

Herausforderungen der Qualitätskontrolle bei modernen Erfrischunggetränken: analytische Strategien und Fallstudien

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

Abstrakt

Die Entwicklung des globalen Marktes für alkoholfreie Getränke hin zu funktionalen, zuckerarmen und alkoholarmen Rezepturen hat die analytische Komplexität, die für die industrielle Qualitätskontrolle erforderlich ist, deutlich erhöht. Traditionelle offizielle Methoden wie HPLC und Gaschromatographie stellen zwar den regulatorischen Referenzstandard dar, sind aber für die routinemäßige Überwachung oft zeitaufwändig und kostspielig. Diese Studie präsentiert eine fortschrittliche analytische Charakterisierung einer heterogenen Auswahl an kommerziellen Getränken (darunter Energy-Drinks, Zitruslimonaden, handwerklich hergestellte Colagetränke und weinbasierte Aperitifs) mithilfe des enzymatischen photometrischen Systems CDR DrinkLab. Ziel war die Bewertung eines vereinfachten Arbeitsablaufs zur Bestimmung kritischer Parameter wie Koffein, Alkohol, Zucker und Säureprofil. Die Ergebnisse belegen die Effektivität der Methode bei der präzisen Quantifizierung von Koffein in komplexen Matrices (Messbereich: 65–249 mg/L) und beim Nachweis von Alkoholspuren mit einer Empfindlichkeit von bis zu 0,002 Vol.-%, was für die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften für alkoholfreie Produkte unerlässlich ist. Die differenzielle Charakterisierung des acidimetrischen Profils (Zitronensäure vs. Phosphorsäure) lieferte Daten, die den sensorischen und Stabilitätserwartungen entsprachen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich der photometrische Ansatz als valide operative Alternative zu herkömmlichen Methoden erweist. Er ermöglicht eine schnelle Durchführung und reduziert den Probenaufwand, wodurch die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und das Haltbarkeitsmanagement effektiv unterstützt werden.

1. Einleitung: Das Marketszenario und die Entwicklung des Sektors

Erfrischunggetränke stellen heute eine riesige und heterogene Kategorie alkoholfreier Getränke dar, die sich seit den ersten historischen Mischungen aus Wasser und Zitrussäften im 17. Jahrhundert deutlich weiterentwickelt hat.

Moderne Rezepturen sind technologisch hochentwickelt und werden typischerweise aus Mineralwasser unter Zugabe eines oder mehrerer der folgenden Bestandteile hergestellt:

- Monosaccharide und Disaccharide oder intensive Süßstoffe
- Säuerungsmittel und Säureregulatoren, hauptsächlich Zitronensäure, Phosphorsäure und Apfelsäure
- natürliche oder naturidentische Aromen
- Pflanzenextrakte, Fruchtsäfte oder Pürees
- Kohlendioxid
- zugelassene funktionelle Inhaltsstoffe wie Koffein bis zu 320 mg/L, Taurin, Vitamine

- möglicher Restalkoholgehalt oder absichtlich hinzugefügter Alkoholgehalt von weniger als 1,2 Vol.-% in alkoholarmen, trinkfertigen Getränken

Der Markt befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel. Obwohl der Pro-Kopf-Verbrauch in Italien (rund 50 Liter/Jahr) unter dem EU-Durchschnitt (95 Liter/Jahr im Jahr 2023) liegt, ist ein Rückgang bei traditionellen zuckerreichen Produkten zugunsten wachsender Segmente wie Premiumprodukte zu verzeichnen. Craft-Getränke, zuckerarme und funktionelle Getränke (Energy-Drinks, alkoholfreie Aperitifs) zu verzeichnen. Weltweit steigt die Nachfrage hin zu Produkten mit Clean Labels und natürlichen Zutaten. In diesem wettbewerbsintensiven Umfeld ist die analytische Kontrolle eine strategische Notwendigkeit – nicht nur zur Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, sondern auch zur Sicherstellung gleichbleibender Rezepturen und Haltbarkeit.

