

Der Einfluss des Transports auf die chemischen und organoleptischen Eigenschaften von Kaffee: ein Vergleich der Sorten Bourbon, Pacamara und Maracaturra.

Dr. Sara Banfi, Forscherin im CDR Chemical Lab „Francesco Bonicolini“

P2611

Abstrakt

Diese Studie, eine Zusammenarbeit zwischen ANACAFE, CDR und der Accademia del Caffè Espresso, untersucht den Einfluss der Nachernteprozesse auf die chemische und sensorische Stabilität von Kaffee. Durch die Analyse von drei Sorten – Bourbon, Pacamara und Maracaturra – die unterschiedlichen Verarbeitungsmethoden unterzogen wurden (Natural, Washed und mechanische Entschleimung), verfolgt die Forschung die Entwicklung der Bohne von ihrem Ursprung in Guatemala bis zu ihrer Ankunft in Italien.

Mithilfe des Systems CDR CoffeeLab® konnten Veränderungen bei Zuckern, organischen Säuren und Koffein quantifiziert werden, wobei die analytischen Daten mit den Bewertungen der Cupping-Tasting-Panels (SCA) verglichen wurden. Der Artikel zeigt, dass Rohkaffee selbst unter optimalen Transportbedingungen und bei kurzen Verarbeitungszeiten erhebliche Veränderungen in seiner chemischen Struktur erfahren kann. Die Ergebnisse heben die entscheidende Rolle des Zucker-Säure-Verhältnisses als prädiktiven Indikator für die endgültige Qualität hervor und unterstreichen die Notwendigkeit einer kontinuierlichen analytischen Überwachung entlang der gesamten Lieferkette, um die Konsistenz des für den Verbraucher bestimmten organoleptischen Profils sicherzustellen.

Einleitung

Die Kaffeeproduktion ist ein langer und komplexer Prozess, der mit der Ernte der Früchte beginnt, über die Aufbereitung führt und mit dem Rösten endet, wobei auch Transport und Vertrieb eine wichtige Rolle spielen. Die Steuerung dieser beiden Phasen ist entscheidend, um die hohe Qualität des Endprodukts zu gewährleisten, das den Verbraucher erreicht. Kaffee wird in mehr als 75 Ländern entlang des Äquators produziert: Südamerika (Brasilien, Kolumbien), Zentralamerika (Guatemala, Costa Rica), Afrika (Äthiopien, Kenia, Tansania) sowie Südostasien (Vietnam, Indonesien). Die lange Reise des Kaffees beginnt auf den Plantagen, die manchmal Höhen von über 2500 Metern erreichen und wo die besten Kaffeekirschen geerntet werden. Sobald die Säcke gefüllt sind, werden sie zu den Aufbereitungsanlagen transportiert, wo der Kaffee aufbereitet und anschließend versendet wird. Kaffeebohnen werden vor dem Röstprozess als Rohkaffee transportiert. Aufgrund ihrer Neigung, Feuchtigkeit aufzunehmen, werden sie in Säcken, die eine Luftzirkulation ermöglichen (Jute) gelagert.

Versiegelte Säcke könnten Kondensation fördern und dadurch Produktschäden verursachen. Der Transport erfolgt über große Entfernungen, in der Regel per Schiff, bis zu Lagerhäusern, wo der Kaffee über längere Zeiträume gelagert werden kann, bevor er geröstet und konsumiert wird. Während dieser Zeit kann der Kaffee zahlreiche Veränderungen durchlaufen, die seine Qualität beeinflussen.

Umweltbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Exposition sind entscheidende Faktoren, die die chemische und physikalische Zusammensetzung der Bohnen beeinflussen. Grüner Kaffee ist ein lebendes Produkt, dessen chemische Eigenschaften sich auch nach der Ernte weiter verändern.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Bohnen, die Innentemperatur der Säcke und Temperaturschwankungen während Transport und Lagerung können diese Prozesse beschleunigen oder verlangsamen und zur Entwicklung unerwünschter Fermentationen oder zum Verlust von Frische führen.

Dieses Problem ist in der Branche bekannt, wurde jedoch bislang kaum aus wissenschaftlich-chemischer Perspektive eingehend untersucht.

Ziel dieser Studie ist es daher, die chemischen Eigenschaften von drei Kaffeesorten zu analysieren und sie vor und nach einer kurzen Lagerperiode zu vergleichen. Um Veränderungen durch Transportbedingungen zu vermeiden, wurden die Proben vakuumverpackt und per Luftfracht versendet.

