. Se usó He como gas carrier (velocidad linear de flujo: 30,3 ml min⁻¹) y la línea de transferencia estuvo a 250°C. El MS fue operado en el modo de impacto electrónico (EI, 70eV) y los fragmentos fueron colectados en un rango de 42 a 300 m/z. La identificación de los compuestos se realizó utilizando la biblioteca provista por el software (GCMS Solution; NIST14, NIST14s, Wiley Registry 11th Edition, entre otras), y comparando los espectros de los picos con los de la librería y el empleo de compuestos estándar (Sigma Aldrich, Estados Unidos), inyectados bajo las mismas condiciones analíticas.

Solo aquellos compuestos identificados por GC-FID y confirmados por GC-MS fueron integrados a partir del software provisto por el GC-FID y los valores de las áreas se expresaron en unidades arbitrarias (UA).

3.5. Análisis Sensorial

Se realizó en el Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA/FIQ-UNL), el cual cuenta con una sala de análisis sensorial equipada con diez cabinas individuales diseñadas y construidas conforme a los lineamientos establecidos por la norma ISO 8589:2010. El área cuenta además con una cocina destinada a la preparación y acondicionamiento de las muestras, y una sala de reuniones donde se desarrollaron las sesiones de entrenamiento del panel y se definieron de manera consensuada los descriptores a evaluar y su metodología de evaluación.

Los panelistas que formaron parte de este estudio fueron seleccionados y entrenados según las Normas ISO 22935-1:2012, ISO 22935-2:2012, y ISO 22935-3:2012. En esta

oportunidad, participaron 9 evaluadores (6 mujeres y 3 hombres entre 30 y 50 años), todos ellos consumidores habituales de queso rallado.

Se utilizó la metodología QDA y se usaron escalas lineales no estructuradas de 10 cm, ancladas en 1 y 9 que representan la mínima y máxima intensidad percibida de cada descriptor. Todos los panelistas que participaron tienen experiencia en esta metodología y fueron capacitados y entrenados en el uso del vocabulario específico para la definición de los descriptores de quesos rallados, según ISO 5492:2008. Dado que la bibliografía específica sobre evaluación sensorial de quesos rallados y los descriptores asociados a sus atributos es limitada, se llevó a cabo una reunión grupal con el panel a fin de consensuar los términos a utilizar (**Figura 19**).



Figura 19: Reunión grupal de los evaluadores para consensuar descriptores, formas de evaluación y anclaje de las escalas sensoriales.

Se acordó analizar las características sensoriales de apariencia, olor, *flavor* y textura, tomando como referencias la Norma ISO 22935-2:2012, la propuesta metodológica de Drake & Delahunty (2017) y la experiencia previa de los evaluadores como consumidores habituales de este tipo de producto. Cabe mencionar que se introdujo el término “Solubilidad”, descriptor de textura bucal de importancia y considerado como “positivo” en la evaluación de la calidad de este tipo de producto, que normalmente se consume integrándolo a un plato de pasta caliente (Zannoni & Hunter, 2015).

Para el adiestramiento de los panelistas se utilizaron dos muestras de quesos rallados comerciales de diferentes marcas; una de estas muestras es considerada como referencia por varias empresas lácteas locales ya que presenta las mejores características sensoriales

respecto a los otros productos existentes en el mercado. Del consenso y trabajo grupal, se definieron los descriptores y los anclajes de las escalas que se muestran en la **Tabla 5**.

Tabla 5: Descriptores sensoriales y sus anclajes utilizados en la evaluación QDA.

Descriptor	Definición	Anclajes de escalas
Olor característico a queso Reggiano	Intensidad total, definida como una combinación de olor ácido, lácteo	1= Apenas perceptible 9= Muy perceptible
Olor extraño	Notas de olores que no corresponden a queso Reggiano	1= Apenas perceptible 9= Muy perceptible
Color amarillo	Intensidad de color amarillo	1= Amarillo claro (queso cremoso) 9= Amarillo fuerte (queso Cheddar)
Aglomeraciones	Visual: Número de partículas aglomeradas	1= Poca 9= Mucha
Granulosidad	Textura bucal: Tamaño de partículas percibidas en la cavidad bucal	1= Poca 9= Mucha
Dureza de partícula	Textura bucal: fuerza para comprimir el alimento entre los molares en la primera mordida	1= Poco dura 9= Muy dura
Solubilidad	Textura bucal: grado de facilidad para solubilizar la muestra y poder deglutir	1= Poca 9= Mucha
Gusto salado	Intensidad total del gusto básico vinculada a la concentración de sustancias como el cloruro de sodio	1= Apenas perceptible 9= Muy perceptible
Picante	Sensación físicamente penetrante en la cavidad nasal. Sabor picante, irritante o sensación penetrante en el interior de la boca	1= Poco 9= Mucho
Flavor característico a queso Reggiano	Intensidad total, definida como una combinación de <i>flavor</i> a queso, salado, amargo, ácido, lácteo-cremoso, picante	1= Apenas perceptible 9= Muy perceptible
Flavor residual	<i>Flavor</i> que persiste en la boca luego de 30 segundos de deglutir. Definir el descriptor	1= Apenas perceptible 9= Muy perceptible
Off-flavor	Sabor extraño, no característico a queso y de carácter desagradable. Definir el descriptor	1= Apenas perceptible 9= Muy perceptible

A partir de la definición de los descriptores y sus formas de evaluación, se diseñó la ficha sensorial que utilizaron los evaluadores, la cual se presenta en el **Anexo I**.

Posteriormente, en las cabinas individuales y bajo condiciones estandarizadas, se presentaron a cada evaluador 25 g muestra codificadas con un número de 3 dígitos definidos aleatoriamente (servidas a temperatura ambiente), cucharas para el consumo, un vaso de agua como limpiador del paladar y la planilla sensorial a completar (**Figura 20**).

Durante las evaluaciones, los panelistas marcaron en cada escala la intensidad percibida de cada descriptor. Posteriormente, se midieron las intensidades con regla graduada en centímetros (cm) para asignarle el valor numérico correspondiente y realizar posteriormente los análisis estadísticos.



Figura 20: Evaluación sensorial de los quesos rallados utilizando metodología QDA.

3.6. Análisis estadístico

Los valores de humedad de los dos lotes de quesos (a y b) de cada una de las 6 marcas analizadas fueron promediados y analizados por ANOVA de 1 vía ($p < 0,05$) y Test de Tukey para establecer diferencias entre las marcas comerciales. Se empleó el software InfoStat (Versión 2020e, Argentina).

La fracción volátil de las 12 muestras de quesos fueron analizadas separadamente, considerando que los componentes volátiles de los lotes de una misma marca pueden no resultar promediabiles, en función de las múltiples variables que condicionan la biosíntesis de los compuestos. Los volátiles identificados fueron clasificados en familias químicas, y se calculó la contribución de cada familia química, en porcentaje, respecto al área total de compuestos detectados. Además, los compuestos individuales fueron analizados por el método multivariado de Componentes Principales (PCA) a fin de establecer

compuestos característicos y probables agrupamientos de las muestras. Se empleó el software SPSS v25 (IBM, Estados Unidos).

En el caso del análisis sensorial, para cada uno de los descriptores evaluados por los panelistas, se calculó la media y la desviación estándar. Los valores de los distintos descriptores de cada marca fueron promediados y se representaron gráficamente. Posteriormente los datos fueron analizados por ANOVA de una vía ($p < 0,05$) y se usó el Test de Tukey para detectar las diferencias entre las muestras, usando el software InfoStat (Versión 2020e, Argentina). Se aplicó PCA como análisis exploratorio con el objetivo de identificar relaciones entre las muestras de quesos y los descriptores sensoriales. Del mismo modo se realizó un PCA al conjunto de datos del perfil de compuestos volátiles y los distintos descriptores sensoriales a fin de identificar similitudes o diferencias entre las muestras de quesos, para cada caso. Se empleó en ambos casos el software SPSS v25 (IBM, Estados Unidos). Finalmente, se aplicó el análisis de correlación de Pearson para estudiar la relación entre los grupos de compuestos volátiles y los atributos sensoriales (SPSS v25) y se aplicó Heatmap para identificar visualmente la magnitud de esa relación (Python v3.10, Google Colab, Estados Unidos).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad de los dos lotes de quesos analizados para cada marca resultó promediable lo que se manifiesta por los valores de coeficientes de variación (<5%) (**Tabla 6**). QR1 tuvo el mayor valor de humedad ($p < 0,05$) en comparación con el resto de los quesos que presentaron valores similares. Esta diferencia se podría atribuir al hecho de que QR1 se elabora mediante un proceso y una tecnología diferente al resto de los productos, lo que se refleja en su denominación legal: *Queso Reggianito rallado, sin deshidratar*. Esto sugiere un menor grado de deshidratación en su elaboración, lo que explicaría su mayor contenido de humedad frente a los demás productos evaluados.

Tabla 6: Contenido de humedad de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6).

Valores medios $\pm$ desviación estándar de los dos lotes analizados.

QR	Humedad
QR1	$25,62 \pm 0,39^a$
QR2	$17,79 \pm 0,64^b$
QR3	$17,82 \pm 0,25^b$
QR4	$17,95 \pm 0,56^b$
QR5	$16,80 \pm 0,82^b$
QR6	$16,49 \pm 0,71^b$

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras.

El CAA establece en el art. 640, que los quesos rallados deshidratados con predominancia ($> 50\%$ m/m) de quesos de baja humedad deberán contener como máx. 20,0 g/100 g de humedad. Como puede verse, con excepción de QR1 que es un queso sin deshidratar, los restantes productos cumplen la normativa.

4.2. Composición global de los quesos

En la **Tabla 7** se compila la información sobre los ingredientes y la composición nutricional obtenida del rótulo de los productos. En relación a la denominación de venta, como ya se mencionó, con excepción de QR1, los restantes productos se denominan *Queso rallado*. En lo que respecta a los ingredientes, en algunos productos se utilizaron solo quesos Reggianito (QR1 y QR5), mientras que en los restantes se mencionan en forma genérica quesos duros como principal ingrediente.

Tabla 7: Datos de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6).

Denominación arbitraria en este estudio/denominación de venta		Ingredientes	Información nutricional			
			(por porción: 10 g de producto)			
			Carbohidratos	Proteínas	Grasas totales	Sodio
QR1	Queso Reggianito rallado sin deshidratar	Queso Reggianito, antiaglutinante (celulosa microcristalina), conservante (ácido sórbico, natamicina, lisozima)	0g	3.8g	2.6g	114 mg
QR2	Queso rallado	Queso de pasta dura, antiaglutinante (celulosa en polvo), conservante (ácido sórbico)	0g	3.8g	3.1g	141 mg
QR3	Queso rallado	Queso de pasta dura, antiaglutinante (celulosa microcristalina), conservante (ácido sórbico, natamicina)	0.6g	4.1g	2.9g	110 mg
QR4	Queso rallado	Queso de pasta dura, antiaglutinante (celulosa microcristalina), conservante (ácido sórbico, natamicina)	0.9g	3.6g	2.9g	108g
QR5	Queso rallado	Queso Reggianito, antiaglutinante (celulosa microcristalina)	0.9g	4.5g	2.7g	86 mg
QR6	Queso rallado	Queso de pasta dura, antiaglutinante (celulosa microcristalina), conservante (ácido sórbico, natamicina)	0g	4.1g	2.9g	110 mg

En el caso de los aditivos declarados figura el uso de antiaglutinantes como es el caso de la celulosa, y de conservadores como el ácido sórbico, la natamicina y la lisozima, solos o combinados. En uno de los productos analizados (QR5) no se declara la presencia del conservante.

En relación al uso de aditivos es importante aclarar que el CAA permite el uso de los mencionados aditivos para que los quesos preserven sus características durante la vida útil. Por ejemplo, la celulosa microcristalina y el dióxido de silicio tienen la función de evitar que el producto se aglomere, mientras que la natamicina, la lisozima y el ácido sórbico o sus sales evitan el crecimiento de los hongos dentro del envase.

Respecto a la información nutricional, puede verse que la composición declarada varía para algunos productos entre las distintas marcas; tal es el caso de la grasa (entre 26 y 31g/100g), la proteína (entre 36 y 45g/100g) y el contenido de sodio (entre 860 y 1410mg/100g).

Estudios relativos a la tecnología de quesos rallados empleada en Argentina y su relación con la composición global y los aspectos sensoriales son escasos. Los procesos tecnológicos aplicados para su obtención producen modificaciones ya que el contenido de humedad disminuye. En quesos Reggiano comerciales (n=18) se han reportado valores de humedad promedio de $32,9 \pm 1,6\%$ (Wolf et al., 2010), alcanzando en los productos rallados valores bastante más bajos. García (2023) informó en 3 muestras de quesos rallados valores de humedad entre 11,9 y 14,1%.

4.3. Perfil de compuestos volátiles

Un total de 41 compuestos volátiles fueron identificados en los quesos analizados, correspondiendo a las familias químicas de los aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres, ácidos y otros compuestos. En este último grupo se incluyeron compuestos de diversas familias químicas, que por su bajo número no conformaron un grupo particular.

4.3.1. Análisis de los compuestos volátiles por grupos de compuestos

En el **Figura 21** se presentan los % de los grupos de compuestos de los dos lotes de quesos de las 6 marcas analizadas.

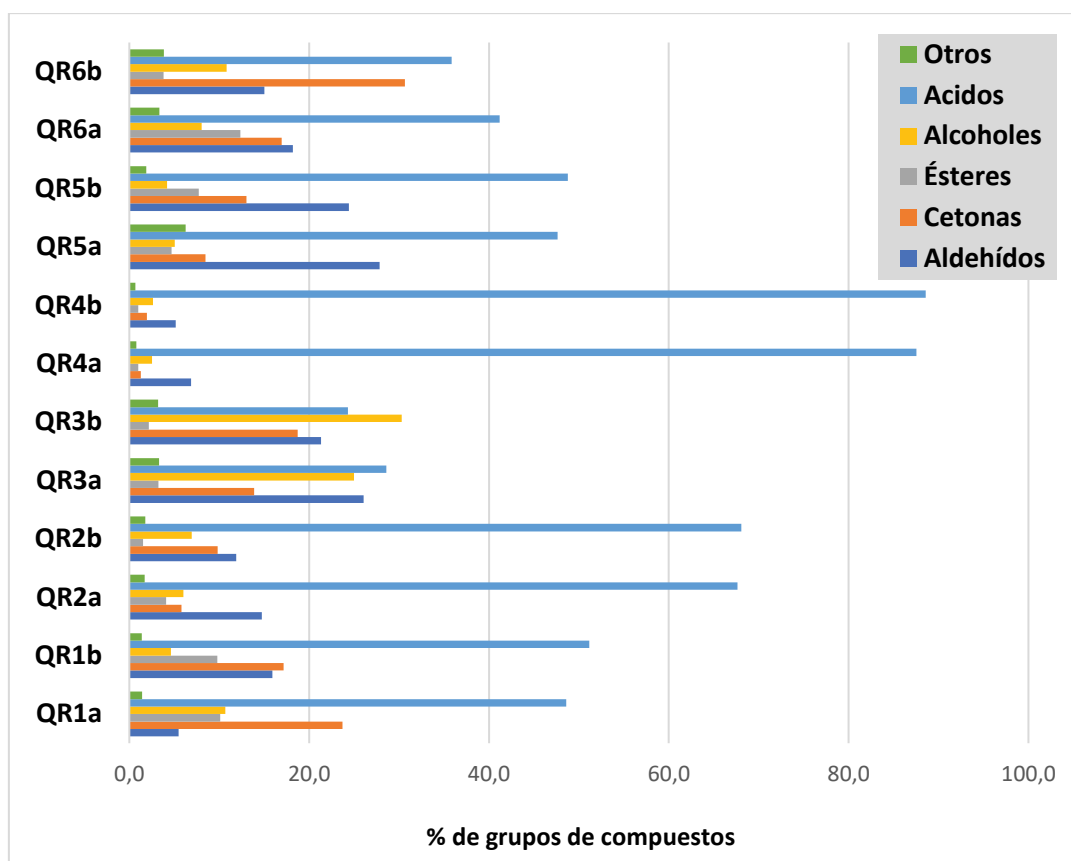


Figura 21: Valores porcentuales de los grupos de compuestos volátiles de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6).

