

## Hafermilch und Hafergetränke: Zusammensetzung, Herstellungsprozess und die Rolle der chemischen Analyse bei der Qualitätskontrolle

Dr. Francesca Bruni – Forscherin am CDR Chemiclabor „Francesco Bonicolini“

### Abstrakt

Getränke auf Haferbasis haben sich zum am schnellsten wachsenden Segment unter den pflanzlichen Milchalternativen entwickelt, angetrieben durch technologische Fortschritte, die die Umwandlung von Getreiderohstoffen in stabile und sichere Produkte ermöglichen. Die industrielle Produktion ist jedoch mit erheblichen Komplexitäten verbunden und erfordert eine präzise Steuerung kritischer Schritte wie enzymatische Hydrolyse, UHT-Erhitzung und Anreicherung, um physikalische Stabilität und gleichbleibende Nährstoffzusammensetzung zu gewährleisten. Dieser Artikel untersucht die wichtigsten chemischen und analytischen Herausforderungen der Branche und konzentriert sich dabei auf die Überwachung von Schlüsselparametern wie Zuckerprofilen, freiem Aminostickstoff (FAN) und Ammoniak – einem wichtigen Frühindikator für Proteinabbau oder mikrobielle Aktivität. Darüber hinaus wird das CDR DrinkLab-System als innovative Lösung für die schnelle chemische Analyse vor Ort evaluiert. Es zeigt eine hohe Korrelation mit traditionellen Referenzmethoden, vermeidet gleichzeitig eine aufwendige Probenvorbereitung und verkürzt die Analysezeit.

### 1. Einführung in die Verarbeitung und analytische Herausforderungen von Hafergetränken

In den letzten zehn Jahren haben sich Hafergetränke zum am schnellsten wachsenden Segment unter den pflanzlichen Milchalternativen entwickelt. Dies ist auf Fortschritte in der Verarbeitungstechnologie zurückzuführen, die die Umwandlung von Getreiderohstoffen in stabile und sichere Getränke ermöglichen. Im Vergleich zur herkömmlichen Milchverarbeitung erfordern Hafergetränke in der Regel eine präzisere Kontrolle der **enzymatischen Hydrolyse** und **Anreicherung**. Zudem müssen die **Wärmebehandlung und die Homogenisierung** hinsichtlich der rezepturabhängigen Wechselwirkungen zwischen Kohlenhydraten, Proteinen, Lipiden und Mineralstoffen optimiert werden, um physikalische Stabilität und gleichbleibende Funktionalität zu gewährleisten.

Mit der zunehmenden industriellen Produktion von Hafergetränken ist der Bedarf an **zuverlässigen chemischen Analysen** gestiegen, um die

Reproduzierbarkeit der Prozesse, die Produktstabilität und die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften zu gewährleisten. Schwankungen bei Rohstoffen und Verarbeitungsbedingungen können wichtige chemische Parameter erheblich beeinflussen, weshalb die analytische Kontrolle ein entscheidender Faktor in der modernen Hafergetränkeherstellung ist.

### 2. Zusammensetzung, Nährwertprofil und Herstellungsverfahren von Hafergetränken

#### Nährstoffzusammensetzung und Vergleich mit Kuhmilch

Hafergetränke unterscheiden sich aufgrund ihrer botanischen Herkunft grundlegend von Kuhmilch. Ihre Zusammensetzung spiegelt die Nährstoffeigenschaften von Hafer wider, kombiniert mit gezielter Anreicherung, um ein ausgewogenes Nährstoffprofil zu erzielen.

Im Vergleich zu teilentrahmter Kuhmilch enthalten angereicherte Haferdrinks typischerweise:

- **Höheren Gehalt an Ballaststoffen**, vorwiegend Beta-Glucanen.
- **Höheren Anteil an ungesättigten Fettsäuren (Ölsäure, Linolsäure und Linolensäure)** bei geringerem Gehalt an gesättigten Fettsäuren.
- **Vergleichbare Energie- und Kalziumwerte**, abhängig von der Anreicherungsstrategie.
- **Niedrigeren Proteingehalt**, obwohl Haferproteine eine hohe biologische Qualität aufweisen.
- **Kein Cholesterin, keine Laktose und keine Milchproteine**.