2. Die analytische Herausforderung: Kritische Parameter und Methoden

Die chemische Charakterisierung von Erfrischunggetränken ist unerlässlich, um die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, die Produktsicherheit und eine gleichbleibende sensorische Qualität zu gewährleisten. Angesichts der extremen Heterogenität dieser Produktkategorie müssen die Analysemethoden sorgfältig ausgewählt und auf jeden Parameter individuell abgestimmt werden, wobei sowohl seine technologische Bedeutung als auch seine sensorische Wirkung zu berücksichtigen sind.

- **Koffein und funktionelle Inhaltsstoffe:** Dieser Bereich ist streng reguliert; in Europa ist für Koffinkonzentrationen über 150 mg/L eine spezielle Kennzeichnung erforderlich.
- **Alkohol- und Gärungsmarker:** Bei alkoholarmen (< 1,2 Vol.-%) und alkoholfreien Produkten ist der Alkoholgehalt entscheidend. Selbst geringste Mengen (< 0,5 Vol.-%) können auf unerwünschte Gärung hinweisen und das Aromaprofil sowie die rechtliche Einstufung beeinträchtigen. Gleichzeitig dient Milchsäure (D- und L-Milchsäure) als Indikator für bakterielle Kontamination und Produktverderb.

- Säure- und Zuckerprofil:** Der pH-Wert (typischerweise 2,5–4,0) und das Säureprofil (Zitronensäure, Apfelsäure, Phosphorsäure) beeinflussen die mikrobiologische Stabilität und den Geschmack direkt. Ebenso wichtig ist die Überwachung von Glucose, Fructose und Saccharose, um die Süßkraft zu bestimmen und Nachgärungen zu verhindern.

3. Die Studie: Probenauswahl und analytischer Arbeitsablauf

Um die Anwendbarkeit von Schnellmethoden in diesem komplexen Szenario zu bewerten, wurde eine Studie an einer repräsentativen Auswahl von Getränken auf dem italienischen Markt durchgeführt.

Beschreibung des Probenpanels:

Es wurden Proben aus verschiedenen Produktkategorien ausgewählt:

- Proben A und B:** Koffeinhaltige Kaffegetränke.
- Proben C, D, H:** Kohlensäurehaltige alkoholische Getränke auf Weinbasis (einschließlich Spritz-Cocktails).
- Proben E und I:** Zitruslimonaden (Orange und Mandarine).
- Probe F:** Klassische handwerklich hergestellte Cola.
- Probe G:** Alkoholfreier, kohlensäurehaltiger Aperitif.

Analytische Methodik

Die Analysen wurden mit dem **CDR DrinkLab-System** durchgeführt. Die verwendeten Methoden basieren auf vorkalibrierten enzymatischen Reagenzien, die nur geringe Probenvolumina benötigen. Die Probenvorbereitung beschränkte sich auf einfaches Entgasen, wodurch sich der Arbeitsablauf auch für industrielle Qualitätskontrollumgebungen eignet.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die Analyse zeigte die Fähigkeit des Systems, komplexe Matrices in kürzerer Zeit und mit minimalem Vorbereitungsaufwand zu charakterisieren.

Die wichtigsten Ergebnisse der experimentellen Daten werden im Folgenden dargestellt:

| Probenart | Koffein (mg/L) | Alkoholgehalt (% vol) | Gesamt-säuregehalt (g/L Zitronensäure) | Zitronensäure (g/L) | Zucker (g/L) | pH | Phosphorsäure (mg/L) |
|---|----------------|-----------------------|--|---------------------|--------------|------|----------------------|
| A – Koffeinhaltiges Getränk | 249 | < 0,002 | - | - | - | - | - |
| B – Koffeinhaltiges Getränk | 118 | < 0,002 | - | - | - | - | - |
| C – Kohlensäurehaltiges alkoholisches Getränk | < 10 | 8.3 | - | - | - | - | - |
| D – Kohlensäurehaltiges alkoholisches Getränk | < 10 | 8.4 | - | - | - | - | - |
| E – Orangelimonade | < 10 | < 0,002 | 4.6 | 3.3 | 118 | 3,49 | < 10 |
| F – Cola | 65 | < 0,002 | - | - | 105 | - | 886 |
| G – Alkoholfreier Aperitif | < 10 | 9,5 | - | - | - | - | - |
| H – Erdbeer-Cocktail-Spritz | < 10 | 7.2 | - | - | - | - | - |
| I – Mandarinenlimonade | < 10 | < 0,002 | 6.9 | 6.3 | 146 | 3,58 | < 10 |