Valores medios del análisis por duplicado para cada lote de queso (a y b).

Como puede verse, el perfil global de los grupos de compuestos mostró marcadas diferencias entre las marcas de quesos analizados, y en menor medida entre los lotes dentro de cada marca. Un análisis detallado de los compuestos que caracterizaron a los quesos rallados, por familia química, se realiza a continuación:

ÁCIDOS

Se identificaron un total de 8 ácidos, principalmente ácidos de cadena lineal y número par de átomos de C (C_2 a C_{10}), y en menor medida ácidos de número impar de átomos de C (C_5 y C_7), un ácido de cadena ramificada (3-metil butanoico o isovalérico), y el ácido sórbico, un compuesto adicionado a los quesos rallados como conservante. Los valores de área para los distintos ácidos identificados se presentan en la **Tabla 8**. Todos los ácidos encontrados en los productos rallados analizados se han reportado en quesos Reggianito (Wolf et al., 2010; Ceruti et al., 2016), principal materia prima de los quesos rallados.

Tabla 8: Valores de áreas de compuestos del grupo de los ÁCIDOS (en UA x 10³) para los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.

Valores medios ± desviación estándar del análisis por duplicado.

Compuestos	QR1a	QR1b	QR2a	QR2b	QR3a	QR3b	QR4a	QR4b	QR5a	QR5b	QR6a	QR6b
Ác. acético	666±19	641±17	1049±0.2	881±13	299±5	278±2	816±77	728±10	877±16	871±4	370±4	312±3
Ác. butanoico	1018±66	708±5	667±9	713±20	573±5	469±0.2	6693±6	5841±26	855±2	1277±15	618±17	384±8
Ác. 3-metil butanoico	87±2	43±1	19±0.5	16±1	28±0.1	23±0.3	27±1	40±2	28±2	19±0.8	18±1	17±0.6
Ác. hexanoico	1287±91	927±6	1191±105	1007±15	490±16	431±8	4587±65	3835±32	598±24	608±28	491±16	233±3
Ác. heptanoico	193±7	127±0.7	164±6	138±4	45±2	33±1	148±1	114±3	37±0.5	14±0.8	33±0.8	14±0.8
Ác. octanoico	169±7	123±2	97±2	68±1	145±11	118±2	558±15	408±5	142±4	137±8	154±7	81±5
Ác. sórbico	777±43	469±12	999±0.3	882±25	57±3	48±1	464±14	350±3	43±4	42±3	79±6	21±2
Ác. decanoico	59±4	42±3	34±1	29±3	51±2	46±8	142±12	114±19	46±0.5	50±3	63±5	43±5

n.d.: no detectado

En relación al perfil de la fracción ácida de los quesos rallados, en todos los casos los componentes más abundantes fueron el butanoico, hexanoico y acético. El ácido sórbico también resultó mayoritario y varió en un amplio rango en todas las muestras. Este hallazgo está en coincidencia con lo observado para quesos Reggiano (Wolf et al., 2010).

Los ácidos saturados de cadena lineal y número par de átomos de C ($C_{4:0}$ a $C_{18:0}$), se originan a partir de la lipólisis de la materia grasa, por la acción de las enzimas lipolíticas (esterasas y lipasas) provistas por la microbiota presente en los quesos (Barbieri et al., 1994; Curioni & Bosset, 2002). En quesos de larga maduración, estas enzimas contribuyen a liberar importantes niveles de los productos primarios de lipólisis: AGL.

En el caso del ácido acético, el mismo es un metabolito que se origina a partir de diversos procesos bioquímicos tales como el metabolismo del lactato y del citrato y a través del catabolismo de AA (Sgarbi et al., 2013). Bajo condiciones nutricionales limitadas, el lactato puede ser metabolizado a piruvato, un compuesto del metabolismo intermedio que puede ser convertido en acetil-fosfato, el cual en presencia de una acetato-kinasa puede conducir a la formación de ácido acético y ATP. En el metabolismo del citrato, la citrato liasa puede descomponer el citrato en oxalacetato y ácido acético. Por otra parte, el catabolismo de algunos AA como el ácido aspártico pueden conducir a la producción de ácido acético. Por su parte, el ácido isovalérico se produce a partir del catabolismo de la leucina (Curioni & Bosset, 2002).

Como ya se indicó, los ácidos juegan un rol clave en el perfil aromático de los quesos tipo grana, principalmente los ácidos de cadena corta lineales y ramificados que tienen bajos umbrales de percepción, tales como acético, butanoico, hexanoico, octanoico e isovalérico (Curioni & Bosset, 2002).

Como puede verse la **Figura 21**, los ácidos representaron entre el 24% (QR3b) y el 89% (QR4b) del total de compuestos. Con excepción de QR3b, en las restantes muestras los ácidos resultaron el grupo mayoritario. En cuanto a las proporciones de los ácidos, en quesos Reggiano se ha informado un rango entre el 28 y el 48%, con un valor promedio en torno al 38% del total de compuestos (Wolf & Perotti, 2013). Como puede verse, la proporción de los ácidos en quesos Reggiano y rallados presenta diferencias. En los quesos Reggiano los ácidos varían en un rango más estrecho (28 al 48%) respecto a lo obtenido para los productos rallados (24 al 89%). Se podría hipotetizar que los procesos lipolíticos se acentúan en los productos rallados. Como se mencionó en la introducción el proceso de rallado aumenta la superficie del queso promoviendo procesos hidrolíticos de

la materia grasa, lo que se favorece por la exposición a temperatura durante la deshidratación.

ALDEHÍDOS

En el grupo de los aldehídos (9) se identificaron aldehídos saturados de cadena lineal (acetaldehído o etanal, hexanal, heptanal, nonanal), ramificados (2- y 3-metil butanal), aromáticos (benzaldehído o fenilmetanal y bencenacetaldehído o feniletanal) e insaturados de cadena lineal tal como el 2-butenal. Con excepción del bencenacetaldehído, los restantes aldehídos estuvieron presentes en todas las muestras. Los valores de área para los distintos aldehídos identificados en las muestras se presentan en la **Tabla 9**. En general, los aldehídos con mayores valores de áreas fueron el acetaldehído y 2-butenal, seguidos del 2- y 3-metilbutanal.

Este perfil cualitativo muestra algunas diferencias con los quesos Reggianito. En muestras comerciales de estos quesos se reportaron acetaldehído, 2 y 3-metil butanal, 2-butenal y benzaldehído (Wolf et al., 2010). Como puede verse, estos compuestos se encuentran también presentes en el perfil aromático de los quesos rallados. Sin embargo, en los quesos rallados destaca la presencia de hexanal, heptanal y nonanal.

Los aldehídos son compuestos transitorios en los quesos, y tienen distintos orígenes. El acetaldehído puede ser producido por diversas vías metabólicas que comparte con el etanol (producto de su reducción) y del ácido acético (producto de su oxidación). Otros aldehídos de cadena lineal de mayor número de átomos de carbono se asocian a la oxidación lipídica de AG no saturados tanto libres como esterificados (Santamarina-García et al., 2023) y en algunos alimentos grasos se asocian al deterioro de la calidad organoléptica.

El hexanal y nonanal se consideran derivados de la oxidación del ácido linoleico, los cuales proveen notas a grasa o herbáceas (hexanal) o un olor a melón dulce (nonanal). Heptanal puede ser producido a partir de la oxidación del ácido oleico y presenta notas a carne y a grasa. La acumulación de AG poliinsaturados se incrementa durante la maduración, y este hecho favorece la producción de estos aldehídos (You et al., 2024).

Es probable que en las condiciones medioambientales del queso natural (en el interior de la horma del queso se tiene un potencial de óxido-reducción negativo) los procesos oxidativos se vean ralentizados o impedidos, pero durante el proceso de rallado y secado la exposición al oxígeno pueden favorecer esta reacción.

Tabla 9: Valores de áreas de compuestos del grupo de los ALDEHÍDOS (en UA x 10³) para los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.

Valores medios ± desviación estándar del análisis por duplicado.

Compuestos	QR1a	QR1b	QR2a	QR2b	QR3a	QR3b	QR4a	QR4b	QR5a	QR5b	QR6a	QR6b
Acetaldehído	171±3	281±13	325±15	239±9	307±5	260±1	159±0.3	163±1	269±4	305±11	340±3	140±3
2-metil butanal	29±2	107±4	119±5	80±6	125±3	103±2	33±0.1	36±1	121±6	72±8	104±4	58±3
3-metil butanal	68±4	238±9	274±16	198±4	220±7	186±4	36±0.8	55±1	135±5	117±0.6	195±7	109±5
2-butenal	61±5	193±10	18±2	21±3	520±9	308±1	663±0.6	324±16	798±8	801±11	35±0.7	85±0.2
Hexanal	26±1	27±2	38±0.7	24±0.5	28±1	29±0.2	26±0.9	33±2	29±2	50±3	34±2	24±0.3
Heptanal	25±1	21±0.6	59±0.6	21±2	155±6	192±2	98±2	21±3	104±5	99±8	99±2	47±3
Nonanal	42±2	34±2	24±3	26±2	31±3	63±3	21±2	10±0.1	26±3	27±2	26±1	14±0.4
Benzaldehído	38±0.3	49±0.2	61±1	43±1	148±0.9	122±0.1	25±0.1	29±0.5	467±3	34±3	46±3	36±1
Bencenacetaldehído	21±2	12±1	n.d.	n.d.	11±0.5	8±0.5	n.d.	n.d.	12±1	11±1	n.d.	n.d.

n.d.: no detectado

En el caso de los aldehídos aromáticos tales como benzaldehído y bencenacetaldéhidó, los mismos derivan del catabolismo de algunos AA aromáticos. La conversión química de α -cetoácidos tales como ácido fenilpirúvico y p-hidroxifenilpirúvico, que son producidos por transaminación de la fenilalanina y la tirosina, respectivamente, son las reacciones involucradas en la bioformación de estos compuestos (You et al., 2024).

En relación a las proporciones de los aldehídos encontrados en las muestras analizadas, este grupo representó entre el 5% (QR1a y QR4b) y el 27% (QR3a y QR5a) del total de compuestos (**Figura 21**). En la mayoría de los quesos rallados analizados, los aldehídos representaron el 2do o 3er grupo en abundancia.

La fracción de aldehídos presenta diferencias respecto a los quesos Reggianito, donde se reportaron valores porcentuales promedio del 9% (rango del 6 al 14%) (Wolf & Perotti, 2013), sugiriendo un rol menor en el perfil de compuestos volátiles respecto a los quesos rallados.

CETONAS

El grupo de las cetonas (9) se caracterizó por la presencia de metilcetonas (C3 a C9), una dicetona (2,3-butanodiona o diacetilo) y una hidroxiketona (3-hidroxi-2-butanona). Con excepción de la 2-hexanona y la 2-octanona+acetoína, las restantes cetonas fueron detectadas en todas las muestras. Los valores de área para las cetonas identificadas en las muestras se presentan en la **Tabla 10**. El perfil cualitativo de cetonas que caracterizó a los quesos también mostró diferencias respecto a los componentes predominantes: en QR1a y QR1b la cetona mayoritaria fue 2-pentanona+diacetilo (pico no resuelto), en QR2a y QR2b la 2-octanona+acetoína (pico no resuelto), en QR3a, QR3b, QR5b y QR6a y QR6b la 2-butanona, en QR5a la 2-propanona, mientras que en QR4a y QR4b no hubo una cetona mayoritaria, sino que las identificadas tuvieron valores de áreas similares.

Las cetonas constituyeron entre el 2% (QR4a y QR4b) y el 31% (QR6b). Este amplio rango indica que su incidencia porcentual en el perfil global resultó muy dispar entre los quesos.

Tabla 10: Valores de áreas de compuestos del grupo de las CETONAS (en UA x 10³) para las seis marcas de quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.

Valores medios ± desviación estándar del análisis por duplicado.

Compuestos	QR1a	QR1b	QR2a	QR2b	QR3a	QR3b	QR4a	QR4b	QR5a	QR5b	QR6a	QR6b
2-propanona	21±2	56±3	63±4	172±0.5	96±1	81±0.7	46±0.3	43±1	124±5	70±2	80±4	67±2
2-butanona	55±2	22±1	58±3	19±1	389±11	628±7	38±0.1	44±0.8	54±5	298±0.5	480±18	691±20
2-pentanona+diacetilo	1816±27	822±8	87±0.8	71±3	71±4	88±0.7	40±0.5	36±6	82±0.7	95±0.9	43±3	52±2
2-hexanona	14±0.6	16±0.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	42±2	142±5	30±0.9	9±0.1
2-heptanona	56±1	49±2	9±0.5	26±1	237±0.2	216±8	31±1	85±0.1	78±4	29±2	323±1	63±1
2-octanona+acetoína	87±2	45±4	124±2	240±1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	59±2	152±2	n.d.	n.d.
2-nonanona	30±0.2	22±3	19±2	11±0.1	31±0.1	102±12	43±3	44±2	31±2	23±2	14±0.1	11±0.1

n.d.: no detectado

Distintos compuestos del grupo de las cetonas son considerados importantes contribuyentes a la fracción volátil de los quesos tipo grana (Curioni & Bosset, 2002). En un estudio que comparó la fracción volátil de quesos grana italianos (Parmigiano Reggiano y Grana Padano) y quesos Reggiano se informó que las cetonas fueron el segundo grupo mayoritario (~38%) en los quesos duros italianos (después de los ácidos), mientras que en las muestras de quesos Reggiano se encontró una gran variabilidad (entre 9 y 26%). Respecto al tipo de cetonas que caracterizaron los perfiles de los quesos Reggiano, la 2-propanona, 2-pentanona+diacetilo y 2-heptanona fueron las mayoritarias (Wolf & Perotti, 2013). En este sentido, en los quesos rallados la identidad de las cetonas mayoritarias fue diferente entre las muestras.

La mayoría de las cetonas se forman durante el proceso de maduración, salvo la propanona y butanona que parecen provenir de la leche. Las metilcetonas de número impar de carbonos se forman a partir del catabolismo de los AGL. Ellos son oxidados vía enzimática a β -cetoácidos, los cuales son posteriormente descarboxilados a metilcetonas con un átomo de C menos. Este mecanismo se ha reportado en quesos madurados por mohos y por bacterias (Collins et al., 2003). El diacetilo es un metabolito derivado del piruvato, compuesto intermedio del metabolismo del lactato, citrato y de los AA (You et al., 2024). Por reducción enzimática del diacetilo puede generarse la acetoina.

ALCOHOLES

Dentro del grupo de los alcoholes (7) se identificaron un alcohol lineal primario (etanol), dos alcoholes lineales secundarios (2-butanol y 2-pentanol), dos alcoholes aromáticos (alcohol bencílico o fenilmetanol o benzenmetanol y feniletanol o 2-feniletanol o benzenetanol), un alcohol dihidroxilado (2,3-butanodiol) y un éter alcohol (1-butoxi 2-propanol). Los valores de áreas para los alcoholes identificados se muestran en la **Tabla 11**. Como puede verse en la misma, ninguno de los alcoholes estuvo presente en todas las muestras. Algunas particularidades se observaron en el perfil cualitativo de los alcoholes. El 2,3-butanodiol fue mayoritario en QR1a, el benzenetanol en QR1b, QR2a, QR2b, QR4a y QR4b, el 2-butanol en QR6a y QR6b y el 1-butoxi 2-propanol en QR3a y QR3b.