Ein besseres Verständnis der chemischen Dynamiken während der Lagerung von grünem Kaffee könnte zur Entwicklung effektiverer Lösungen beitragen und somit eine höhere Qualität des Endprodukts gewährleisten. Dies hätte wichtige Auswirkungen auf die gesamte Lieferkette, sowohl in wirtschaftlicher, qualitativer als auch in ökologischer Hinsicht.

Die **National Coffee Association (ANACAFE)** analysierte gemeinsam mit CDR srl und der **Accademia del Caffè Espresso** eine Produktion der Kaffeesorten *Bourbon, Pacamara* und *Maracaturra* sowohl chemisch als auch sensorisch, um deren Eigenschaften genauer zu untersuchen.

Die Studie

Für diese Untersuchung wurden drei Kaffeesorten ausgewählt: *Bourbon, Pacamara, Maracaturra*.

Jede Sorte wurde gemäß einem von ANACAFE definierten Standardprotokoll mit drei verschiedenen Methoden verarbeitet: mechanisch entschleimt, gewaschen (washed), natürlich (natural).

Anschließend wurden die Bohnen getrocknet, bis ein Feuchtigkeitsgehalt zwischen 9 % und 12 % erreicht war. Alle Analysen wurden mit **CDR CoffeeLab®** durchgeführt, einem Analysegerät zur Bestimmung des chemischen Profils von Kaffee in verschiedenen Produktionsphasen. Das System bietet die Analysen von Gesamtsäure, verschiedenen organischen Säuren, Zucker, Koffein, Chlorogensäuren.

Anschließend wurde der Kaffee im Catación-Labor von ANACAFE ausgewählt und verkostet.

Die gleichen Proben wurden an die Accademia del Caffè Espresso in Italien geschickt: etwa 1 kg jeder Kaffeesorte wurde in versiegelten Kunststoffbeuteln versandt. Der Kaffee wurde erneut geröstet, nach dem **SCA-Cupping-Protokoll** verkostet und erneut mit CDR CoffeeLab® analysiert.

Es ist zu berücksichtigen, dass der für diese Studie nach Italien gesendete Kaffee deutlich weniger Transportstress ausgesetzt war als Kaffee, der üblicherweise per Schiff transportiert wird.

Rohkaffee

Die erste Phase der Studie bestand in der Auswahl von drei verschiedenen Kaffeesorten, die anschließend mit drei unterschiedlichen Methoden fermentiert und analysiert wurden.

Die erste Methode ist die *Natural- oder Dry-Methode*, eine der ältesten und traditionellsten Verfahren. Die Kirschen werden mit Schale, Fruchtfleisch, Pergamenthaut und Samen auf erhöhten Trockenbetten, den sogenannten „African beds“, in der Sonne getrocknet. Die Kirschen beginnen mit einer Anfangsfeuchtigkeit von 60–65 %, die nach etwa 25–30 Tagen durch kontinuierliche Belüftung und Bewegung auf etwa 12 % reduziert wird. Dieser Prozess muss konstant überwacht werden, um eine übermäßige Fermentation des Fruchtfleisches und die Umwandlung von Zuckern in Säuren zu vermeiden.

Die zweite Methode ist die *Washed-Methode*, eine der am häufigsten verwendeten Verfahren bei *Specialty Coffee*. Nach dem Entfernen der äußeren Fruchtschicht werden die Kirschen, die noch mit Mucilage bedeckt sind, in Wassertanks gegeben. Dort findet eine Fermentation von 12 bis 72 Stunden statt, bei der perfekt reife Kirschen von unreifen oder defekten Früchten getrennt werden.

Die dritte Methode ist die *mechanische Entschleimung* (Demucilaging). Anstatt Wasser zur Entfernung der Mucilage zu verwenden, wird ein mechanischer Entschleimer eingesetzt. Dabei wird das Fruchtfleisch durch Reibung und feine Wasserstrahlen unter Druck entfernt.

Der Rohkaffee wurde vor dem Versand nach Italien im Anacafé-Labor mit CDR CoffeeLab® analysiert.