Hafer ist bekannt für seinen Gehalt an Beta-Glucanen, löslichen Ballaststoffen, die durch die Begrenzung der Aufnahme im Darm zur Senkung des Cholesterinspiegels beitragen. Die Anreicherung ist ein entscheidender Schritt bei der Herstellung von Haferdrinks. Vitamine und Mineralstoffe wie **Kalzium, Jod, Riboflavin (B2), Vitamin D und Vitamin B12** werden häufig zugesetzt, um die in Milch natürlich vorkommenden Nährstoffe zu ersetzen. Aus regulatorischer und qualitätstechnischer Sicht erfordert die Anreicherung eine präzise Dosierung und analytische Überprüfung.

#### Rohstoffe und Rezeptur

Typische Hafergetränke bestehen aus etwa **85-88 % Wasser, 6-11 % Hafer**, Pflanzenöl, Salz und Mikronährstoffen. Rapsöl wird aufgrund seines günstigen Fettsäureprofils häufig verwendet, um das Mundgefühl

und die Schaumstabilität zu verbessern, insbesondere in Barista-Rezepturen.

Bei einigen Rezepturen werden alternative Proteinquellen wie Erbsen oder Nebenprodukte wie Brauerei-Treber und Ölsaaten-Presskuchen untersucht, um den Proteingehalt zu erhöhen und gleichzeitig die Nachhaltigkeit durch die Verwertung von Nebenprodukten zu verbessern.

## Produktionsprozess und kritische Kontrollpunkte

Die Herstellung von Haferdrinks umfasst mehrere miteinander verbundene technologische Schritte:

1. **Hafermahlung oder Haferschlammzubereitung.**
2. **Enzymatische Hydrolyse** von Stärken und Polysacchariden zur Verbesserung von Süße, Stabilität und Mundgefühl.
3. **Wärmebehandlung**, oft durch direkte UHT-Verarbeitung bei **138-144°C**, um mikrobiologische Sicherheit und Enzymaktivierung zu gewährleisten.
4. **Homogenisierung**, um die Emulsion zu stabilisieren und eine Phasentrennung zu verhindern.
5. **Anreicherung und Anpassungen der Rezeptur.**
6. **Aseptische Abfüllung.**

Jede Phase birgt potenzielle Schwankungen, die sich auf das **Zuckerprofil**, die **Proteinintegrität**, den **Mineralstoffhaushalt** und die **pH-Stabilität** auswirken, weshalb eine analytische Kontrolle während des gesamten Prozesses unerlässlich ist.

## 3. Herausforderungen bei der chemischen Analyse in der Hafergetränkeherstellung und die Rolle von CDR DrinkLab

Die Qualitätskontrolle von Hafergetränken erfordert die Überwachung zahlreicher chemischer Parameter in Rohstoffen, Zwischenprodukten und Endprodukten. Herkömmliche Labormethoden erfordern oft aufwendige Probenvorbereitung, enzymatische Tests und eine spezielle Laborinfrastruktur, was ihre Anwendung für Routine- oder Prozesskontrollen einschränken kann.

**CDR DrinkLab** begegnet diesen Herausforderungen, indem es **schnelle und zuverlässige chemische Analysen direkt in Produktionsanlagen oder Qualitätskontrolllaboren ermöglicht**, ohne dass eine aufwendige Probenvorbereitung erforderlich ist.

### Wichtige Parameter, die mit CDR DrinkLab analysiert werden können

CDR DrinkLab ermöglicht die Bestimmung mehrerer kritischer Parameter, darunter:

- **Fermentierbare Zucker**, die für die Kontrolle der enzymatischen Hydrolyse und der Süße unerlässlich sind.