Tabla 11: Valores de áreas de compuestos del grupo de los ALCOHOLES (en UA x 10³) para las seis marcas de quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.

Valores medios ± desviación estándar del análisis por duplicado.

Compuestos	QR1a	QR1b	QR2a	QR2b	QR3a	QR3b	QR4a	QR4b	QR5a	QR5b	QR6a	QR6b
Etanol	n.d.	n.d.	7±0.7	7±0.4	32±2	34±0.1	68±0.9	48±0.4	85±6	81±3	41±5	21±0.5
2-butanol	n.d.	n.d.	62±3	71±5	100±3	111±10	30±3	68±3	84±2	54±1	262±4	270±9
2-pentanol	37±4	40±1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	48±6	40±2	10±0.1	11±0.8
2,3-butanodiol	607±9	42±0.1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18±0.4	15±0.4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
bencenmetanol	40±4	25±0.9	38±4	36±0.9	n.d.	n.d.	39±2	27±0.3	n.d.	n.d.	5±0.1	5±0.1
bencenetanol	256±5	173±7	249±11	247±6	n.d.	n.d.	236±8	185±0.9	n.d.	n.d.	38±1	26±1
1-butoxi 2-propanol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1349±6	1662±10	n.d.	n.d.	64±2	86±8	n.d.	n.d.

n.d.: no detectado

Comparado estos resultados con la fracción alcohol de los quesos Reggiano (Wolf et al., 2010), los quesos rallados presentaron un número muy reducido de alcoholes (7) a diferencia de los quesos Reggiano donde se identificaron más de 15 compuestos, siendo el etanol el mayoritario y estando presente en todas las muestras analizadas. Además, dos nuevos compuestos fueron detectados en los quesos rallados: el bencenotanol y el 1-butoxi-2-propanol.

En relación a la incidencia del grupo de los alcoholes en el perfil global de compuestos, se observa que los valores porcentuales variaron entre el 2% (QR4) y ~27% (QR3) (**Figura 21**). Este rango contrasta con lo reportado para los quesos Reggiano, donde se informaron valores entre 17% y 43%, constituyendo uno de los grupos más abundantes (Wolf & Perotti, 2013).

Los alcoholes son componentes normales en el perfil de volátiles de los quesos grana, aunque muy pocos de ellos son de relevancia para el aroma. Al igual que el resto de los volátiles de los quesos, las vías metabólicas de formación son diversas. Se ha sugerido que las fuertes condiciones reductoras que imperan en quesos de larga maduración pueden favorecer la reducción de distintos aldehídos y cetonas a alcoholes (Coda et al., 2006). El único alcohol primario detectado, etanol, puede provenir de la reducción del acetaldehído a través de la vía metabólica del lactato. Otros orígenes posibles son la vía de las pentosas o el catabolismo de los AA como la treonina (You et al., 2024). Los alcoholes secundarios como el 2-butanol y 2-pentanol se originan a partir de la reducción de las correspondientes metilcetonas (butanona y 2-pentanona, respectivamente). El 2,3-butanodiol, es producto de la reducción enzimática de la acetoina. Los alcoholes aromáticos como el bencenotanol y bencenotanol, son formados por la reducción de los correspondientes aldehídos (benzaldehído y bencenacetaldehído).

Es importante destacar también el caso del 1-butoxi 2-propanol que fue por primera vez encontrado en las muestras de quesos argentinos analizados en nuestro instituto hasta el momento. Se ha reportado la presencia de este compuesto, en grandes cantidades, en quesos como el Feta (Maggira et al., 2023) y en algunas variedades de quesos de oveja (Pecorino) (Coda et al., 2006). Aunque no se ha establecido su origen en quesos, algunos autores sugieren que otros compuestos similares como el 2-butoxi etanol se pueden considerar productos de contaminación a partir de soluciones de limpieza utilizados por la industria (Fernández-García, 2004).

ÉSTERES

Un total de 3 ésteres fueron identificados. Ellos fueron ésteres etílicos de los ácidos etanoico, butanoico y hexanoico. Los valores de áreas para los ésteres identificados en las muestras se presentan en la **Tabla 12**. Los valores porcentuales de los ésteres estuvieron entre 1% (QR4) y 12.4% (QR6a) (**Figura 21**). Los ésteres se consideran compuestos derivados de la grasa, y se forman a través de reacciones de esterificación entre ácidos y alcoholes (principalmente etanol) las cuales están asociadas a la actividad esterasa de las BAL que producen estos compuestos vía distintos mecanismos, siendo la alcoholisis (grupos acilo de los triglicéridos son transferidos a alcoholes) uno de los mecanismos más probables en sistemas acuosos (Liu et al., 2003).

Respecto a lo encontrado en quesos tipo grana, donde una amplia diversidad de ésteres ha sido reportada (Wolf et al., 2010; Barbieri et al., 1994; Bellesia et al., 2003; Qian & Reineccius, 2002), siendo el butanoato y/o hexanoato de etilo mayoritarios y compuestos claves de aroma aportando notas frutales (Moio & Addeo, 1998; Boscaini et al., 2003), en los quesos rallados el perfil encontrado solo estuvo restringido a algunos ésteres etílicos. Además, en la mayoría de las muestras el acetato de etilo resultó el éster mayoritario.

OTROS COMPUESTOS

Dentro de este grupo se englobaron una serie de compuestos (5) de diversas familias químicas: dos hidrocarburos (1,3-pentadieno y estireno), una pirazina (3-etil 2,5-dimetilpirazina) y dos lactonas (γ -valerolactona y γ -octalactona) (**Tabla 13**). De estos compuestos, solo el 1,3-pentadieno fue reportado en quesos Reggianito (Wolf et al., 2010).

Dentro de los hidrocarburos, el 1,3-pentadieno se ha reportado en distintas variedades de quesos de oveja (Larráyz et al., 2001; Coda et al., 2006; Santamarina-García et al., 2023) y en quesos azules (Wolf et al., 2011). Este compuesto al igual que otros alquenos y terpenos podría no estar relacionado con la maduración sino con la dieta de los animales (Coda et al., 2006). Sin embargo, teniendo en cuenta que el 1,3-pentadieno puede ser producido por algunas especies de mohos y levaduras a partir del ácido sórbico y sus sales (compuestos usualmente adicionado a los quesos Reggianito y en los productos rallados como conservante) a través de un mecanismo de decarboxilación, no debería destacarse una contaminación microbiana en los productos en los cuales su presencia es detectada.

Tabla 12: Valores de áreas de compuestos del grupo de los ÉSTERES (en UA x 10³) para las seis marcas de quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.

Valores medios ± desviación estándar del análisis por duplicado.

Compuestos	QR1a	QR1b	QR2a	QR2b	QR3a	QR3b	QR4a	QR4b	QR5a	QR5b	QR6a	QR6b
acetato de etilo	745±102	498±8	41±2	24±2	137±2	108±5	119±2	86±4	200±5	238±4	115±3	37±0.9
butanoato de etilo	88±3	81±3	215±9	60±1	13±1	15±1	21±2	28±0.4	40±2	200±1	369±6	22±0.3
hexanoato de etilo	58±3	15±1	n.d.	n.d.	42±0.3	7±0.4	12±0.7	15±0.7	20±1	40±2	64±3	59±1

n.d.: no detectado

Tabla 13: Valores de áreas de compuestos del grupo de los OTROS COMPUESTOS (en UA x 10³) para las seis marcas de quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.

Valores medios ± desviación estándar del análisis por duplicado.

Compuestos	QR1a	QR1b	QR2a	QR2b	QR3a	QR3b	QR4a	QR4b	QR5a	QR5b	QR6a	QR6b
1,3-pentadieno	21±1	20±0.9	22±1	14±0.7	28±0.3	29±2	30±0.4	16±.6	260±27	19±2	19±0.3	13±0.3
Estireno	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	22±0.1	17±1	9±0.1	7±0.1	24±0.8	44±8	9±1	7±1
3-etil, 2-5 dimetilpirazina	20±2	5±0.4	n.d.	n.d.	134±3	135±2	n.d.	n.d.	57±1	47±2	108±0.3	87±2
γ-valerolactona	28±3	14±0.8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10±1	9±0.8	n.d.	n.d.
γ-octalactona	83±3	58±2	84±6	83±3	9±1	9±0.3	82±3	66±0.2	5±0.6	8±1	13±0.5	11±0.6

n.d.: no detectado

Este compuesto en determinados niveles puede ocasionar defectos sensoriales ya que aporta notas aromáticas descritas como “a petróleo”, “a solvente”, “a kerosene” (Pinches & Apps, 2007; Casas et al., 2004). García (2023) detectaron este compuesto en muestras de quesos rallados.

En el caso del estireno y otros hidrocarburos aromáticos, su presencia también es común en distintas variedades de queso. Aunque existe evidencia que puede provenir de un fenómeno de migración a partir del material de empaque (Chiesa et al., 2008), su origen también podría estar asociado con el crecimiento de mohos y levaduras en el alimento (Pinches & Apps, 2007). Se ha reportado que diversas especies de mohos y levaduras pueden producir este compuesto a partir del ácido cinnámico u otros precursores (Adda et al., 1989; Larsen, 1998; Pinches & Apps, 2007).

En el caso de las alquilpirazinas, diversos componentes de esta gran familia son comunes en el perfil de volátiles de los quesos grana (Qian & Reineccius, 2002; Barbieri et al., 1994; Moio & Addeo, 1998; Frank et al., 2004), y en algunos casos se han reportado como compuestos claves de olor (Qian & Reineccius, 2002; Qian & Reineccius, 2003a; Moio & Addeo, 1998; Frank et al., 2004), participando del *flavor* con distintas notas aromáticas, descritas como “grano tostado”, “maní”, “herbáceo” “nueces”. Son producidas en quesos vía la condensación de aminocetonas, las cuales son formadas principalmente a través de reacciones de degradación de Maillard y Strecker (Martin et al., 2022).

Las lactonas también son constituyentes comunes de los quesos. Diversas lactonas se han encontrado en quesos tipo grana (Barbieri et al., 1994; Qian & Reineccius, 2002; Wolf et al., 2010). Ellas están asociadas con notas “a frutas” y “a coco”. Son compuestos derivados de la grasa y los mecanismos de formación en quesos no se encuentran totalmente dilucidados. Alewijn et al. (2007) investigó dos probables vías de formación en quesos Gouda de larga maduración: química y enzimática. De acuerdo a los resultados obtenidos reportaron que el mecanismo de formación en el queso fue a través de una reacción no enzimática, de una etapa, dependiente de la temperatura, donde un hidroxiácido esterificado en el triglicérido sufre una trans-esterificación para liberar la lactona directamente. La formación de distintas γ - y δ -lactonas se produjo por calentamiento controlado de la grasa.

4.3.2. Análisis de los compuestos volátiles por PCA

Los perfiles de compuestos volátiles de las distintas muestras de quesos se procesaron aplicando PCA.

Este método de análisis multivariado es ampliamente utilizado para explorar la estructura de los datos. Permite encontrar las interrelaciones entre un gran número de variables y detectar similitudes o diferencias entre las muestras. Para ello se descompone la variabilidad del sistema (matriz de datos) en componentes ortogonales (componentes principales o nuevas variables) que explican la varianza total. Se obtienen tantos componentes principales (PC) como variables originales tenga el sistema, pero los primeros componentes reúnen la mayor variabilidad, permitiendo de esta manera representar las muestras en un espacio con menos dimensiones (Hair et al., 2014).

La matriz de datos que se analizó por PCA tiene las siguientes dimensiones: 24 (filas) x 41 (columnas). Es decir, 24 muestras (6 marcas de queso: R1, ..., R6, dos lotes por marca: a y b, cada lote fue analizado por duplicado) y 41 variables (compuestos identificados y cuantificados). El análisis se hizo aplicando la matriz de correlación; es decir, las variables se estandarizan a media 0 y desviación estándar 1. Este análisis resulta adecuado cuando se tienen que comparar variables con rangos de valores muy dispares entre ellas o con diferentes unidades.

Se extrajeron 3 PC que explicaron el 84,9% de la varianza total: PC1 capturó el 38% de la varianza, PC2 el 28,2% y PC3 el 18,7%. La contribución de las variables originales a los PC se puede visualizar a través de las gráficas de *loadings* (o cargas factoriales): PC1 *loading* vs PC2 *loading* (**Figura 22**) y PC1 *loading* vs PC3 *loading* (**Figura 23**). La proyección de las puntuaciones (*scores*) de las muestras en el espacio definido por los PC se observan en las **Figuras 24 y 25**.

Las variables con mayor contribución en PC1 fueron dos ácidos (Ac7: heptanoico y Ac10: sórbico), dos alcoholes (Alc3: feniletilalcohol y Alc4: bencílico) y una lactona (Lac2: γ -octalactona), en el sentido positivo, y una cetona (Cet2: 2-butanona), un aldehído (Ald2: 2-metil butanal) y dos compuestos clasificados en el grupo Otros (Ot1: 3-etil, 2-5 dimetilpirazina y Ot3: estireno), en el sentido negativo. Los compuestos que más contribuyeron positivamente a PC2 fueron Ald8: bencenacetaldehído, Cet3: 2-pentanona+diacetilo, Est1: acetato de etilo, Ac2: 2-metil propanoico, Lac1: γ -valerolactona, y varios ácidos (Ac3: butanoico, Ac5: pentanoico, Ac6: hexanoico, Ac8: octanoico, y Ac9: decanoico) se ubicaron en el sentido negativo de PC2 (**Figura 22**).

En la **Figura 24 (PC1 vs PC2)** se observan varios agrupamientos de las muestras. En el sentido positivo de PC1 se ubican R1, R2 y R4, con algunas diferencias ya que R1 y R2 se ubican en el cuadrante positivo de PC1 y PC2 (cuadrante superior derecho), mientras que las muestras R4 están en el cuadrante positivo de PC1 y negativo de PC2 (cuadrante inferior derecho); se observa dispersión entre los lotes a y b para R1 y en menor medida para R4, mientras que en R2 prácticamente no hay diferencias entre ambos lotes. En el sentido negativo de PC1 y positivo de PC2 (cuadrante superior izquierdo) se agrupan R3, R5 y R6, y no se observa dispersión entre los lotes para estas tres marcas de quesos.

La **Figura 25 (PC1 vs PC3)** permite detectar algunas diferencias entre el grupo formado por R3 y R6 (que se ubican sobre el eje de PC1 negativo), y las muestras R5 (localizadas en el cuadrante superior izquierdo), con una mayor contribución de Alc1: etanol, Ald 4: 2-butenal, Ald8: bencenacetaldehído y Ot3: estireno (**Figura 23**) en las muestras R5. Asimismo, las muestras R2 se separan de R1 y R4; R2 se ubican en el cuadrante inferior derecho, mientras que R1 y R4 en el cuadrante superior derecho con alta contribución de varios compuestos (Lac1: γ -valerolactona, Est1: acetato de etilo, Alc7: 2-pentanol, entre otros).