Die folgende Tabelle zeigt die Analyseergebnisse:

		Zitronensäure (g/Kg)	Äpfelsäure (g/Kg)	Milchsäure (g/Kg)	Essigsäure (g/Kg)	TTA (g/Kg von Zitronensäure*)	Zucker (g/Kg)
Maracaturra	Natural	7.7	3.8	0.19	0.55	7.7	100.9
	Washed	10.2	6.0	< 0.15	0.62	6.7	89.5
	Nicht fermentiert	8.6	4.8	< 0.15	0.55	6.2	92.6
Bourbon	Natural	7.0	4.4	0.29	0.72	8.3	111.4
	Washed	10.0	3.2	< 0.15	0.60	6.9	83.3
	Nicht fermentiert	8.8	3.2	< 0.15	0.69	6.9	84.9
Pacamara	Natural	10.4	3.7	0.17	0.75	7.9	97.8
	Washed	7.7	5.4	< 0.15	0.62	10.6	79.9
	Nicht fermentiert	9.5	6.1	0.24	0.69	6.4	86.7

*TTA: Gesamttitrierbare Säure, ausgedrückt als g/kg Zitronensäure

Tabelle 1: Chemisches Profil von drei Kaffeesorten (Maracaturra, Bourbon, Pacamara) vor dem Versand

Während der Analyse war es möglich, natürlich oder gewaschen aufbereitete Proben mit einer als **nicht fermentiert** bezeichneten Probe zu vergleichen, die durch mechanische Entfernung der Mucilage gewonnen wurde. Letztere stellt Kaffee dar, der durch keinen Fermentationsprozess verändert wurde, und kann daher als Ausgangspunkt vor der Fermentation betrachtet werden.

Bei der Betrachtung der aus der Analyse der beiden nicht fermentierten Kaffees erhaltenen Werte lässt sich feststellen, dass *Bourbon* ursprünglich eine höhere Säure als *Pacamara*- und *Maracaturra*-Kaffees aufwies, zugleich zeigt sich jedoch auch, dass die Verarbeitungsmethoden die gemessene Säure in den verschiedenen Kaffees stark beeinflussen.

Insbesondere scheint die Natural-Aufbereitung die größte Zunahme der Säure zu bewirken, obwohl im Fall von Pacamara beim Washed-Verfahren die höchste gemessene Säure festgestellt wurde.

Die in Italien durchgeführte Analyse ergab jedoch deutlich abweichende Ergebnisse, wie in **Tabelle 2** dargestellt:

		Zitronensäure (g/Kg)	Äpfelsäure (g/Kg)	Milchsäure (g/Kg)	Essigsäure (g/Kg)	TTA (g/Kg von Zitronensäure*)	Zucker (g/Kg)	Chlorogensäuren (%)	Koffein (%)
Maracaturra	N	7.7	5.4	0.22	0.60	6.6	90.3	4	1.4
	W	11	5.5	< 0.15	0.58	5.5	101.1	5.5	1.4
	Nicht F	9.4	5.3	< 0.15	0.56	5.4	100.6	5.4	1.4
Bourbon	N	7.6	4.6	0.19	0.62	7.6	87.8	4.6	1.4
	W	10.9	4.2	< 0.15	0.65	5.8	84	4.4	1.3
	Nicht F	8.8	4.5	< 0.15	0.53	5.2	82.1	4.2	1.3
Pacamara	N	8.6	5.5	0.18	0.71	6.8	96.5	4.3	1.4
	W	10.3	5.5	< 0.15	0.63	5.6	96.9	4.5	1.4
	Nicht F	8.7	4.9	0.24	0.70	5.1	92.6	4.4	1.4

*TTA: Gesamttitrierbare Säure, ausgedrückt als g/kg Zitronensäure

Tabelle 2: Chemisches Profil von drei Kaffeesorten (Maracaturra, Bourbon, Pacamara) vor dem Versand

Der Essigsäure- und Milchsäuregehalt blieb konstant, im Gegensatz zum Äpfel- und Zitronensäuregehalt, zum Zuckergehalt sowie zur Gesamtsäure, die in vielen Proben Schwankungen aufwies. Diese Werte verdeutlichen ein in der Branche bereits bekanntes Problem: Rohkaffee ist ein äußerst variables Produkt, das empfindlich auf Lagerbedingungen reagiert und selbst unter optimalen Bedingungen Schwankungen unterliegen kann.

Zucker und Säure als Qualitätsindikatoren

Zu den Eigenschaften, die eine Tasse Kaffee einzigartig machen, gehört zweifellos die Säure, die – wenn sie ausgewogen ist – ein wichtiger Qualitätsindikator darstellt. Ebenso wichtig ist die Bestimmung der Zuckerkonzentration; der Anfangswert steht in direktem Zusammenhang mit der Kaffeequalität.