- **Gesamtzuckergehalt** relevant für die Nährwertkennzeichnung und die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften.
- **Organische Säuren (Essigsäure und Gesamtmilchsäure D+L)**, die die pH-Stabilität und das sensorische Profil beeinflussen.
- **Stärke**, eine Quelle komplexer Kohlenhydrate, wird während der Verarbeitung durch enzymatische Hydrolyse teilweise in einfache Zucker umgewandelt und trägt so zur natürlichen Süße des Produkts bei.
- **Alkohol**, insbesondere relevant für fermentierte oder hybride Getränke. *[in Entwicklung]*
- **Ammoniak**, ein wichtiger Indikator für den Proteinabbau und die mikrobielle Aktivität.
- **Freier Aminostickstoff (FAN)** spiegelt die Verfügbarkeit von löslichem organischem Stickstoff wider, der aus der Proteinhydrolyse resultiert. *[in Entwicklung]*

Die Verwendung **vorkalibrierter Reagenzien und minimaler Probenvolumina** gewährleistet analytische Konsistenz und reduziert gleichzeitig die Abhängigkeit vom Bediener. Dieser Ansatz ist besonders vorteilhaft für Hersteller, die keine voll ausgestatteten Analyselabore besitzen oder während der Produktion schnellere Entscheidungen treffen möchten.

Analyse-Parameter	Bedeutung für die Produktion	Indikator Typ	Auswirkung auf das Endprodukt
Ammoniak	Indikator für Proteinabbau und mikrobielle Aktivität	Verschlechterung / Frühwarn-indikator	Beeinträchtigt die biochemische Stabilität, die Sicherheit und die sensorische Qualität.
Fermentierbare Zucker	Kontrolle der enzymatischen Hydrolyse und der Süße	Prozess-effizienz	Beeinflusst Süße und sensorisches Profil
Gesamt-zucker	Nährwertkennzeichnung und Einhaltung gesetzlicher Vorschriften	Prozess-effizienz	Beeinflusst das Nährwertprofil und den regulatorischen Status
Freier Aminostickstoff (FAN)	Verfügbarkeit von löslichem organischem Stickstoff aus der Proteinhydrolyse	Prozess-effizienz	Optimiert die Proteinlöslichkeit und die funktionellen Eigenschaften Beeinflusst das sensorische Profil und die chemische Stabilität
Organische Säuren	Beeinflussung der pH-Stabilität	Abbau / Stabilität	
Alkohol	Relevant für fermentierte oder Prozess-hybride Getränke	Prozess-effizienz	Definiert Getränkekategorie und sensorische Eigenschaften Beeinflusst die Konsistenz, die physikalische Stabilität, die indirekte Süße und das Nährwertprofil
Stärke	Kontrolle der enzymatischen Hydrolyse	Prozess-effizienz	

## 4. Schwerpunkt Ammoniakanalyse in pflanzlichen Getränken

Die Ammoniakkonzentration in Pflanzendrinks, darunter Hafer-, Soja-, Reis- und andere Getreidegetränke, ist ein **kritischer Qualitätsparameter** für die Prozess- und Produktkontrolle. Erhöhte Ammoniakwerte kann bedeuten:

- **Proteinabbau während der Verarbeitung**, bedingt durch übermäßige thermische Belastung oder unkontrollierte biochemische Reaktionen.
- **Mikrobielle Aktivität** im Zusammenhang mit der Desaminierung von Aminosäuren und dem Stickstoff-Stoffwechsel.
- **Unzureichende Wärmebehandlung oder Desinfektion**, die zu einer verbleibenden enzymatischen oder mikrobiellen Aktivität während der Lagerung führt.