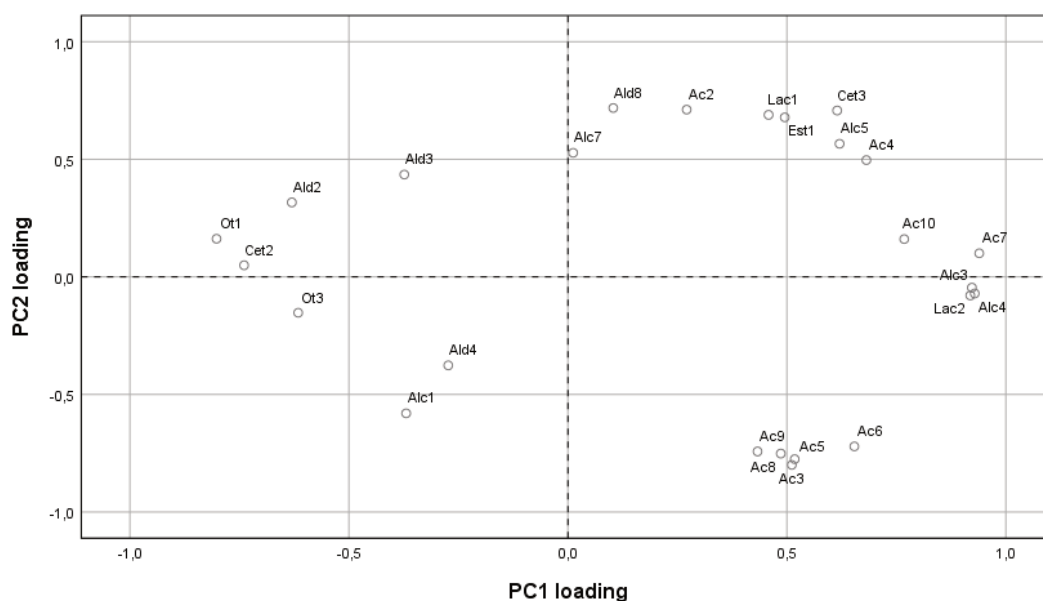


Figura 22: PC1 vs PC2 *loadings* obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles de volátiles de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).

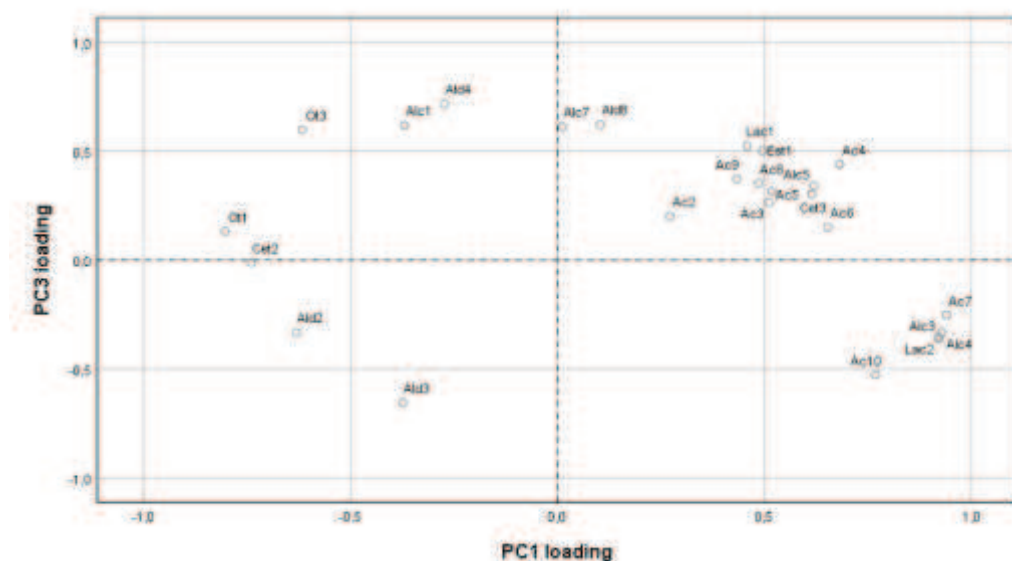


Figura 23: PC1 vs PC3 *loadings* obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles de volátiles de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).

Ald, Aldehído; Ac, Ácido; Alc, Alcohol; Cet, Cetona; Est, Éster; Lac, Lactona; Ot, Otros.
Ald2, 2-metil butanal; Ald3, 3-metil butanal; Ald4, 2-butenal; Ald8, bencenacetaldehído; Alc1, etanol;
Alc3, feniletilalcohol; Alc4, alcohol bencílico; Alc5, 2,3-butanodiol; Alc7, 2-pentanol; Cet2, 2-butanona;
Cet3, 2-pentanona+diacetilo; Est1, acetato de etilo; Ac2, 2-metil propanoico; Ac3, ácido butírico; Ac4, ácido isovalérico; Ac5, ácido pentanoico; Ac6, ácido hexanoico; Ac7, ácido heptanoico; Ac8, ácido octanoico; Ac9, ácido decanoico; Ac10, ácido sórbico; Lac1, γ -valerolactona; Lac2, γ -octalactona; Ot1, 3-etil, 2-5 dimetilpirazina, y Ot3, estireno.

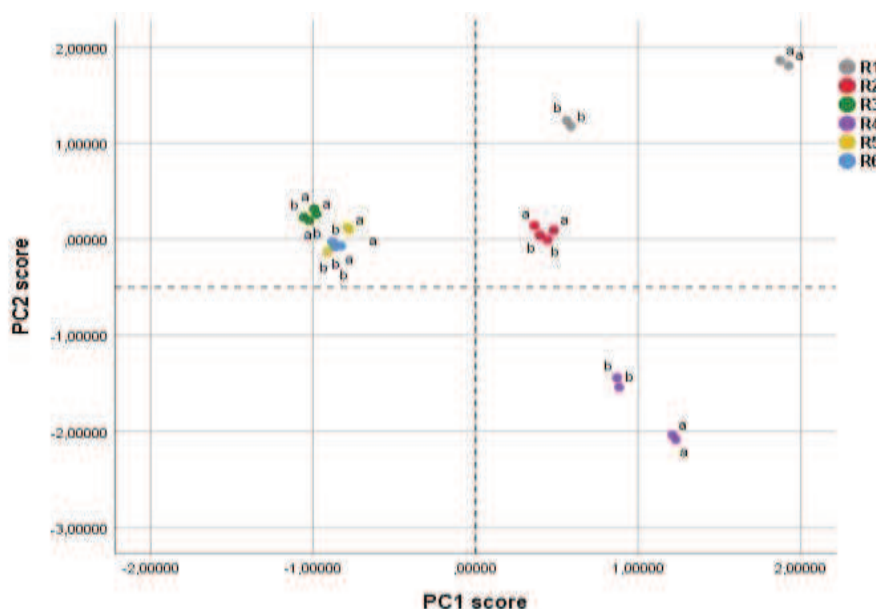


Figura 24: PC1 vs PC2 *scores* obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles de volátiles de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).

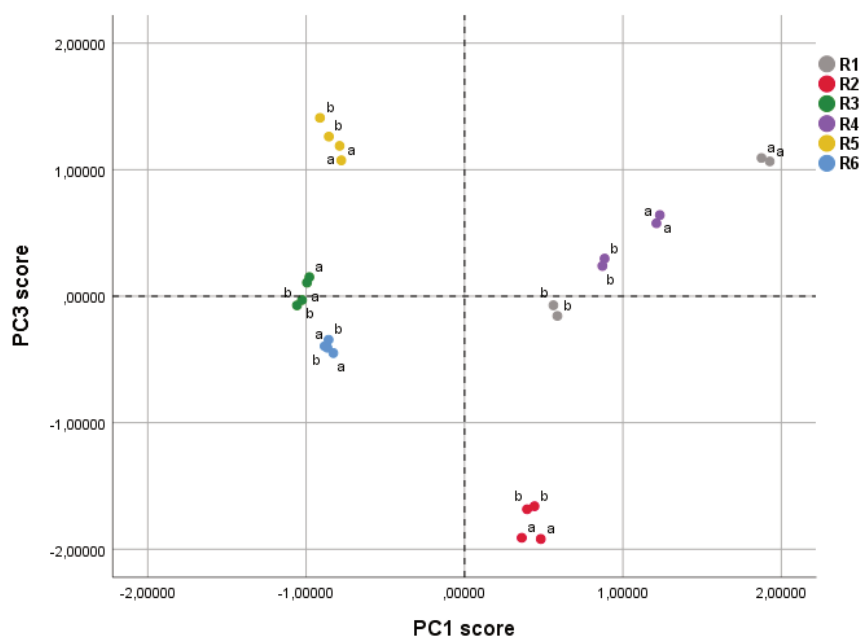


Figura 25: PC1 vs PC3 *scores* obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles de volátiles de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).

En resumen, del análisis realizado se puede inferir que las muestras de quesos de las marcas R3, R5 y R6, tendrían un comportamiento algo similar entre sí y diferente de las muestras R1, R2 y R4; a su vez, dentro de estos dos grandes agrupamientos, se pueden visualizar diferencias por compuestos particulares. En cuanto a los dos lotes analizados para cada marca, se aprecia variabilidad en los perfiles de compuestos para la marca R1 y en menor medida para R4, mientras que los dos lotes se comportaron prácticamente similares para las restantes marcas (R2, R3, R5 y R6).

4.4. Análisis Descriptivo Cuantitativo

La información disponible sobre evaluación sensorial de quesos rallados es limitada. En particular, no hay datos actuales publicados respecto a la aplicación del Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) en este tipo de matrices. Esta metodología, reconocida por su capacidad para generar perfiles sensoriales detallados a partir de los descriptores previamente consensuados y evaluados por jueces entrenados, ha sido utilizada en varios tipos de quesos. La falta de este tipo de evaluaciones en productos rallados dificulta la comparación objetiva de atributos sensoriales entre distintas formulaciones, tratamientos tecnológicos o condiciones de almacenamiento. Esta brecha representa una oportunidad

relevante para futuras investigaciones orientadas a estandarizar y optimizar la caracterización sensorial de este tipo de productos.

En primera instancia se verificó que no hubo diferencias ($p>0,05$) en los descriptores sensoriales entre los dos lotes evaluados para cada una de las 6 marcas de quesos rallados; en la **Tabla 14** se presentan los resultados por lote. Los valores medios para cada marca de queso se muestran en la **Tabla 15**.

A continuación, y para una mejor visualización de los resultados, en la **Figura 26** se muestran los perfiles sensoriales (gráfico de araña) con las intensidades promedio de cada descriptor sensorial evaluado para cada marca.

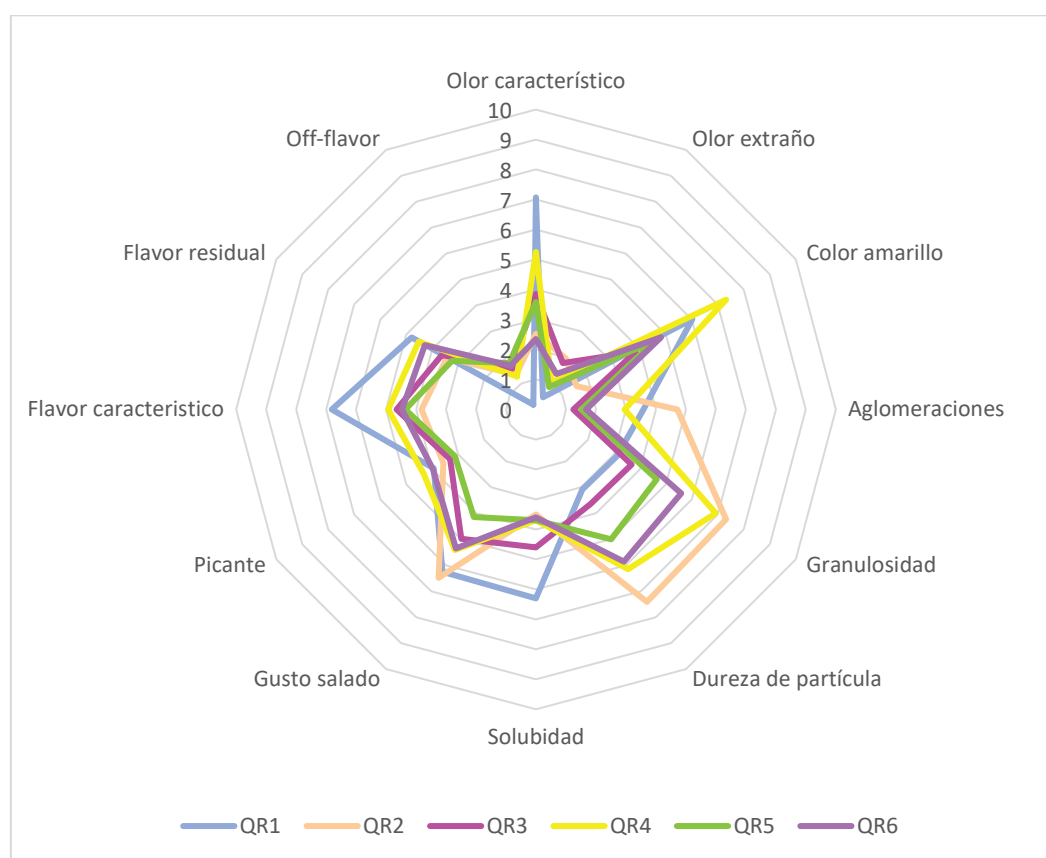


Figura 26: Perfiles sensoriales de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6).
Valores medios de los dos lotes analizados.

Tabla 14: Resultados del QDA de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los lotes a y b de cada marca.

Valores medios $\pm$ desviación estándar de las puntuaciones de los evaluadores.

