

Leche de avena y bebidas a base de avena: composición, proceso de producción y papel del análisis químico en el control de calidad

Dra. Francesca Bruni - Investigadora del Laboratorio Químico "Francesco Bonicolini" del CDR

Abstract

Las bebidas a base de avena se han convertido en el segmento de alternativas lácteas vegetales de mayor crecimiento, impulsado por los avances tecnológicos que permiten la conversión de materias primas a base de cereales en productos estables y seguros. Sin embargo, la producción industrial presenta complejidades significativas, que requieren un control preciso de etapas críticas como la hidrólisis enzimática, el tratamiento térmico UHT y la fortificación para garantizar la estabilidad física y la consistencia nutricional. Este artículo explora los principales desafíos químicos y analíticos de la industria, centrándose en la monitorización de parámetros clave como los perfiles de azúcar, el nitrógeno amino libre (FAN) y el amoníaco, un indicador temprano crucial de la degradación de proteínas o la actividad microbiana. También evalúa el sistema CDR DrinkLab como una solución innovadora para análisis químicos rápidos *in situ*, que demuestra una alta correlación con los métodos de referencia tradicionales, a la vez que elimina la compleja preparación de muestras y reduce los tiempos de análisis.

1. Introducción al procesamiento de bebidas de avena y desafíos analíticos

Durante la última década, las bebidas a base de avena se han convertido en el segmento de mayor crecimiento entre las alternativas lácteas vegetales, impulsadas por los avances en las tecnologías de procesamiento que permiten la conversión de materias primas a base de granos en bebidas estables y seguras. En comparación con el procesamiento estándar de la leche de vaca, las bebidas a base de avena suelen requerir un control más riguroso **de la hidrólisis enzimática y la fortificación**, mientras que **el tratamiento térmico y la homogeneización** deben optimizarse para las interacciones entre carbohidratos, proteínas, lípidos y minerales, que dependen de la receta, a fin de garantizar la estabilidad física y una funcionalidad consistente.

Con la llegada de la producción industrial a gran escala de bebidas de avena, ha aumentado la necesidad de **análisis químicos fiables** para garantizar la reproducibilidad del proceso, la estabilidad del producto y el cumplimiento

normativo. La variabilidad de las materias primas y las condiciones de procesamiento puede afectar significativamente los parámetros químicos clave, lo que convierte al control analítico en un elemento crucial en la producción moderna de bebidas de avena.

2. Composición, perfil nutricional y proceso de producción de bebidas de avena

Composición nutricional y comparación con la leche de vaca

Las bebidas de avena son intrínsecamente diferentes de la leche de vaca debido a su origen botánico. Su composición refleja las propiedades nutricionales de la avena, combinadas con un enriquecimiento específico para lograr un perfil nutricional equilibrado.

En comparación con la leche de vaca semidesnatada, las bebidas de avena fortificadas suelen contener:

- **Niveles elevados de fibra dietética**, principalmente beta-glucanos.
- **Mayores porcentajes de grasas insaturadas** (**ácido oleico, linoleico y linolénico**), con un menor contenido de grasas saturadas.
- **Niveles comparables de energía y calcio**, dependiendo de la estrategia de fortificación.
- **Menor contenido en proteínas**, aunque la proteína de avena es de alta calidad biológica.
- **Sin colesterol, lactosa ni proteínas de la leche**.

La avena es conocida por su contenido de betaglucano, una fibra soluble que ayuda a reducir el colesterol al limitar la absorción intestinal. La fortificación es un paso crucial en la formulación de bebidas de avena. Se suelen añadir vitaminas y minerales como **calcio, yodo, riboflavina (B2), vitamina D y vitamina B12** para compensar los nutrientes presentes de forma natural en la leche de vaca. Desde un punto de vista regulatorio y de calidad, la fortificación requiere una dosificación precisa y verificación analítica.

Materias primas y formulación

Las bebidas de avena típicas se componen de aproximadamente un 85-88 % **de agua**, 6-11 % **de avena**, aceite vegetal, sal y micronutrientes. El aceite de colza se utiliza a menudo para mejorar la textura en boca y la estabilidad de la espuma, especialmente en formulaciones de baristas, gracias a su perfil favorable de ácidos grasos.

En algunas formulaciones, se están explorando fuentes de proteínas alternativas, como guisantes o subproductos como granos de cerveza usados y tortas de semillas oleaginosas, para aumentar el contenido de proteínas y, al mismo tiempo, mejorar la sostenibilidad mediante la valorización de los subproductos.