Im Kontext der Haferdrink-Herstellung liefert die Ammoniakanalyse **ergänzende Informationen zur Bestimmung des freien Aminostickstoffs (FAN)**. Während FAN die Konzentration löslicher organischer Stickstoffverbindungen wie Aminosäuren und kurzer Peptide widerspiegelt, die bei der kontrollierten Proteinhydrolyse entstehen, **repräsentiert Ammoniak anorganischen Stickstoff** und steht primär im Zusammenhang mit **unerwünschten Abbauprozessen**.

Aus Sicht der Prozesssteuerung **steht FAN in Zusammenhang mit der Effizienz der Formulierung und enzymatischen Behandlung** und unterstützt die Optimierung der Proteinlöslichkeit und der funktionellen Eigenschaften. **Ammoniak hingegen dient als Frühwarnindikator** und signalisiert potenzielle Abweichungen im Zusammenhang mit Proteinabbau, mikrobieller Kontamination oder unzureichender Prozesssteuerung.

Die routinemäßige Überwachung des Ammoniakgehalts in Kombination mit der Bestimmung des freien Ammoniakgehalts ermöglicht daher eine umfassendere Beurteilung der **biochemischen Stabilität, der Prozessrobustheit und der Produktsicherheit** bei Getränken auf Haferbasis und unterstützt so rechtzeitige Korrekturmaßnahmen und eine gleichbleibende Produktqualität.

Die regelmäßige Überwachung des Ammoniakgehalts ist daher unerlässlich, um **Produktstabilität, Sicherheit und sensorische Qualität zu gewährleisten**.

## 5. Methodenkorrelation: CDR DrinkLab vs. Referenzanalysen

Die Bestimmung der **Ammoniumkonzentration** ist ein etabliertes analytisches Verfahren zur Überwachung der **Qualität und der biochemischen Entwicklung von Milch und Milchprodukten während der technologischen Verarbeitung**. Dasselbe Prinzip gilt auch für **Pflanzendrinks**, einschließlich Haferdrinks. Ammoniak kann durch Proteinabbau, enzymatische Aktivität oder mikrobiellen Stoffwechsel entstehen und ist daher ein sensitiver Indikator für die Prozesskontrolle und Produktstabilität.

Traditionell wird Ammoniak mithilfe **enzymatischer Referenzmethoden quantifiziert**, beispielsweise mit den **Megazyme Ammoniak-Assay-Kits**. Diese sind aufgrund ihrer Spezifität und standardisierten Protokolle in Industrie- und Forschungslaboren weit verbreitet. Die enzymatischen Assays dienen häufig als Benchmark-Verfahren für die routinemäßige Qualitätskontrolle und Methodenvalidierung.

Neben enzymatischen Methoden werden in der wissenschaftlichen Literatur **chromatographische Verfahren** als Referenzmethoden zur Ammoniumbestimmung beschrieben. Insbesondere Methoden, die auf **Kationenaustauschchromatographie mit unterdrückter Leitfähigkeitsdetektion** basieren, ermöglichen die Trennung und Quantifizierung von Ammoniumionen mit hoher analytischer Empfindlichkeit. Diese Techniken erfordern jedoch **eine geeignete Probenvorbereitung**, spezielle Geräte und qualifiziertes Personal, was ihre Anwendbarkeit häufig auf zentrale oder hoch ausgestattete Labore beschränkt.

Weitere offizielle oder standardisierte Analyseverfahren zur Ammoniakbestimmung umfassen:

- **Ionenchromatographie**, wie in internationalen Standardmethoden für die Wasser- und Lebensmittelanalyse beschrieben.
- **Spektrophotometrische Methoden**, die auf der Berthelot-Reaktion oder verwandten kolori-

# CDR DrinkLab

4

metrischen Prinzipien beruhen und in mehreren offiziellen Kompendien aufgeführt sind.

- **Enzymatische UV-Methoden** sind in der Lebensmittel- und Getränkeanalytik als zuverlässige Referenztechniken anerkannt.