Quesos	Olor característico	Olor extraño	Color amarillo	Aglomera- ciones	Granulo- sidad	Dureza de partícula	Solubi- lidad	Gusto salado	Picante	<i>Flavor</i> característico	<i>Flavor</i> residual	<i>Off- flavor</i>
QR1a	6,7 $\pm$ 0,8	0,5 $\pm$ 0,6	6,1 $\pm$ 1,3	3,7 $\pm$ 1,3	2,9 $\pm$ 1,4	3,4 $\pm$ 0,8	6,2 $\pm$ 0,8	6,4 $\pm$ 1,4	4,8 $\pm$ 2,0	6,7 $\pm$ 1,1	5,4 $\pm$ 1,6	0,1 $\pm$ 0,3
QR1b	7,3 $\pm$ 0,5	0,5 $\pm$ 0,4	6,0 $\pm$ 0,6	3,5 $\pm$ 1,1	3,4 $\pm$ 1,9	2,8 $\pm$ 1,0	6,5 $\pm$ 1,2	5,9 $\pm$ 0,7	2,6 $\pm$ 2,2	7,0 $\pm$ 0,5	4,0 $\pm$ 1,6	0,2 $\pm$ 0,4
QR2a	2,7 $\pm$ 1,6	1,8 $\pm$ 2,1	1,7 $\pm$ 0,7	5,1 $\pm$ 1,8	7,8 $\pm$ 1,3	8,0 $\pm$ 1,0	2,8 $\pm$ 1,8	6,5 $\pm$ 1,1	3,5 $\pm$ 2,0	3,9 $\pm$ 2,0	3,7 $\pm$ 1,8	1,5 $\pm$ 2,1
QR2b	2,3 $\pm$ 1,5	2,2 $\pm$ 1,8	1,4 $\pm$ 0,4	4,1 $\pm$ 1,7	6,3 $\pm$ 1,4	6,4 $\pm$ 1,8	4,5 $\pm$ 2,2	6,5 $\pm$ 1,1	3,7 $\pm$ 1,9	3,7 $\pm$ 0,9	3,1 $\pm$ 1,6	1,2 $\pm$ 0,9
QR3a	4,2 $\pm$ 2,1	2,1 $\pm$ 1,2	3,8 $\pm$ 0,7	1,3 $\pm$ 0,7	4,4 $\pm$ 1,3	4,3 $\pm$ 1,5	4,4 $\pm$ 1,0	5,4 $\pm$ 1,1	3,8 $\pm$ 1,4	4,8 $\pm$ 0,5	4,2 $\pm$ 1,5	1,9 $\pm$ 1,0
QR3b	3,2 $\pm$ 2,7	1,4 $\pm$ 1,0	3,8 $\pm$ 0,9	1,2 $\pm$ 0,7	3,0 $\pm$ 1,1	2,9 $\pm$ 1,0	4,9 $\pm$ 1,3	4,6 $\pm$ 1,5	2,7 $\pm$ 0,6	4,4 $\pm$ 0,5	2,9 $\pm$ 1,6	1,2 $\pm$ 0,4
QR4a	5,6 $\pm$ 1,0	0,8 $\pm$ 0,8	7,5 $\pm$ 0,7	2,6 $\pm$ 2,1	7,5 $\pm$ 1,1	6,4 $\pm$ 1,3	3,2 $\pm$ 1,2	6,0 $\pm$ 1,2	4,8 $\pm$ 1,8	5,3 $\pm$ 1,3	4,4 $\pm$ 1,3	0,9 $\pm$ 1,3
QR4b	5,1 $\pm$ 1,3	1,3 $\pm$ 1,2	7,1 $\pm$ 0,7	3,4 $\pm$ 2,1	6,3 $\pm$ 1,1	5,7 $\pm$ 1,8	4,5 $\pm$ 1,2	4,8 $\pm$ 1,1	3,5 $\pm$ 2,0	4,4 $\pm$ 1,1	4,7 $\pm$ 1,3	1,7 $\pm$ 1,9
QR5a	3,4 $\pm$ 0,9	1,3 $\pm$ 1,3	5,0 $\pm$ 1,2	1,7 $\pm$ 1,1	4,9 $\pm$ 1,5	5,8 $\pm$ 1,6	3,4 $\pm$ 1,1	4,7 $\pm$ 1,6	3,8 $\pm$ 1,9	4,8 $\pm$ 0,8	3,4 $\pm$ 1,2	2,4 $\pm$ 1,6
QR5b	3,9 $\pm$ 1,1	0,4 $\pm$ 0,6	4,1 $\pm$ 1,5	1,2 $\pm$ 0,7	4,2 $\pm$ 1,5	3,8 $\pm$ 0,8	4,0 $\pm$ 1,3	3,4 $\pm$ 0,8	2,1 $\pm$ 1,5	4,0 $\pm$ 0,8	2,8 $\pm$ 1,4	1,1 $\pm$ 1,3
QR6a	2,5 $\pm$ 1,0	1,4 $\pm$ 1,4	4,8 $\pm$ 0,9	1,8 $\pm$ 0,6	6,2 $\pm$ 1,5	5,5 $\pm$ 1,2	3,8 $\pm$ 1,2	5,9 $\pm$ 1,1	4,4 $\pm$ 1,5	4,9 $\pm$ 1,4	4,4 $\pm$ 0,9	1,2 $\pm$ 1,6
QR6b	2,2 $\pm$ 2,0	1,4 $\pm$ 1,1	4,8 $\pm$ 0,8	1,4 $\pm$ 0,6	4,8 $\pm$ 2,2	6,5 $\pm$ 0,6	3,2 $\pm$ 0,9	4,9 $\pm$ 1,4	3,3 $\pm$ 1,7	3,7 $\pm$ 1,1	4,2 $\pm$ 1,3	2,3 $\pm$ 1,4

Tabla 15: Resultados del QDA de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6) de los valores promedio de cada marca.

Valores medios $\pm$ desviación estándar de los dos lotes analizados.

Quesos	Olor característico	Olor extraño	Color amarillo	Agglomera- ciones	Granulo- sidad	Dureza de partícula	Solubi- lidad	Gusto salado	Picante	Flavor Caract.	Flavor residual	Off- flavor
QR1	7,1 $\pm$ 0,7 ^c	0,5 $\pm$ 0,6 ^a	6,0 $\pm$ 1,1 ^c	3,6 $\pm$ 1,3 ^{cd}	3,1 $\pm$ 1,7 ^a	3,1 $\pm$ 1,0 ^a	6,3 $\pm$ 1,0 ^b	6,3 $\pm$ 1,3 ^b	3,9 $\pm$ 2,0	6,9 $\pm$ 1,0 ^b	4,8 $\pm$ 1,8	0,2 $\pm$ 0,4
QR2	2,5 $\pm$ 1,6 ^a	2,0 $\pm$ 2,1 ^b	1,6 $\pm$ 0,7 ^a	4,7 $\pm$ 1,9 ^d	7,3 $\pm$ 1,5 ^c	7,4 $\pm$ 1,6 ^d	3,5 $\pm$ 2,2 ^a	6,5 $\pm$ 1,2 ^b	3,6 $\pm$ 2,1	3,8 $\pm$ 1,7 ^a	3,4 $\pm$ 1,8	1,3 $\pm$ 1,7
QR3	3,9 $\pm$ 2,1 ^{ab}	1,8 $\pm$ 1,3 ^{ab}	3,8 $\pm$ 0,8 ^b	1,3 $\pm$ 0,8 ^a	3,7 $\pm$ 1,5 ^a	3,6 $\pm$ 1,5 ^{ab}	4,6 $\pm$ 1,2 ^a	5,0 $\pm$ 1,4 ^{ab}	3,3 $\pm$ 1,3	4,8 $\pm$ 0,6 ^a	3,6 $\pm$ 1,7	1,6 $\pm$ 0,9
QR4	5,3 $\pm$ 1,1 ^b	1,0 $\pm$ 1,0 ^{ab}	7,3 $\pm$ 0,8 ^d	3,0 $\pm$ 2,2 ^{bc}	6,9 $\pm$ 1,3 ^c	6,2 $\pm$ 1,6 ^{cd}	3,7 $\pm$ 1,4 ^a	5,4 $\pm$ 1,4 ^{ab}	4,3 $\pm$ 2,1	4,9 $\pm$ 1,3 ^a	4,5 $\pm$ 1,4	1,3 $\pm$ 1,8
QR5	3,6 $\pm$ 1,1 ^{ab}	0,9 $\pm$ 1,2 ^{ab}	4,6 $\pm$ 1,5 ^b	1,5 $\pm$ 1,1 ^{ab}	4,7 $\pm$ 1,6 ^{ab}	5,0 $\pm$ 1,8 ^{bc}	3,7 $\pm$ 1,3 ^a	4,1 $\pm$ 1,5 ^a	3,1 $\pm$ 2,0	4,4 $\pm$ 0,9 ^a	3,3 $\pm$ 1,3	1,8 $\pm$ 1,7
QR6	2,4 $\pm$ 1,7 ^a	1,4 $\pm$ 1,4 ^{ab}	4,8 $\pm$ 0,9 ^b	1,7 $\pm$ 0,7 ^{ab}	5,6 $\pm$ 2,0 ^{bc}	5,9 $\pm$ 1,2 ^{cd}	3,6 $\pm$ 1,2 ^a	5,4 $\pm$ 1,4 ^{ab}	4,0 $\pm$ 1,8	4,5 $\pm$ 1,5 ^a	4,3 $\pm$ 1,2	1,7 $\pm$ 1,7

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras.

Como se puede observar todos los QR presentaron **olor característico** en mayor o menor intensidad, atributo relevante desde el punto de vista sensorial. La presencia de componentes volátiles adquiere especial importancia considerando su influencia en la percepción global del producto por parte del consumidor. QR1 presentó el olor característico más acentuado, siendo este atributo significativamente mayor ($p < 0,05$) respecto al resto de los quesos evaluados. Por el contrario, QR2 y QR6 registraron las menores intensidades y sus puntuaciones fluctuaron desde apenas a moderadamente perceptible. Esto resulta interesante si se compara con el estudio realizado por Silvestri et. al. (2019) en el cual se identificó al olor y al *flavor* como los atributos sensoriales más relevantes de los quesos rallados, y que se asocian en forma directa a la calidad de los quesos Parmigiano Reggiano. Además, fueron los atributos que más influyen en la decisión final de compra de este tipo de producto.

En este sentido, la conservación del olor característico en las muestras analizadas representa un aspecto favorable en términos de aceptabilidad y preferencia del consumidor final.

Respecto a la presencia de **olores extraños**, todas las muestras presentaron baja intensidad para este descriptor (menor a 2 en la escala empleada), por lo que el panel consideró que este descriptor no representaba una característica negativa para el producto. La muestra QR1 registró la menor intensidad, mientras que QR2 presentó la mayor puntuación ($p < 0,05$).

Respecto al atributo **color**, los quesos tuvieron diferentes tonalidades de color amarillo, siendo QR2 el más claro y QR4 el más oscuro. Los evaluadores destacaron que el color de QR4 fue amarillo oscuro asemejándose a marrón claro. Por otro lado, el queso QR1 fue el de color amarillo más fuerte, presentando la tonalidad deseada para un queso definido para esta variedad (Vélez et al., 2022). En la **Figura 27** se presentan fotografías que revelan las diferentes tonalidades amarillas de los quesos.

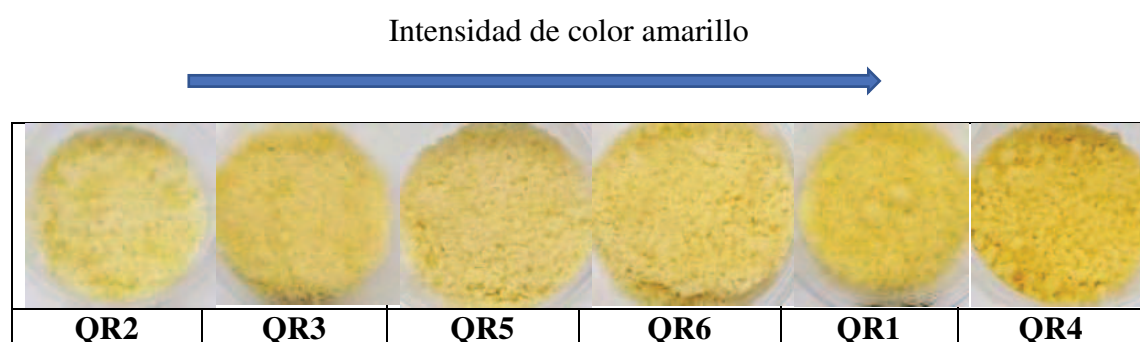


Figura 27: Aspecto y color de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6).

El oscurecimiento observado en algunos quesos se podría atribuir a la ocurrencia de la reacción de Maillard durante la etapa de secado. Este tipo de reacción no enzimática, que implica la interacción entre grupos aldehídos de los azúcares reductores y grupos aminos provenientes de las proteínas, es favorecida por condiciones de baja actividad de agua y temperaturas moderadamente elevadas, las cuales pueden presentarse durante ciertos procesos de deshidratación. Como resultado, se generan compuestos melanoidínicos responsables del cambio de color hacia tonalidades marrones (García, 2023). Este fenómeno, si bien no necesariamente implica un defecto, puede modificar la apariencia del producto final, afectando la percepción de calidad por parte del consumidor. Resulta relevante destacar que la muestra QR1 fue definida por los panelistas como la de color amarillo más intenso entre todas las evaluadas. Esta característica podría estar asociada a su naturaleza específica, ya que, conforme a su denominación legal como “*queso rallado sin deshidratar*”, se trata de un producto que no ha sido sometido a tratamiento térmico. Este hecho puede contribuir a la preservación de su color original, el cual es atribuido a las fracciones carotenoides presentes en la materia grasa, lo que explicaría la mayor intensidad cromática observada.

La presencia o aparición de **aglomerados**, como criterio de defecto, fue variable para las diferentes marcas; QR3 tuvo el menor valor y QR2 el valor más alto ($p < 0,05$). Los demás quesos presentaron comportamientos intermedios. A pesar que en todos los quesos se observó la presencia de aglomerados, sus intensidades no superaron la mitad de la escala que se utilizó para evaluar, lo que corresponde a una intensidad leve a moderada. De acuerdo a lo informado por García (2023), la formación de aglomerados o grumos en queso rallado es un fenómeno no deseado ya que puede comprometer la fluidez, apariencia y funcionalidad del producto. Este comportamiento se encuentra principalmente asociado a condiciones de alta actividad de agua (a_w), contenido de grasa residual elevado, o a la exposición del producto a fluctuaciones de temperatura y humedad durante el almacenamiento. Dichos factores favorecen la adhesión entre las partículas, dando lugar a masas compactas de queso que dificultan su dispersión homogénea al momento del uso. Para evitar este defecto, en productos en polvo como el queso rallado la legislación admite el uso de antiaglutinantes como la celulosa microcristalina. En los rótulos de todos los productos se encontró declarado este tipo de aditivo.

En cuanto a la **granulosidad**, entendida como el parámetro sensorial asociado al tamaño de partículas percibidas en boca, las muestras evaluadas presentaron comportamientos variables. QR1 y QR3 mostraron la menor granulosidad, mientras que QR2 y QR4

registraron los valores más elevados ($p < 0,05$). Los valores obtenidos oscilaron entre 3 y 7 en la escala lineal no estructurada de 10 cm, lo que indica una amplia variabilidad en este atributo. Esto podría estar asociado a diferencias en la tecnología de rallado empleado por cada elaborador, así como a los distintos calibres de los tamices utilizados para la clasificación del tamaño de partícula. Cabe destacar que, hasta el momento, no hay reportes sobre la incidencia de este descriptor en la preferencia de los consumidores, por lo que su consideración como criterio de calidad sensorial estaría sujeta a las especificaciones y estándares internos de cada empresa elaboradora.

Un comportamiento similar se observó en el descriptor **dureza de partículas**. QR2 tuvo el mayor valor de dureza, mientras que QR1 registró el valor más bajo ($p < 0,05$), en tanto que las restantes marcas mostraron valores intermedios.

Se puede pensar que es lógico establecer una relación entre la dureza de partículas y el grado de granulosis de las muestras, dado que una mayor granulometría podría implicar partículas de mayor tamaño y, por ende, una mayor resistencia mecánica en boca. Esta correlación sugiere que ambos descriptores podrían estar influenciados por las mismas variables tecnológicas, como el tipo de rallado o los sistemas de clasificación de tamaño de partícula empleados durante el procesamiento, o la tecnología de secado. Es por ello que se correlacionaron ambos descriptores: granulosis y dureza de partículas. Para ello, se graficaron los valores obtenidos para las distintas muestras y se ajustaron con regresión por cuadrados mínimos. El nivel de correlación obtenido fue alto ($R^2 = 0,9522$), lo que podría sugerir que un aumento en la granulosis aumentaría la percepción de dureza de las partículas en boca (**Figura 28**). De esta manera, la granulosis de los quesos rallados podría ser considerado un parámetro de interés, ya que su modificación se reflejaría directamente en la dureza, y altos valores de este parámetro puede representar un defecto.