Proceso de producción y puntos críticos de control

La producción de bebida de avena implica varias etapas tecnológicas interconectadas:

1. **Moler avena o hacer puré**.
2. **Hidrólisis enzimática** de almidones y polisacáridos para mejorar el dulzor, la estabilidad y la sensación en boca.
3. **Tratamiento térmico**, a menudo mediante procesamiento UHT directo a **138-144 °C**, para garantizar la seguridad microbiológica y la inactivación enzimática.
4. **Homogeneización**, para estabilizar la emulsión y evitar la separación de fases.
5. **Fortificación y formulación de ajustes**.
6. **Llenado aséptico**.

Cada etapa introduce una variabilidad potencial que influye en **el perfil de azúcar, la integridad de las proteínas, el equilibrio mineral y la estabilidad del pH**, lo que hace que el control analítico durante todo el proceso sea esencial.

3. Desafíos del análisis químico en la producción de bebidas de avena y el papel de CDR DrinkLab

El control de calidad de las bebidas de avena requiere la monitorización de múltiples parámetros químicos en las materias primas, los productos intermedios y las formulaciones finales. Los métodos de laboratorio convencionales suelen implicar una preparación compleja de muestras, análisis enzimáticos e infraestructura de laboratorio especializada, lo que puede limitar su uso para controles rutinarios o durante el proceso.

CDR DrinkLab aborda estos desafíos al permitir análisis químicos rápidos y confiables directamente en entornos de producción o laboratorios de control de calidad, sin una preparación extensa de muestras.

Parámetros clave que se pueden analizar con CDR DrinkLab

CDR DrinkLab permite la determinación de varios parámetros críticos, entre ellos:

- **Azúcares firmes y solubles**, esenciales para controlar la hidrólisis enzimática y el dulzor.
- **Azúcares totales**, relevantes para el etiquetado nutricional y el cumplimiento normativo.
- **Ácidos orgánicos (ácido acético y ácido láctico total D+L)**, que influyen en la estabilidad del pH y el perfil sensorial.
- **Alcohol**, especialmente relevante para bebidas fermentadas o híbridas. *[en desarrollo]*
- **Amoníaco**, un indicador clave de la degradación de proteínas y la actividad microbiana.
- **Nitrógeno amino libre (FAN)**, que refleja la disponibilidad de nitrógeno orgánico soluble resultante de la hidrólisis de proteínas. *[en desarrollo]*
- **Almidón**, fuente de carbohidratos complejos, durante el procesamiento se transforma parcialmente en azúcares simples mediante hidrólisis enzimática, lo que contribuye al dulzor natural del producto.

El uso de **reactivos precalibrados y volúmenes de muestra mínimos** garantiza la consistencia analítica y reduce la dependencia del operador. Este enfoque es especialmente ventajoso para fabricantes que carecen de laboratorios analíticos completamente equipados o que desean una toma de decisiones más rápida durante la producción.

Parámetro analítico	Importancia en la producción	Tipo de indicador	Impacto en el producto final
Amoníaco	Indicador de degradación de proteínas y actividad microbiana.	Indicador de degradación/alerta temprana	Afecta la estabilidad bioquímica, la seguridad y la calidad sensorial.
Fermentables y azúcares	Control de la hidrólisis enzimática y del dulzor	Eficiencia del proceso	Influye en el dulzor y el perfil sensorial.
Azúcares totales	Etiquetado nutricional y cumplimiento normativo	Eficiencia del proceso	Influye en el perfil nutricional y el estado regulatorio
Nitrógeno amino libre (FAN)	Refleja la disponibilidad de nitrógeno orgánico soluble de la hidrólisis de proteínas.	Eficiencia del proceso	Optimiza la solubilización de proteínas y las propiedades funcionales.
ácidos orgánicos	Influencia en la estabilidad del pH	Degrado / Estabilidad	Influye en el perfil sensorial y la estabilidad química.
Alcohol	Relevante para bebidas fermentadas o híbridas	Eficiencia del proceso	Define la categoría de la bebida y sus propiedades sensoriales. Influye en la textura, la estabilidad física, el dulzor indirecto y el perfil nutricional.
Almidón	Control de la hidrólisis enzimática	Eficiencia del proceso	

4. Centrarse en el análisis de amoníaco en bebidas vegetales.

La concentración de amoníaco en bebidas vegetales, como las de avena, soja, arroz y otras, es un **parámetro de calidad clave** para el control de procesos y productos. Los niveles elevados de amoníaco pueden indicar:

- **Degradación de proteínas durante el procesamiento**, resultante de estrés térmico excesivo o reacciones bioquímicas no controladas.
- **Actividad microbiana**, asociada a la desaminación de aminoácidos y al metabolismo del nitrógeno.
- **Tratamiento térmico o sanitización inadecuados**, que resultan en actividad enzimática o microbiana residual durante el almacenamiento.