Der nächste Schritt in der Verarbeitung von Rohkaffee ist die Röstung, bei der die Bohnen je nach spezifischem Röstprofil unterschiedlichen Temperaturgradienten über verschiedene Zeiträume ausgesetzt werden.

Die Maillard-Reaktion ist der wichtigste Reaktionsweg für die Aromabildung während des Röstprozesses, und Zucker gehören zusammen mit Aminosäuren zu den wichtigsten Reaktionsvorstufen.

Ein höherer Zuckergehalt (vor allem Saccharose, Glucose und Fructose) erhöht nach der Röstung die Konzentrationen von Pyrazinen, Furanen, Ketonen und stickstoffhaltigen heterozyklischen Verbindungen. Diese Verbindungen tragen zu floralen, fruchtigen und karamellisiert-gerösteten Aromaprofilen bei.

Durch die Analyse der verschiedenen Prozessschritte ist es daher sinnvoll, sowohl das Säureprofil als auch das Zuckerprofil im Rohkaffee zu charakterisieren, um zuverlässige Indikatoren für die Kaffeequalität zu erhalten.

Während das Cupping das sensorische und aromatische Potenzial eines Kaffees sichtbar macht, bestätigt die Messung chemischer Parameter dessen Stabilität und biologische Integrität. Die Integration dieser beiden Disziplinen ermöglicht den Übergang von einer subjektiven Bewertung zu einem umfassenden System der Qualitätskontrolle.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Cupping-Verkostung zusammen mit der im Rohkaffee gemessenen.

	Fermentation	Cupping score Anacafe	Zucker *Säuremessung vor dem Transport	Cupping score Accademia del caffè	Zucker *Säuremessung nach dem Transport
Maracaturra	Natural	86.6	1810	78.7	1427
	Washed	86.5	1597	83.2	1769
	Non fermented	87.4	2143	83.6	1720
Bourbon	Natural	82.5	1599	79.6	1190
	Washed	85.4	1454	82.4	1428
	Non fermented	85.5	1528	82.8	1281
Pacamara	Natural	87.1	1828	80.6	1467
	Washed	78.8	1410	83.0	1512
	Non fermented	85.5	1426	81.8	1296

Tabelle 3: Ergebnisse der Cupping-Verkostung mit Multiplikationsfaktor aus Zuckergehalt im Rohkaffee und Säure im gerösteten Kaffee

Die für jede Rohkaffeeprobe gemessenen **Zuckerwerte** wurden mit dem Säurewert der entsprechenden gerösteten Probe multipliziert, um beide Variablen zu berücksichtigen. Die so erhaltenen Werte wurden anschließend mit den Ergebnissen der Cupping-Verkostung verglichen.

Die Kaffees, die in beiden Cupping-Sessions die besten Bewertungen erzielten, wiesen auch das höchste Verhältnis von Säure zu Zucker auf. Dies bestätigt, dass diese Parameter einen starken Einfluss auf die endgültige Kaffeequalität haben.

Diese Ergebnisse erklären auch die deutlichen Unterschiede in den Bewertungen zwischen den beiden Cupping-Sessions und zeigen, dass sich der Kaffee in der Zeit zwischen der ersten Verkostung in Guatemala und der zweiten in Italien erheblich verändert hat.

Die Röstung

Das chemische Profil entwickelt sich während der Röstphase weiter, wie in der folgenden Tabelle dargestellt. Die Daten zeigen die Analysen der Proben nach dem Transport und vergleichen die Veränderungen, die das Produkt nach dem thermischen Prozess durchlaufen hat.

		Zitronensäure (g/Kg)	Äpfelsäure (g/Kg)	Milchsäure (g/Kg)	Essigsäure (g/Kg)	TTA (g/Kg von Zitronensäure*)	Zucker (g/Kg)	Chlorogensäuren (%)	Koffein (%)
Maracaturra	N	6.1	3.6	0.6	6.8	15.8	< 1	0.7	1.4
	W	8.5	3.4	0.5	6.5	17.5	< 1	1.5	1.4
	Nicht F	5.2	4.1	0.7	6.4	17.1	2.9	1.8	1.4
Bourbon	N	5.7	3.3	0.5	6.0	13.6	1.4	1.2	1.2
	W	4.6	3.3	0.5	6.4	17.0	< 1	2.2	1.3
	Nicht F	7.1	3.4	0.5	6.4	15.6	< 1	2.2	1.3
Pacamara	N	6.2	3.1	0.6	6.7	15.2	1.5	1.3	1.4
	W	6.4	3.5	0.5	6.7	15.6	1.8	0.9	1.4
	Nicht F	7.1	3.1	0.6	6.3	14.0	< 1	0.7	1.4