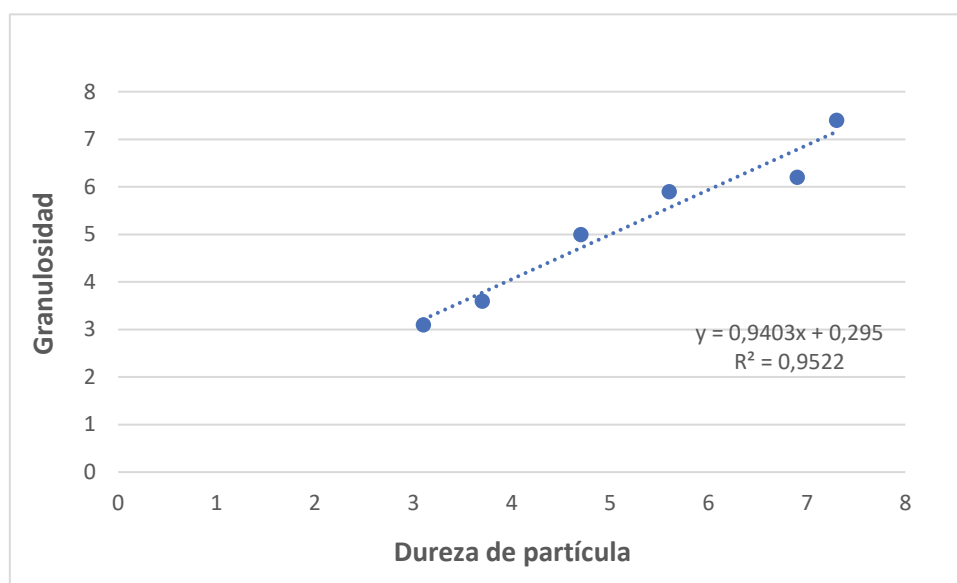


Figura 28: Correlación de granulosidad vs dureza de partícula para los quesos rallado comerciales (QR1 a QR6).

En relación con la **solubilidad en boca**, definida como la facilidad con la que el producto se disgrega y puede ser deglutido, se observó una tendencia opuesta a la registrada en los descriptores de granulosidad y dureza de partícula. QR1 presentó la mayor intensidad ($p < 0,05$) en comparación con las demás muestras que tuvieron valores similares. Esta menor dificultad para deglutir podría estar asociada a la menor dureza y granulosidad registrada en esta muestra. Este parámetro fue introducido por Zannoni (2010) para productos como el queso rallado, que son comúnmente espolvoreados o incorporados en preparaciones calientes. Dado que se trata de un atributo sensorial relativamente reciente en este tipo de matrices, su evaluación resulta de particular interés y se sugiere su inclusión en futuras investigaciones orientadas a caracterizar la calidad sensorial de quesos rallados.

El **gusto salado**, considerado clave en este tipo de productos, presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre algunas de las muestras analizadas. En particular, QR5 mostró la intensidad más baja de este descriptor en tanto que QR1 y QR2 registraron las mayores intensidades. Cabe señalar que, en términos generales, todas las muestras presentaron intensidades de gusto salado cercanas al nivel moderado, calificadas como adecuadas para este tipo de producto.

El **flavor característico** mostró una valoración similar al olor característico por parte de los evaluadores, teniendo en cuenta que la muestra QR1 presentó la mayor intensidad,

con un valor entre moderadamente y muy perceptible. Este comportamiento fue significativamente ($p < 0,05$) distinto al del resto de las muestras con valores cercanos a moderadamente. Esto resulta importante de resaltar, ya que, como se mencionó previamente, el *flavor* constituye uno de los atributos sensoriales más relevantes en la elección y aceptación del producto por parte del consumidor (Hassan et al., 2012).

En relación con los descriptores: **picante**, ***flavor residual*** y ***off-flavor***, no se observaron diferencias significativas entre las muestras ($p > 0,05$). Esta ausencia de diferencias podría atribuirse a la dificultad que presentó el panel para evaluar dichos descriptores, sumada a la complejidad sensorial propia de los productos, lo que se reflejó en desviaciones estándar relativamente elevadas.

Respecto al ***flavor residual***, los panelistas reportaron intensidades cercanas a un nivel moderadamente perceptible, coherente con lo esperado en quesos de maduración prolongada, describiéndolo principalmente como lácteo, a queso, picante y salado (Zannoni, 2010; Vélez et al., 2022).

En cuanto al ***off-flavor***, las intensidades registradas fueron bajas, clasificándose como apenas perceptibles (valores inferiores a 2 en la escala lineal no estructurada de 10 cm). Aunque no se detectaron diferencias significativas entre las muestras, QR1 presentó un valor cercano a cero, mientras que las restantes tuvieron ligeramente mayores intensidades; específicamente, para QR3, QR5 y QR6, para los cuales los panelistas describieron sabores: amargo, a plástico y a moho.

En resumen, la muestra QR1 presentó características sensoriales diferenciadas en comparación con el resto de los quesos evaluados, distinguiéndose por presentar una mayor intensidad de olor y *flavor* característico, una mayor solubilidad (reflejada en menor dificultad para disolverse), en tanto que atributos con connotaciones negativas para este tipo de productos como olor extraño, *off-flavor* y dureza de partículas registraron valores bajos. Este producto es el único en el mercado cuya denominación legal corresponde a un queso sin deshidratar. Las diferencias observadas en dichos descriptores podrían atribuirse a la tecnología específica empleada en su elaboración, que conserva mejor las características de los quesos Reggianito.

Otra cuestión interesante de destacar es que las muestras QR3, QR5 y QR6 a las cuales los evaluadores le asignaron notas de *off-flavor*, fueron las que se diferenciaron del resto de las muestras al realizar el análisis por PCA de los compuestos volátiles, denotando de alguna manera características distintivas en cuanto a los perfiles de volátiles.

4.5. Análisis de los descriptores sensoriales por PCA

Se aplicó PCA a los descriptores sensoriales analizados en los quesos de los dos lotes (a y b). La matriz de datos tiene las siguientes dimensiones: 12 (filas: 2 lotes de cada una de las 6 marcas) x 12 (columnas: descriptores sensoriales). Se aplicó al igual que en el caso del análisis de los compuestos volátiles la matriz correlación, con el fin de estandarizar las variables a media 0 y desviación estándar 1.

Se extrajeron 3 PC que explicaron el 87,8% de la varianza total del sistema (habiendo eliminado olor extraño y picante, por sus bajas comunidades: $< 0,78$): PC1 capturó el 46,3% de la varianza, PC2 el 26,6% y PC3 el 14,9%. La contribución de las variables originales a los PC se puede visualizar a través de las gráficas de *loadings*: PC1 vs PC2 *loadings* (**Figura 29**) y PC1 vs. PC3 *loadings* (**Figura 30**). La proyección de las puntuaciones (*scores*) de las muestras en el espacio definido por los PC se observan en las **Figuras 31** (PC1 vs PC2) y **32** (PC1 vs PC3).

Las variables con mayor contribución positiva en PC1 fueron *flavor* característico, olor característico y solubilidad, y con mayor contribución negativa en PC1 se registran la dureza de partículas, granulosis y *off-flavor*, y en el sentido positivo de PC2 se encuentran el gusto salado y la presencia de aglomerados (**Figura 29**). En la combinación PC1 vs PC3 se detectan los mismos atributos con contribuciones positivas y negativas para PC1 que las mencionadas en el gráfico anterior, y en el sentido negativo de PC3 se ubica con mayor valor el gusto salado y la presencia de aglomerados (**Figura 30**).

La ubicación de las muestras se presenta en las **Figuras 31** (PC1 vs PC2) y **32** (PC1 vs PC3). En el sentido positivo de PC1 se ubica QR1 y el resto de las muestras están en ubicadas en el origen de coordenadas (QR3 y QR4) y en la zona de PC1 negativa las restantes muestras. El PC2 permite separar las muestras QR2 y QR4 en la zona de PC2 positiva, de QR3 y QR5 ubicadas en la zona de PC2 negativa (**Figura 31**). Un comportamiento similar se puede observar en la combinación PC1 vs PC3 (**Figura 32**). Relacionando esto con los gráficos de los *loadings* puede verse que las muestras QR1 se caracterizaron por una mayor intensidad de olor y *flavor* característicos y una mayor solubilidad y color amarillo; por su parte QR2 y QR4 presentaron mayor número de aglomerados, granulosis, dureza de partícula e intensidad de gusto salado. En tanto QR3, QR5 y QR6 se diferenciaron del resto por una mayor intensidad de *off-flavor*.

En resumen, del análisis realizado se puede inferir un comportamiento diferente para QR1 respecto al resto de las muestras, y se pueden detectar dos grupos de muestras con comportamientos similares: QR2-QR4 y QR3-QR5-QR6. En cuanto a los dos lotes

analizados para cada marca, se aprecia variabilidad en los descriptores sensoriales en los dos lotes de quesos estudiados.

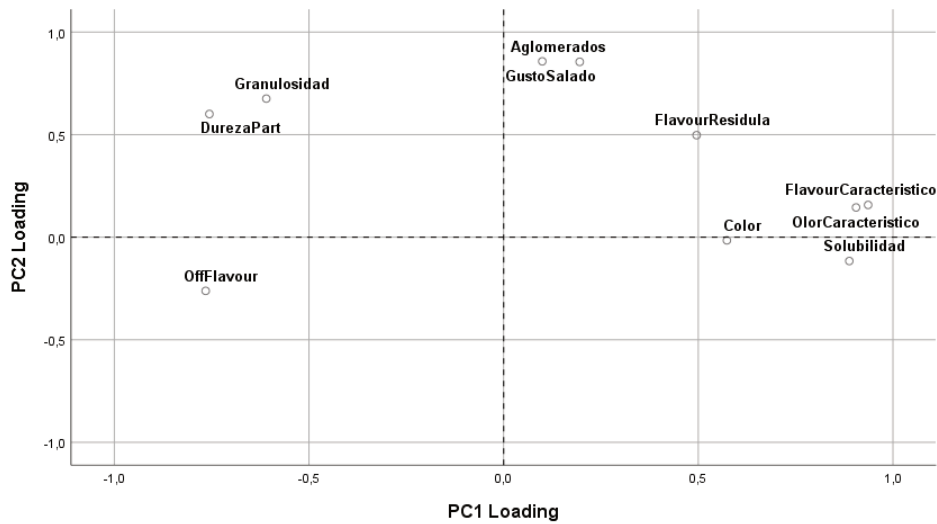


Figura 29: PC1 vs PC2 *loadings* obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles sensoriales de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).

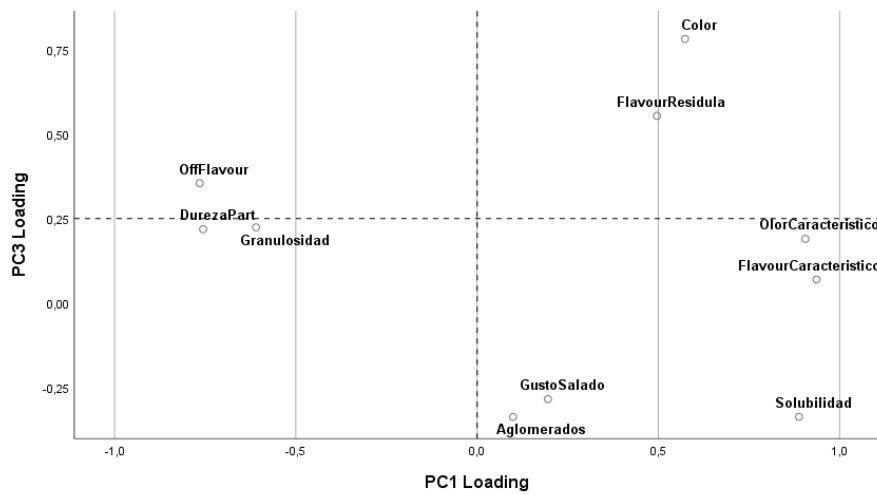


Figura 30: PC1 vs PC3 *loadings* obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles sensoriales de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).

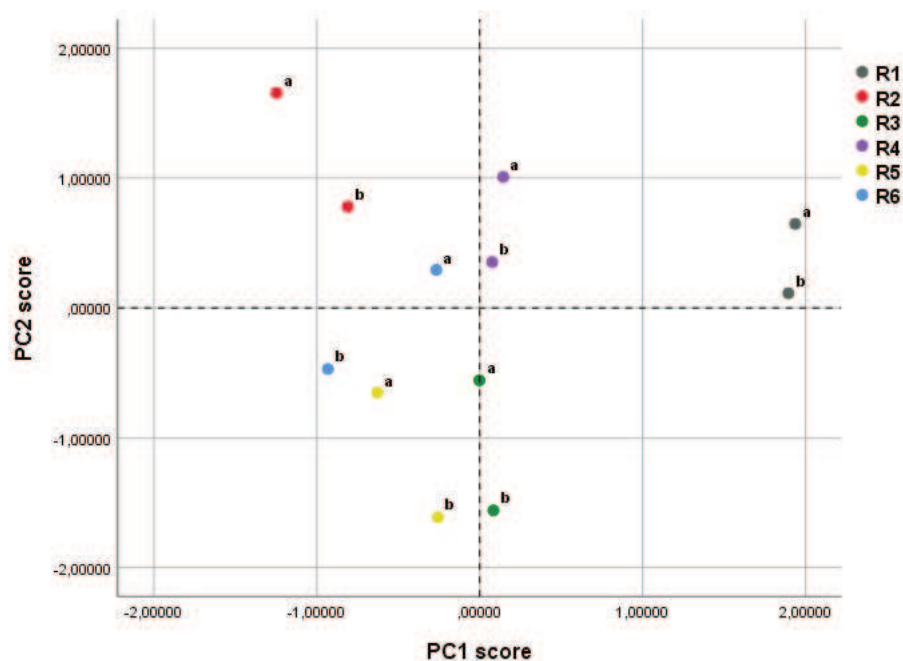


Figura 31: PC1 vs PC2 *scores* obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles sensoriales de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).