En la producción de bebidas de avena, el análisis de amoníaco proporciona información complementaria a la determinación del **nitrógeno amino libre (NAL)**.

Mientras que el NAL refleja la concentración de compuestos nitrogenados orgánicos solubles, como aminoácidos y péptidos cortos generados durante la hidrólisis proteica controlada, el amoníaco representa el nitrógeno inorgánico y se asocia principalmente con fenómenos de degradación indeseables.

Desde la perspectiva del control de procesos, el FAN está relacionado con la eficiencia de la formulación y el tratamiento enzimático, lo que favorece la optimización de la solubilización de las proteínas y sus propiedades funcionales. Por otro lado, el amoníaco actúa como un indicador de alerta temprana, señalando posibles desviaciones relacionadas con la degradación de proteínas, la contaminación microbiana o un control insuficiente del proceso.

Por lo tanto, el monitoreo rutinario de amoníaco, combinado con la determinación de FAN, permite una evaluación más integral de la **estabilidad bioquímica, la solidez del proceso y la seguridad del producto** en bebidas a base de avena, lo que respalda acciones correctivas oportunas y una calidad constante del producto.

Por lo tanto, el control rutinario del amoníaco es esencial para garantizar la **estabilidad, la seguridad y la calidad sensorial del producto**.

5. Correlación de métodos: CDR DrinkLab vs. prueba de referencia

La determinación de la concentración de amonio es un método analítico consolidado para monitorizar la **calidad y la evolución bioquímica de la leche y los productos lácteos durante el procesamiento tecnológico**; el mismo principio se aplica a las **bebidas vegetales**, incluidas las de avena. El amoníaco puede provenir de la degradación de proteínas, la actividad enzimática o el metabolismo microbiano, lo que lo convierte en un indicador sensible del control del proceso y la estabilidad del producto.

Tradicionalmente, el amoníaco se cuantifica utilizando **métodos de referencia enzimáticos**, como los kits de ensayo Megazyme. Amoníaco Ensayo Ampliamente adoptados en laboratorios industriales y de investigación debido a su especificidad y protocolos estandarizados, estos ensayos enzimáticos se utilizan comúnmente como técnicas de referencia para el control de calidad rutinario y la validación de métodos.

Además de los métodos enzimáticos, la literatura científica describe las **técnicas cromatográficas como enfoques de referencia para la determinación de amonio**. En particular, los

métodos basados en la cromatografía de intercambio catiónico, combinados con la detección por conductividad suprimida, permiten la separación y cuantificación de iones de amonio con alta sensibilidad analítica. Sin embargo, estas técnicas requieren **una preparación adecuada de las muestras**, instrumentación especializada y personal cualificado, lo que a menudo limita su aplicabilidad a laboratorios centralizados o altamente equipados.

Otros enfoques analíticos oficiales o estandarizados para la determinación de amoníaco incluyen:

- **Cromatografía iónica**, como se describe en los Métodos estándar internacionales para el análisis de agua y alimentos.
- **Métodos espectrofotométricos** basados en la reacción de Berthelot o principios colorimétricos relacionados, citados en varios compendios oficiales.
- **Métodos enzimáticos UV**, reconocidos como técnicas de referencia confiables en el análisis de alimentos y bebidas.

Estudios comparativos realizados en diferentes bebidas de avena demuestran una **fuerte correlación entre los valores de amoníaco obtenidos utilizando CDR DrinkLab y los medidos con pruebas enzimáticas de referencia**, como los kits Megazyme.