Vergleichende Studien an verschiedenen Hafergetränken zeigen eine **starke Korrelation zwischen den mit CDR DrinkLab ermittelten Ammoniakwerten und den mit enzymatischen Referenztests**, wie z. B. Megazyme- Kits, gemessenen Werten.

CDR (ppm)	Offizielle Methode (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

Tabelle 1: Korrelationsstudie zu Ammoniak zwischen CDR DrinkLab und der Megazyme -Methode

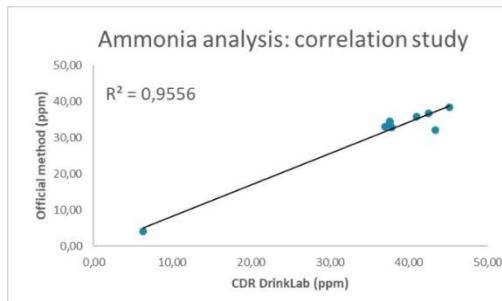


Abbildung 1: Korrelationsstudie zu Ammoniak zwischen CDR DrinkLab und der Megazyme-Methode

Die beobachtete Korrelation (Tabelle 1, Abbildung 1) zeigt einen **hohen Determinationskoeffizient ( $R^2$ )**, was die analytische Zuverlässigkeit von CDR DrinkLab für die Ammoniakbestimmung in komplexen pflanzlichen Matrices bestätigt. Durch den Wegfall aufwendiger Probenvorbereitung und die Reduzierung der Analysenzeit ermöglicht CDR DrinkLab die schnelle Ammoniaküberwachung vor Ort bei der Haferdrink-Produktion.

## 6. Schlussfolgerungen

Die hohe Wachstumsrate von Hafergetränken spiegelt das Zusammenwirken von Nachhaltigkeit, Ernährungsbewusstsein und technologischer Innovation wider. Die komplexe Herstellung und Verarbeitung von Hafergetränken erfordert jedoch **eine strenge chemische Kontrolle in jeder Produktionsphase**.

Analytische Herausforderungen herkömmlicher Labormethoden können die Reaktionsfähigkeit von Prozessen einschränken und die Betriebskosten erhöhen. **CDR DrinkLab bietet hierfür eine effektive Lösung**, die Schnelligkeit, Benutzerfreundlichkeit und analytische Zuverlässigkeit für die Überwachung wichtiger Qualitätsparameter vereint.

Die nachgewiesene Korrelation mit etablierten Referenzmethoden, insbesondere für die Ammoniakanalyse, untermauert zudem die Eignung von CDR DrinkLab als praktisches Werkzeug zur Qualitätskontrolle in der modernen Produktstätten für Pflanzendrinks.

## Bibliographie

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: Fortschrittliche Analysen, einfach gemacht

LOKALE PROZESSOPTIMIERUNG	ZUVERLÄSSIGE UND UMFASSENDE QUALITÄTSKONTROLLE
 <p><b>Schnelle Ergebnisse für schnelle Entscheidungen</b> Erhalten Sie kritische chemische Daten in wenigen Minuten direkt an der Produktionslinie.</p>	 <p><b>Bewährte analytische Zuverlässigkeit</b> Zeigt eine starke Korrelation mit offiziellen enzymatischen Referenzmethoden.</p>
 <p><b>Vereinfachter Arbeitsablauf, kein Labor erforderlich</b> Benötigt keine komplexe Probenvorbereitung oder spezifische Laboreinrichtungen.</p>	 <p><b>Überwachung kritischer Parameter</b> Analyse von wichtigen Indikatoren wie Zucker, Ammoniak und Freier Aminostickstoff (FAN).</p>
 <p><b>Reduzierte Bedienerabhängigkeit</b> Vorkalibrierte Reagenzien und minimale Probenvolumen sorgen für konsistente Ergebnisse.</p>	 <p><b>Frühzeitige Warnung vor Qualitätsabweichungen</b> Überwacht Ammoniak als einen Schlüsselindikator für Proteinabbau oder mikrobieller Aktivität</p>