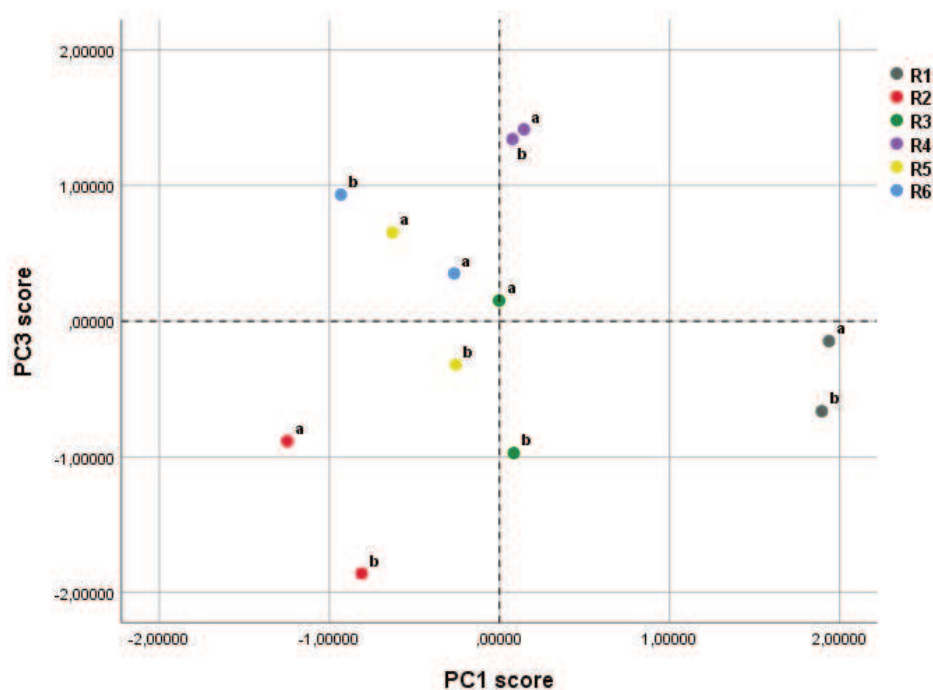
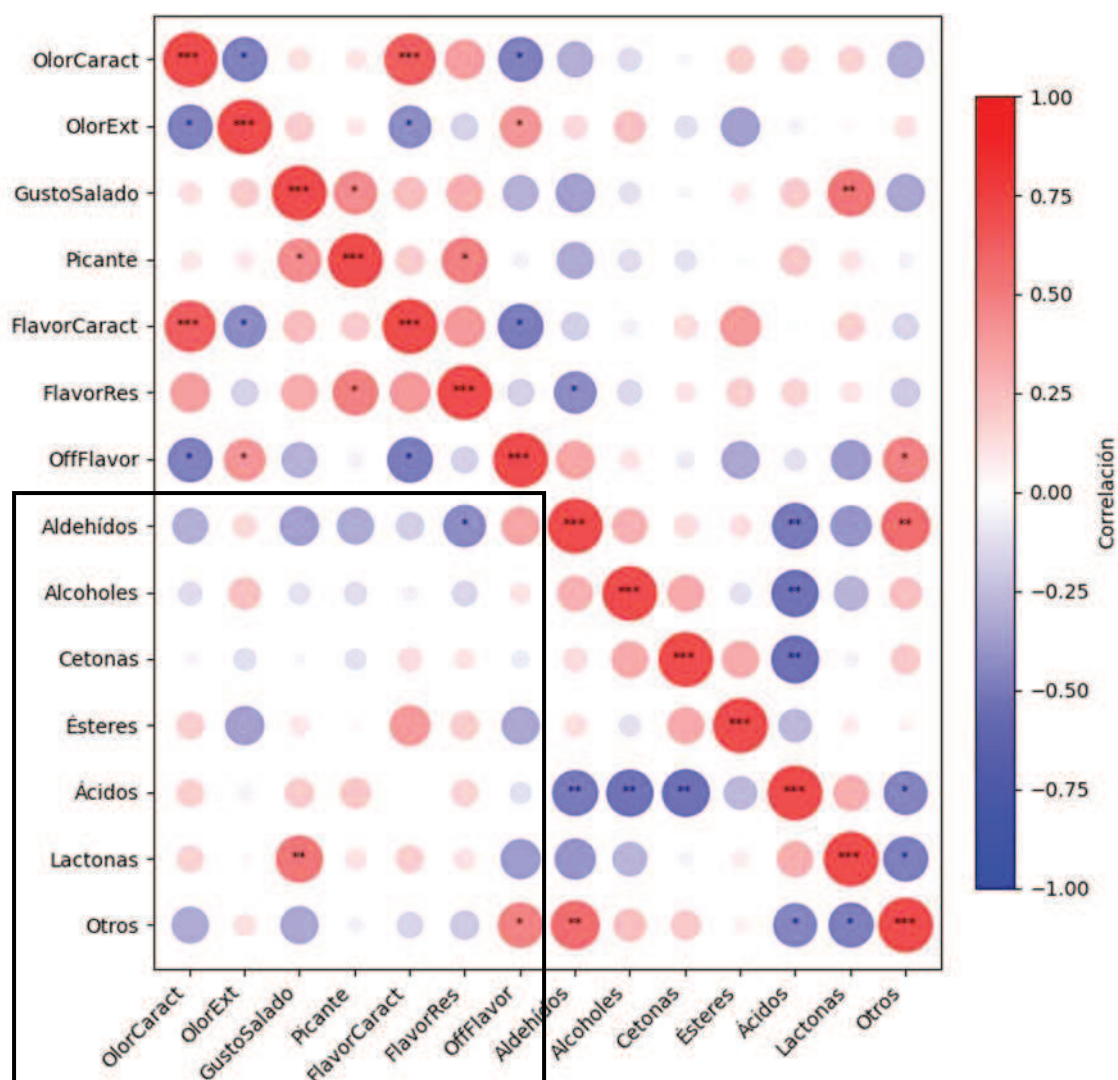


Figura 32: PC1 vs PC3 *scores* obtenidos de la aplicación de PCA a los perfiles sensoriales de los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6), analizados en dos oportunidades (lotes).

4.6. Análisis de correlación entre grupos de compuestos volátiles y descriptores sensoriales

Finalmente, se hizo un análisis de correlación entre las variables obtenidas de los quesos: compuestos volátiles (grupos de compuestos, expresados en porcentaje respecto al área total) y los descriptores sensoriales relacionados con el aroma, *flavor* y gusto. Esta herramienta es útil para visualizar patrones en el conjunto de datos, permitiendo comprender o identificar las relaciones entre múltiples variables, indicando la fuerza y dirección de una relación entre variables. Para ello, a partir de la matriz de datos compuesta por 7 grupos de compuestos volátiles: aldehídos, alcoholes, cetonas, ácidos, ésteres, lactonas y Otros, y los 7 descriptores sensoriales (olor característico, olor extraño, gusto salado, *flavor* característico, picante, *flavor* residual y *off-flavor*), se calculó la matriz de correlación. El coeficiente de correlación de Pearson mide la asociación entre dos variables, de -1 (correlación negativa perfecta) a +1 (correlación positiva perfecta), con 0 indicando ausencia de relación. Posteriormente se generó el *Heatmap* (mapa de calor) a partir de la matriz de correlación. Cada celda muestra la correlación entre dos pares de variables, el color indica la dirección de la relación (rojo: positiva y azul: negativa) y la intensidad y tamaño del círculo muestra la magnitud de la relación (mayor intensidad/tamaño más cercano a +1 o -1), y los asteriscos marcan el nivel de significancia (*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$).

Como se observa en la **Figura 33**, se encontró una correlación significativa y positiva entre lactonas y el gusto salado, y el *off-flavor* con los compuestos volátiles del grupo Otros (3-etil, 2-5 dimetilpirazina, 1,3-pentadieno y estireno), y una correlación significativa pero negativa entre los aldehídos y el *flavor* residual.



*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$.

Figura 33: Análisis de correlación y *heatmap* de los grupos de compuestos volátiles y los descriptores sensoriales relacionados, obtenidos en los quesos rallados comerciales (QR1 a QR6).

5. CONCLUSIONES

En el presente estudio se investigó sobre diferentes aspectos (tecnología y características fisicoquímicas y sensoriales) de los ingredientes basados en queso, particularmente sobre los quesos rallados y los quesos en polvo. Los quesos rallados son productos muy versátiles que los consumidores emplean en forma directa y como ingrediente de diversas preparaciones, mientras que los quesos en polvo son de uso muy difundido por el sector industrial que los utiliza para la formulación de diversos alimentos.

Dada la poca información sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de los quesos rallados se analizaron 6 marcas comerciales adquiridas en mercados de la zona, en dos oportunidades diferentes, y se procedió a analizar la humedad, los perfiles de compuestos volátiles y los principales atributos sensoriales. Además, se realizó un análisis de la información contenida en el envase. Tanto el estudio de los compuestos volátiles como el análisis sensorial es el primero que se realiza en muestras comerciales. Esto implicó un desafío para optimizar las condiciones analíticas de la determinación de compuestos volátiles, establecer los atributos y descriptores más adecuados para llevar a cabo la evaluación sensorial de los quesos rallados y entrenar a un panel sensorial en una nueva matriz.

El análisis de los rótulos permitió conocer los distintos ingredientes que se usan en la elaboración de los quesos rallados y los aspectos nutricionales de los mismos. También se observó que uno de los productos comerciales era sin deshidratar, lo cual se vio reflejado en el contenido de humedad y en el resto de los parámetros analizados.

El perfil cualitativo de los compuestos volátiles mostró una amplia gama de compuestos de diferentes familias químicas. El estudio cuantitativo, que se realizó a través de la comparación de los valores de áreas de los compuestos, reveló diferencias entre las marcas comerciales. Respecto a los dos lotes analizados para cada marca se observó variabilidad para una de las marcas en particular. Se identificaron compuestos volátiles que en gran parte son los mismos que los reportados en quesos Reggianito, pero también se observó la presencia de nuevos compuestos y la ausencia de otros, claramente atribuibles a la tecnología de elaboración de los quesos rallados, que al incorporar etapas de molienda y secado parece favorecer algunos procesos metabólicos, principalmente vinculado a la oxidación de los ácidos grasos. Se sugirieron las posibles vías metabólicas de formación de los compuestos volátiles. El análisis multivariado de la fracción volátil evidenció tres claros agrupamiento de las muestras de acuerdo a compuestos

característicos presentes en los perfiles. El producto sin deshidratar constituyó un grupo separado del resto.

El análisis sensorial permitió consensuar y evaluar por primera vez atributos sensoriales de los quesos rallados. Si bien se observaron diferencias en los diversos descriptores para las distintas marcas, y también cierta variabilidad entre los lotes de cada marca, fue claro que los mejores atributos sensoriales se registraron para el producto sin deshidratar.

El análisis multivariado de los descriptores y de los compuestos volátiles diferenció nuevamente tres grupos de muestras. El producto sin deshidratar se diferenció del resto de las muestras por contener mayores niveles de ácidos ramificados: 2-metil propanoico y 3-metil butanoico, la lactona: γ -valerolactona, el éster: acetato de etilo, la cetona: 2-pentanona+diacetilo y el alcohol: 2,3-butanodiol y mayores intensidades de los descriptores: olor y *flavor* característico, solubilidad en boca y color amarillo. Otro grupo de las muestras caracterizadas por el 2-butenal, 2-metil butanal, etanol, estireno, 2-butanona y 1,3-etil 2,5-dimetilpirazina, fueron las únicas descriptas en el ensayo sensorial con notas de *off-flavors*.

Finalmente, se encontró una correlación positiva entre el gusto salado y las lactonas, y el *off-flavor* y el grupo compuesto por el estireno, 3-etil, 2-5 dimetilpirazina, y 1,3-pentadieno; por el contrario, una correlación negativa fue detectada para los aldehídos con el *flavor* residual.

Los resultados obtenidos en este trabajo representan un punto de partida y pueden sentar las bases para futuros estudios más exhaustivos (mayor cantidad de muestras (marcas y lotes), diferentes tecnologías, etc.) relacionados a los aspectos sensoriales de los quesos rallados que se producen en nuestro país, para los cuales no hay información. Este conocimiento podría ser utilizado para optimizar los procesos de producción y estandarizar la calidad.

6. ANEXO

ANEXO I

PLANILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE QUESO RALLADO		
Nombre:	Fecha:	
Olor característico (Reggianito)	_____	_____
	Apenas perceptible	Muy Perceptible
Olor extraño (describir)	_____	_____
	Apenas perceptible	Muy Perceptible
Color amarillo	_____	_____
	Amarillo claro	Amarillo fuerte
Aglomeraciones	_____	_____
	Poca	Mucha
Granulosidad	_____	_____
	Poca	Mucha
Dureza de partícula	_____	_____
	Poca	Mucha
Solubilidad	_____	_____
	Poca	Mucha
Gusto salado	_____	_____
	Apenas perceptible	Muy Perceptible
Pungente	_____	_____
	Poca	Mucha
Flavor característico	_____	_____
	Apenas perceptible	Muy Perceptible
Flavor residual (describir)	_____	_____
	Apenas perceptible	Muy Perceptible
off flavor (describir)	_____	_____
	Apenas perceptible	Muy Perceptible

7. BIBLIOGRAFÍA

- Adda, J., Dekimpe, J., Vassal, L., & Spinnler, H. E. (1989). Styrene production by *Penicillium camemberti* Thom. *Le Lait*, 69(1), 115–120. <https://doi.org/10.1051/lait:1989690109>
- Alewijn, M., Smit, B., Sliwinski, E., & Wouters, J. T. M. (2007). The formation mechanism of lactones in Gouda cheese. *International Dairy Journal*, 17(1), 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.01.002>
- Amerine, M. A., Pangborn, R. M., & Roessler, E. B. (1965). *Principles of sensory evaluation of food*. London, England: Academic Press.
- Andiç, S., Tunçtürk, Y., & Boran, G. (2015). Changes in volatile compounds of cheese. In V. R. Preedy (Ed.), *Processing and impact on active components in food* (pp. 231–239). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00028-7>
- Barbieri, G., Bolzoni, L., Careri, M., Mangia, A., Parolari, G., Spagnoli, S., & Virgili, R. (1994). Study of the volatile fraction of Parmesan cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(5), 1170–1176. <https://doi.org/10.1021/jf00042a029>
- Bellesia, F., Pinetti, A., Pagnoni, U. M., Rinaldi, R., Zucchi, C., Caglioti, L., & Palyi, G. (2003). Volatile components of Grana Parmigiano-Reggiano type hard cheese. *Food Chemistry*, 83(1), 55–61. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00037-2)
- Boscaini, E., van Ruth, S., Biasioli, F., Gasperi, F., & Märk, T. (2003). Gas chromatography–olfactometry (GC–O) and proton transfer reaction–mass spectrometry (PTR–MS) analysis of the *flavor* profile of Grana Padano, Parmigiano Reggiano and Grana Trentino cheeses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(7), 1782–1790. <https://doi.org/10.1021/jf026046x>
- Campos, S., Audero, G., Páez, R., & Costabel, L. (2022). Defectos sensoriales en queso rallado: relación con lipólisis, ácidos grasos libres y compuestos volátiles. *Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CLICAP 2022)*, San Rafael, Mendoza, Argentina.
- Casas, E., de Ancos, B., Valderrama, M. J., Cano, P., & Peinado, J. M. (2004). Pentadiene production from potassium sorbate by osmotolerant yeasts. *International Journal of Food Microbiology*, 94(1), 93–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2003.12.015>
- Ceruti, R. J., Zorrilla, S., & Sihufe, G. (2016). Volatile profile evolution of Reggianito cheese during ripening under different temperature–time combinations. *European Food Research and Technology*, 242(8), 1283–1292. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2640-1>
- Cevoli, C., Ragni, L., Gori, A., Berardinelli, A., & Caboni, M. F. (2012). Quality parameter assessment of grated Parmigiano–Reggiano cheese by waveguide

spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 113(2), 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.05.006>

Chiesa, L. M., Soncin, S., Panseri, S., & Cantoni, C. (2008). Release of ethylbenzene and styrene from plastic cheese containers. *Veterinary Research Communications*, 32(Suppl. 1), S319–S321. <https://doi.org/10.1007/s11259-008-9138-7>

Coda, R., Brechany, E., De Angelis, M., De Candia, R., Di Cagno, R., & Gobbetti, M. (2006). Comparison of the compositional, microbiological, biochemical, and volatile profile characteristics of nine Italian ewes' milk cheeses. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 4126–4143. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72459-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72459-2)

Collins, Y. F., McSweeney, P. L. H., & Wilkinson, M. G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: A review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13(11), 841–866. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00121-7](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00121-7)

Costabel, L., Audero, G., Campos, S., Cuatrin, A., Sanow, L., & Tieri, M. (2018). Efecto del aporte proteico en la dieta de vacas lecheras sobre la calidad de leche y del queso Reggianito. *VII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Córdoba, Argentina.

Costanzo, N., Rodolfi, M., Musarella, R., Ceniti, C., Santoro, A., Britti, D., & Casalnuovo, F. (2018). Microbial quality evaluation of grated cheese samples collected at retail level in Calabria (Italy). *Journal of Food Safety*, 38(1), e12530. <https://doi.org/10.1111/jfs.12530>

Curioni, P. M. G., & Bosset, J. O. (2002). Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography olfactometry. *International Dairy Journal*, 12(12), 959–984. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00167-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00167-0)

Descalzo, A. M., Rossetti, L., Páez, R., Grigioni, G., García, P. T., Costabel, L., & Taverna, M. A. (2012). Differential characteristics of milk produced in grazing systems and their impact on dairy products. In N. Chaiyabutr (Ed.), *Milk production: Advanced genetic traits, cellular mechanism, animal management and health* (pp. 339–368). IntechOpen.