Koffeinquantifizierung: Die Koffeinbestimmung hat sich unabhängig von der Färbung oder Komplexität der Matrix als zuverlässig erwiesen.

- In **Probe A** (Kaffegetränk) wurde eine Konzentration von **249 mg/L** nachgewiesen, was die Fähigkeit der Methode bestätigt, hohe Dosierungen, wie sie typisch für Energy-Drinks und Spezialrezepturen sind, genau zu quantifizieren.
- In **Probe F** (Cola) wurde ein Wert von **65 mg/L** gemessen, was den Standardzusammensetzungen dieser Kategorie entspricht.

Alkoholempfindlichkeit und -stabilität:

Angesichts der zunehmenden Verbreitung *alkoholärmer* und *alkoholfreier* Getränke war die analytische Empfindlichkeit von entscheidender Bedeutung. Die Methode ermöglichte die

Quantifizierung von Alkohol bis zu **0,002 Vol.-%** in etwa 10 Minuten.

- Die alkoholfreien Proben (A, B, E, F, I) wiesen Werte von < 0,002 Vol.-% auf, was das Fehlen einer laufenden Gärung bestätigte.
- Die weinbasierten Proben (C, D, G, H) zeigten Werte zwischen 7,2 % und 9,5 % vol, was die Vielseitigkeit des Systems über verschiedene Konzentrationsbereiche hinweg bestätigt.

Säureprofil und pH-Wert: Die Studie hob eine deutliche Differenzierung in den acidimetrischen Profilen hervor und korrelierte die chemische Zusammensetzung mit der Stabilität des Produkts.

- **Cola (Probe F):** Ausschließliches Vorhandensein von **Phosphorsäure (886 mg/ L)** wurde nachgewiesen, was mit seiner typischen Verwendung als primäres Säuerungsmittel in dieser Getränkekategorie übereinstimmt.
- **Zitruslimonaden (Proben E, I):** Sie wiesen einen Säuregehalt auf, der von Zitronensäure dominiert wurde (**3,3 g/L** bzw. **6,3 g/L**), und einen niedrigen pH-Wert (Bereich **3,49–3,58**), was mit den Anforderungen an mikrobiologische Stabilität und sensorische Frische übereinstimmt.

5. Vergleichsanalyse: Offizielle Methoden vs. CDR DrinkLab

Obwohl chromatographische Verfahren (HPLC, GC) als regulatorischer *Goldstandard gelten*, ist ihre Anwendung in der routinemäßigen Qualitätskontrolle mit erheblichen betrieblichen Einschränkungen hinsichtlich Kosten und Zeit verbunden. Ein direkter Vergleich zwischen den Referenzmethoden und dem CDR DrinkLab-System verdeutlicht, wie der fotometrische Ansatz den Anforderungen einer häufigen Vor-Ort-Überwachung besser gerecht wird.

Zur **Bestimmung von Koffein** benötigt die offizielle HPLC-Methode teure Geräte, hochspezialisiertes Personal und lange chromatographische Laufzeiten; die fotometrische Methode hingegen ermöglicht eine schnelle Quantifizierung ohne den Einsatz toxischer Lösungsmittel und macht die Analyse somit auch für nicht spezialisierte Anwender zugänglich. Ähnliches gilt für die **Bestimmung von Alkoholgehalt** und **Zuckergehalt**, wobei die klassischen Methoden (Destillation, Gaschromatographie, HPLC-RI) aufwendige Verfahren erfordern, liefert das getestete System vergleichbare Ergebnisse in etwa 10 Minuten, wobei

die Probenvorbereitung auf einfaches Entgasen beschränkt ist.