CDR (ppm)	Método oficial (ppm)
6.28	4.13
43.3	32.1
45.1	38.4
42.5	36.8
37.6	34.1
37.0	33.1
37.6	34.5
41.0	35.8
37.8	32.9

Tabla 1: Estudio de correlación sobre amoníaco entre CDR DrinkLab y el método Megazyme

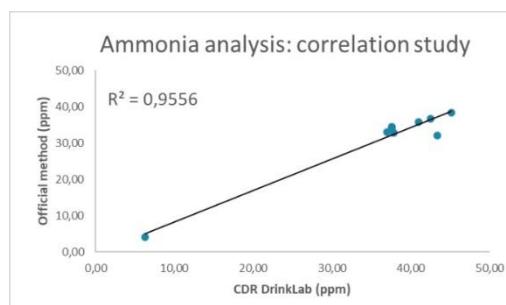


Figura 1: Estudio de correlación sobre amoníaco entre CDR DrinkLab y el método Megazyme

La correlación observada (Tabla 1, Figura 1) muestra un **alto coeficiente de determinación (R^2)**, lo que confirma la fiabilidad analítica de CDR DrinkLab para la determinación de amoníaco en matrices vegetales complejas. Al eliminar la compleja preparación de muestras y reducir los tiempos de análisis, CDR DrinkLab permite un rápido monitoreo in situ del amoníaco en la producción de bebidas a base de avena.

6. Conclusiones

La rápida expansión de las bebidas de avena refleja la convergencia de la sostenibilidad, la conciencia nutricional y la innovación tecnológica. Sin embargo, la complejidad de formular y procesar bebidas de avena requiere **un riguroso control químico en cada etapa de la producción**.

Los desafíos analíticos asociados con los métodos de laboratorio tradicionales pueden limitar la capacidad de respuesta del proceso y aumentar los costos operativos. En este contexto, **CDR DrinkLab ofrece una solución eficaz** que combina velocidad, facilidad de uso y fiabilidad analítica para la monitorización de parámetros clave de calidad.

La correlación demostrada con los métodos de referencia establecidos, en particular para el análisis de amoníaco, respalda aún más la idoneidad de **CDR DrinkLab como herramienta práctica para el control de calidad en la producción moderna de bebidas de origen vegetal**.

Bibliografía

1. Tetra Pak. *Oat beverages are booming. Here's why.* Tetra Pak Global, 2023. [Tetra Pak](#)
2. GFI Europe. *Market insights on European plant based sales 2020 to 2022 (NielsenIQ based analysis).* The Good Food Institute Europe, 2023. [GFI Europe](#)
3. Oatly. *Our process (patented technology and production approach).* Oatly, web page. [oatly.com](#)
4. *UHT processing in the context of plant based beverages: A scientific review.* Current Research in Food Science, 2024. [ScienceDirect](#)
5. *Innovative technologies for manufacturing plant based non dairy milk substitutes and their impact on nutritional, sensory, and safety aspects: A review.* Current Research in Food Science, 2021. [ScienceDirect](#)
6. Novozymes. *Oat based beverage, technical document (enzyme selection, hydrolysis outcomes, process considerations).* Novozymes, PDF. [biosolutions.novozymes.com](#)
7. *Can plant based milk alternatives fully replicate UHT cow milk? A review focusing on sensory and physicochemical properties.* Beverages (MDPI), 2025. [MDPI](#)
8. Megazyme. *Ammonia Assay Kit (Rapid) K-AMIAR, product page and method overview.* Megazyme. [megazyme.com](#)

CDR DrinkLab: Análisis Avanzados, Simplificados

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN SITIO	CONTROŁ DE CALIDAD FIABLE Y COMPLETO
<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; text-align: center;"><p>Resultados Rápidos para Decisiones Ágiles Obtén datos químicos críticos en pocos minutos, directamente en la línea de producción.</p></div>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; text-align: center;"><p>Fiabilidad Analítica Comprobada Démuestra una fuerte correlación con métodos de referencia enzimáticos oficiales.</p></div>
<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; text-align: center;"><p>Flujo de Trabajo Simplificado, Sin Laboratorio Requerido No requiere preparación de muestra compleja ni infraestructura de laboratorio dedicada.</p></div>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; text-align: center;"><p>Monitoreo de Parámetros Críticos Analiza indicadores claves como azúcares, amoniaco y Nitrógeno Amino Libre (FAN).</p></div>
<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; text-align: center;"><p>Menor Dependencia del Operador Reactivos pre-calibrados y volúmenes de muestra mínimos aseguran resultados consistentes.</p></div>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; text-align: center;"><p>Alerta Temprana de Desviaciónes de Calidad Monitorea el amoniaco como indicador clave de la degradación de proteínas o actividad microbiana.</p></div>