Deshwald, G., Akshit, F. N., Altay, I., & Huppertz, T. (2024). A review on the production and characteristics of cheese powders. *Foods*, 13, 2204. <https://doi.org/10.3390/foods13142204>

Dias de Lima, T. C., Caldeira da Silva, P. H., de Souza, S. M., Nero, L. A., & Ferreira, M. A. (2011). Evaluation of commercial grated cheese in the central region of Brazil for microbiological quality and safety. *Foodborne Pathogens and Disease*, 8(7), 803–806. <https://doi.org/10.1089/fpd.2010.0797>

Drake, M. A., & Delahunty, C. M. (2017). Sensory character of cheese and its evaluation. In P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett (Eds.), *Cheese* (4th ed., pp. 517–545). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00020-X>

Felix da Silva, D., Larsen, F. H., Hougaard, A. B., & Ipsen, R. (2017). The influence of raw material, added emulsifying salt and spray drying on cheese powder structure and hydration properties. *International Dairy Journal*, 74, 27–38. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.01.005>

Felix da Silva, D., Ahrné, L., Larsen, F. H., Hougaard, A. B., & Ipsen, R. (2018a). Physical and functional properties of cheese powders affected by sweet whey powder addition before or after spray drying. *Powder Technology*, 323, 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.10.014>

Felix da Silva, D., Hirschberg, C., Ahrné, L., Hougaard, A. B., & Ipsen, R. (2018b). Cheese feed to powder: Effects of cheese age, added dairy ingredients and spray drying temperature on properties of cheese powders. *Journal of Food Engineering*, 237, 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.015>

Felix da Silva, D., Tziouri, D., Ipsen, R., & Hougaard, A. (2020a). Towards the manufacture of Camembert cheese powder: Characteristics of cheese feeds without emulsifying salts. *LWT*, 127, 109412. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109412>

Felix da Silva, D., Vlachvei, K., Geng, X., Ahrné, L., Ipsen, R., & Hougaard, A. (2020b). Effect of cheese maturation on physical stability, flow properties and microstructure of oil-in-water emulsions stabilised with cheese powders. *International Dairy Journal*, 103, 104630. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104630>

Fernández-García, E., Carbonell, M., Gaya, P., & Nuñez, M. (2004). Relationship between the dynamics of volatile aroma compounds and microbial succession during the ripening of raw ewe milk-derived Idiazabal cheese. *International Dairy Journal*, 14(8), 701–711. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.01.006>

Fox, P. F., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. L. H. (2017). Cheese as an ingredient. In P. F. Fox, T. Guinee, T. Cogan, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Fundamentals of cheese science* (2nd ed., pp. 629–680). Springer.

Frank, D. C., Owen, C. M., & Patterson, J. (2004). Solid phase microextraction (SPME) combined with gas-chromatography and olfactometry-mass spectrometry for characterization of cheese aroma compounds. *LWT – Food Science and Technology*, 37(2), 139–154. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00144-0](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00144-0)

Gamero Aguilar, C. E., Rossi Junior, O. D., Centola Vidal, A. M., Freitas Ribeiro, L., & Marqués Rossi, G. A. (2016). Microbial quality of industrial and retail market grated Parmesan cheese in the state of São Paulo, Brazil. *Ciência Rural*, 46(12), 2257–2263. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151411>

García, Martín (2023). Desvíos sensoriales de quesos Reggianito rallados. Trabajo Final Integrado. Especialización en Ciencia y Tecnología de la Leche y Productos Lácteos. Facultad de Ingeniería Química y Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Litoral.

Govari, M., Iliadis, S., Papageorgiou, D., & Fletouris, D. (2022). Lipid and protein oxidation of grated Kefalotyri cheese packaged in vacuum or modified

atmosphere and stored under retail display conditions. *International Dairy Journal*, 131, 105369. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105369>

Guinee, T., & Kilcawley, K. (2017). Ingredient cheese and cheese-based ingredients. In P. L. McSweeney, P. F. Fox, P. Cotter, & D. Everett (Eds.), *Cheese: Chemistry, physics and microbiology* (Vol. 1, pp. 715–749). Academic Press, Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00029-0>

Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J. and Anderson, R.E. (2014) *Multivariate Data Analysis*. 7th Edition, Pearson Education, Upper Saddle River

Hassan, F. A. M., Abd El-Gawad, M. A. M., & Enab, A. K. (2012). *Flavour Compounds in Cheese (Review)*. *International Journal of Academic Research – Part A*, 4(5), 169-181. <https://doi.org/10.7813/2075-4124.2012/4-5/A.20>

Hough, G., Califano, A. N., Bertola, N. C., Bevilacqua, A. E., Martinez, E., Vega, M. J., & Zaritzky, N. E. (1996). Partial least squares correlations between sensory and instrumental measurements of *flavor* and texture for Reggiano grating cheese. *Food Quality and Preference*, 7(1), 47–53. [https://doi.org/10.1016/0950-3293\(95\)00036-1](https://doi.org/10.1016/0950-3293(95)00036-1)

Hough, G. (2009). *Curso taller de evaluación sensorial: Condiciones para el desarrollo de las pruebas*. Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos (DESA), Instituto Superior Experimental de Tecnología Alimentaria (ISETA)

Ianni, A., Innosa, D., Martino, C., Bennato, F., & Martino, G. (2019). Compositional characteristics and aromatic profile of caciotta cheese obtained from Friesian cows fed with a dietary supplementation of dried grape pomace. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1025–1032. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15204>

International Organization for Standardization. (2008). *ISO 5492:2008. Vocabulario de análisis sensorial*. Ginebra, Suiza: ISO.

International Organization for Standardization. (2010). *ISO 8589:2007. Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms*. Geneva, Switzerland: ISO.

International Organization for Standardization. (2012). *ISO 8586:2012. Sensory analysis — General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors*. Geneva, Switzerland: ISO.

International Organization for Standardization. (2012). *ISO 22935-1:2012. Milk and milk products — Sensory analysis — Part 1: General guidance for the recruitment, selection, training and monitoring of assessors*. Geneva, Switzerland: ISO.

International Organization for Standardization. (2012). *ISO 22935-2:2012. Milk and milk products — Sensory analysis — Part 2: Recommended methods for sensory evaluation*. Geneva, Switzerland: ISO.

International Organization for Standardization. (2012). *ISO 22935-3:2012. Milk and milk products — Sensory analysis — Part 3: Guidance on a method for evaluation*

of compliance with product specifications for sensory properties by scoring. Geneva, Switzerland: ISO.

Izadi, Z., Mohebbi, M., Shahidi, F., Varidi, M., & Salahi, M. (2020). Cheese powder production and characterization: A foam-mat drying approach. *Food and Bioprocess Processing*, 123, 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.07.008>

Jana, A., & Tagalpallewar, G. (2017). Functional properties of Mozzarella cheese for its end use application. *Journal of Food Science and Technology*, 54(12), 3766–3778. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2855-1>

Johnson, M. (2021). *Análisis descriptivo cuantitativo (QDA)*. Society of Sensory Professionals. <https://www.sensorysociety.org>.

Kelimu, A., Felix da Silva, D., Geng, X., Ipsen, R., & Hougaard, A. B. (2017). Effects of different dairy ingredients on the rheological behaviour and stability of hot cheese emulsions. *International Dairy Journal*, 71, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.02.005>

Lamichhane, P., Kelly, A., & Sheehan, J. (2017). Symposium review: Structure–function relationships in cheese. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2692–2709. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13217>

Larráyoz, P., Addis, M., Gauch, R., & Bosset, J. O. (2001). Comparison of dynamic headspace and simultaneous distillation extraction techniques used for the analysis of the volatile components in three European ewes' milk cheeses. *International Dairy Journal*, 11(11–12), 911–926. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00121-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00121-3)

Larsen, T. O. (1998). Volatile flavour production by *Penicillium caseifulvum*. *International Dairy Journal*, 8(10–11), 883–887. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(99\)00010-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(99)00010-2)

Liu, S.-Q., Holland, R., & Crow, V. L. (2003). Ester synthesis in an aqueous environment by *Streptococcus thermophilus* and other dairy lactic acid bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 63(1), 81–88. <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1355-y>

Maggira, M., Ioannidou, M., Parissi, Z., Abraham, E., Karatassiou, M., & Samouris, G. (2023). Compositional characteristics, fatty acid profile, phenolic content and volatile organic compounds (VOCs) of Feta cheese made in mountain grasslands and plains of Greece. *Dairy*, 4(4), 672–688. <https://doi.org/10.3390/dairy4040042>

Martín, I., Rodríguez, A., García, C., & Córdoba, J. J. (2022). Evolution of volatile compounds during ripening and final sensory changes of traditional raw ewe's milk cheese “Torta del Casar” matured with selected protective lactic acid bacteria. *Foods*, 11(17), 2658. <https://doi.org/10.3390/foods11172658>

McSweeney, P. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2–3), 127–144. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00155.x>

Moio, L., & Addeo, F. (1998). Grana Padano cheese aroma. *Journal of Dairy Research*, 65, 317–333. <https://doi.org/10.1017/S0022029998002847>

Mortensen, G., Bertelsen, G., Mortensen, B. K., & Stapelfeldt, H. (2004). Light-induced changes in packaged cheeses – a review. *International Dairy Journal*, 14(1), 85–102. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00140-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00140-0)

Nájera, A. I., Nieto, S., Barron, L. J., & Albisu, M. (2021). A review of the preservation of hard and semi-hard cheeses: Quality and safety. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 2–32. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010002>

Nelson, J., & Trout, M. (1964). *Judging dairy products* (4th ed.). Academic Press.

Pérez Raffo, M. F. (2017). *Estudio de aglomeración y exudación en queso tipo parmesano rallado, elaborado en planta quesera* [Tesis de licenciatura, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos].

Pinches, S. E., & Apps, P. (2007). Production in food of 1,3-pentadiene and styrene by *Trichoderma* species. *International Journal of Food Microbiology*, 116, 182–185. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.12.008>

Qian, M., & Reineccius, G. (2002). Identification of aroma compounds in Parmigiano-Reggiano cheese by gas chromatography/olfactometry. *Journal of Dairy Science*, 85(6), 1362–1369. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74283-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74283-2)

Qian, M., & Reineccius, G. (2003a). Quantification of aroma compounds in Parmigiano Reggiano cheese by a dynamic headspace gas chromatography–mass spectrometry technique and calculation of odor activity value. *Journal of Dairy Science*, 86(3), 770–776. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73697-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73697-0)

Qian, M., & Reineccius, G. (2003b). Potent aroma compounds in Parmigiano Reggiano cheese studied using a dynamic headspace (purge-trap) method. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(3), 252–259. <https://doi.org/10.1002/ffj.1276>

Qian, M., & Reineccius, G. (2003c). Static headspace and aroma extract dilution analysis of Parmigiano Reggiano cheese. *Journal of Food Science*, 68(3), 794–798. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb08584.x>

Ray, C., Gholamhosseinpour, A., Ipsen, R., & Hougaard, A. (2016). The effect of age on Cheddar cheese melting, rheology and structure, and on the stability of feed for cheese powder manufacture. *International Dairy Journal*, 55, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.11.009>

Sancho, J., Bota, E., & de Castro, J. J. (2002). *Análisis sensorial de los alimentos*. Universitat de Barcelona.

Santa Cruz, M. J., Martínez, C., & Varela, P. (2005). Principios básicos de análisis sensorial. En *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos* (pp. 17–41). ISBN 84-96023-33-8.

Santamarina-García, G., Amores, G., Hernández, I., Moran, L., Barrón, L., & Virto, M. (2023). Relationship between the dynamics of volatile aroma compounds and microbial succession during the ripening of raw ewe milk-derived Idiazabal cheese. *Current Research in Food Science*, 6, 100425. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100425>

Severiano Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?. *INTER DISCIPLINA*, 7(19), 47–68. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>

Sgarbi, E., Lazzi, C., Tabanelli, G., Gatti, M., Neviani, E., & Gardini, F. (2013). Nonstarter lactic acid bacteria volatiles produced using cheese components. *Journal of Dairy Science*, 96(6), 4223–4234. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6472>

Silvestri, C., Aquilani, B., Piccarozzi, M., & Ruggieri, A. (2019). Consumer quality perception in traditional food: Parmigiano Reggiano cheese. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*. <https://doi.org/10.1080/08974438.2019.1599754>

Skeie, S. (2010). Milk quality requirements for cheesemaking. In M. W. Griffiths (Ed.), *Improving the safety and quality of milk* (pp. 433–453). Woodhead Publishing

Summer, A., Franceschi, P., Formaggioni, P., & Malacarne, M. (2015). Influence of milk somatic cell content on Parmigiano-Reggiano cheese yield. *Journal of Dairy Research*, 82(2), 222–227. <https://doi.org/10.1017/S0022029915000049>

Trobetas, A., Badeka, A., & Kontominas, M. (2008). Light-induced changes in grated Graviera hard cheese packaged under modified atmospheres. *International Dairy Journal*, 18(12), 1133–1139. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.06.004>

Urgu, M., Ünlütürk, S., & Koca, N. (2018). Effects of fat reduction on the stability, microstructure, rheological and color characteristics of white-brined cheese emulsion with different emulsifying salt amounts. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(5), 866–877. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e8>

Urgu, M., Türk, A., Ünlütürk, S., Kaymak-Ertekin, F., & Koca, N. (2019). Milk fat substitution by microparticulated protein in reduced-fat cheese emulsion: The effects on stability, microstructure, rheological and sensory properties. *Food Science of Animal Resources*, 39(1), 23–34. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e60>

Varming, C., Beck, T., Petersen, M. A., & Ardö, Y. (2011). Impact of processing steps on the composition of volatile compounds in cheese powders. *International Journal of Dairy Technology*, 64(2), 197–206. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00684.x>

Varming, C., Andersen, L., Petersen, M. A., & Ardö, Y. (2013). Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. *International Dairy Journal*, 30(1), 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.09.006>

Vélez, M. A., Perotti, M. C., Cuffia, F., Wolf, V., Peralta, G. H., Pozza, L., Bergamini, C. V., Binetti, A. G., Hynes, E. R., & Meinardi, C. A. (2022). *Los quesos argentinos de mayor difusión: Pasta Dura*. En *Los quesos argentinos: Producción, características y nuevas propuestas* (pp. 133-159). Ediciones Universidad Nacional del Litoral. ISBN 978-987-749-348-1.

Wolf, I. V., Perotti, M. C., Bernal, S. M., & Zalazar, C. A. (2010). Study of the chemical composition, proteolysis, lipolysis and volatile compounds profile of commercial Reggianito Argentino cheese: Characterization of Reggianito Argentino cheese. *Food Research International*, 43(4), 1204–1211. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.03.002>

Wolf, I. V., Perotti, M. C., & Zalazar, C. A. (2011). Composition and volatile profiles of commercial Argentinean blue cheeses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(2), 385–393. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4163>

Wolf, I., & Perotti, M. C. (2013). Diferenciación de quesos tipo grana de distintos orígenes a través del análisis de los perfiles de compuestos volátiles. *Tecnología Láctea Latinoamericana*. Publitec S.A., Argentina. ISSN: 0328-4158.

You, L.-Q., Wang, Y.-R., Bai, S., Wang, X.-Y., & Wei, Z.-J. (2024). Impact of ripening periods on the key volatile compounds of Cheddar cheese evaluated by sensory evaluation, instrumental analysis and chemometrics method. *Applied Food Research*, 4(2), 100578. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100578>

Zannoni, M. (2010). Evolution of the sensory characteristics of Parmigiano–Reggiano cheese to the present day. *Food Quality and Preference*, 21(8), 901–905. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.01.004>

Zannoni, M., & Hunter, E. A. (2015). Relationship between sensory results and compliance scores in grated Parmigiano-Reggiano cheese. *Italian Journal of Food Science*, 27, 487–494.