Nachfolgend finden Sie eine Übersichtstabelle, die die betrieblichen Vorteile des CDR DrinkLab-Systems mit herkömmlichen Analysemethoden vergleicht:

| | Referenzmethode (offiziell) | Kritische Punkte Offizielle Methode | CDR DrinkLab - Ansatz | CDR-Betriebsvorteile |
|------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------|--|
| Koffein | HPLC (Flüssigkeitschromatographie) | Hohe Gerätekosten, spezialisiertes Personal, lange Laufzeiten. | Fotometrisch | Schnelle Analyse, keine aufwendige Kalibrierung, Online-Nutzung. |
| Alkoholgehalt (% vol) | Destillation/Gas-chromatographie (GC) | Komplexes Verfahren, lange Wartezeiten für einzelne Analysen. | Fotometrisch, enzymatisch | Ergebnis in 10 Minuten, Empfindlichkeit bis zu 0,002 Vol.-%, ideal für Getränke mit niedrigem Alkoholgehalt. |
| Zucker | HPLC mit RI-Detektor | Hohe Kosten, häufiger Wartungsaufwand, lange Kolonnenausgleichszeiten. | Fotometrisch, enzymatisch | Schnelle Quantifizierung von Glucose, Fructose und Saccharose zur Fermentationskontrolle. |
| Work-flow | Klassische Probenvorbereitung | Komplexe Filtrationen, Lösungsmittel-extraktionen, große Volumina erforderlich. | Mikro-Methode | Einfache Entgasung, Mikroprobenvolumina, vorgefüllte Reagenzien. |

6. Schlussfolgerungen

Die in dieser Studie erzielten Analyseergebnisse bestätigen die Bedeutung eines umfassenden und flexiblen Qualitätskontrollansatzes in der modernen Erfrischungsgetränke- und Ready-to-Drink-Industrie. Die große Vielfalt an Rezepturen, von koffeinhaltigen Getränken über kohlensäurehaltige Erfrischungsgetränke auf Zitrusbasis bis hin zu alkoholarmen oder alkoholfreien Produkten, erfordert schnelle, sensitive und zuverlässige Analysemethoden.

CDR DrinkLab hat sich als geeignet für die Bestimmung wichtiger Parameter wie Koffein, Alkoholgehalt, Säureprofil (**Zitronensäure**, **Phosphorsäure**), Zucker und **pH-Wert**, bei

minimaler Probenvorbereitung und kurzen Analysezeiten.

Dieser Ansatz unterstützt die routinemäßige Überwachung, die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und die Bewertung der Produktstabilität und ermöglicht es den Herstellern, eine gleichbleibende Qualität zu gewährleisten und effektiv auf die sich ändernden Bedürfnisse des Marktes für alkoholfreie Getränke zu reagieren.

Literurnachweise:

Emmins, D. (2025). The History of Soft Drinks. Everything Everywhere. Verfügbar unter:
<https://everything-everywhere.com/the-history-of-soft-drinks/>

UNESDA. (2024). Soft drink consumption per capita EU 2010-2023. Statista. Verfügbar unter:
<https://www.statista.com/statistics/620186/soft-drink-consumption-in-the-european-union-per-capita/>

Food Research Lab. (2025). Difference in FDA and EU Caffeine regulations in energy drinks. Food Research Lab. Verfügbar unter:
<https://www.foodresearchlab.com/insights/regulation-updates/fda-and-eu-regulations-on-caffeine-recommendations-in-energy-drinks/>

Naegle, E. (2011). Determination of Caffeine in Coffee Products According to DIN 20481. Agilent Technologies. Verfügbar unter:
<https://www.agilent.com/cs/library/applications/5991-2851EN.pdf>

Food Compliance International. (2025). Low and no alcohol beer in the EU: status and legal challenges. Food Compliance International. Verfügbar unter:
<https://foodcomplianceinternational.com/industry-insight/scholarly-articles/3255-low-and-no-alcohol-beer-in-the-eu-status-and-legal-challenges>