Während der Kaffeeröstung steigt die Gesamtsäure deutlich an und beeinflusst den endgültigen Geschmack des Getränks erheblich. Zu den wichtigsten Säuren gehören die **Chlorogensäuren**, die in Rohkaffee sehr reichlich vorhanden sind und sich unter Hitzeeinwirkung zersetzen. Dabei entstehen phenolische Verbindungen, die insbesondere bei dunklen Röstungen für bittere und adstringierende Noten verantwortlich sind.

Die **Zitronensäure**, verantwortlich für eine helle, zitrusartige Säure, zeigt eine höhere Stabilität während der Röstung, nimmt jedoch mit zunehmender Röstzeit und Temperatur allmählich ab.

Die **Äpfelsäure**, die eine sehr angenehme Säureempfindung vermittelt (mit Noten von grünem Apfel), scheint gegenüber dem Röstprozess weniger empfindlich zu sein und zersetzt sich langsamer.

Während der Röstung entstehen außerdem Säuren wie **Milchsäure** (in sehr geringen Mengen) und Essigsäure.

Essigsäure entsteht sowohl während der Fermentation als auch während der Röstung und kann dem Kaffee eine angenehme Frische und aromatische Komplexität verleihen. Zu hohe Konzentrationen führen jedoch zu einem stechenden Geschmack und einem fermentierten Geruch, wodurch ein sensorischer Defekt entsteht. Eine sorgfältige Überwachung während der Verarbeitung kann das Auftreten solcher Defekte im Endprodukt verhindern.

Die in den Rohkaffeeproben gemessenen Essigsäurewerte sind sehr niedrig und belegen eine korrekte Handhabung des Produkts während der Verarbeitung. Die im gerösteten Kaffee gemessenen Werte sind ebenfalls ähnlich, und keine Probe zeigte erhöhte Essigsäurekonzentrationen.

Während der Röstphase muss der Röster die Entwicklung der Essigsäure überwachen und entsprechend der optimalen Röstkurve für den jeweiligen Kaffee ausbalancieren, um die positiven aromatischen Noten zu maximieren. Dieses Ergebnis wurde auch durch das Cupping bestätigt, bei dem keine Defekte im Zusammenhang mit einem Überschuss dieser Säure festgestellt wurden.

Die Bestimmung der Zucker zeigte sehr niedrige Werte, die den Erwartungen entsprechen. Während der Röstung werden Zucker im Rahmen der Maillard-Reaktion abgebaut, wodurch sich die typischen Röstaromen entwickeln.

Interessant ist außerdem, dass der **Koffeingehalt** sowohl während der Röstung als auch während der Fermentation unverändert blieb. Die gemessenen Konzentrationen waren bei allen drei Sorten sehr ähnlich, wobei sie beim *Bourbon* geringfügig niedriger ausfielen.

Schlussfolgerungen

Die durchgeführte Studie hat gezeigt, dass sich die Qualität von Rohkaffee während der Lager- und Transportphasen erheblich verändern kann, selbst unter kontrollierten Bedingungen wie den für diese Studie gewählten. Chemische Analysen, die vor und nach dem Transport durchgeführt wurden, zeigten deutliche Veränderungen im Gehalt an Zuckern, organischen Säuren und der Gesamtsäure, alles Parameter, die eng mit der Qualität des Endprodukts verbunden sind.

Insbesondere Zuckergehalt und Säure tragen wesentlich zum sensorischen Ergebnis der Cupping-Verkostung bei und bestätigen damit ihre Bedeutung für die Gesamtbewertung des Produkts. Die Unterschiede zwischen den zunächst durchgeführten Cuppings und den nach dem Transport vorgenommenen Verkostungen zeigen, dass

Kaffee, der beim Endverbraucher ankommt, chemische und sensorische Eigenschaften aufweisen kann, die sich deutlich von denen frisch verarbeiteter Produkte unterscheiden.

Diese erste Studie verdeutlicht die entscheidende Bedeutung der Überwachung und Optimierung jeder Phase der Kaffee-Lieferkette, von der Nacherntebehandlung über Transport bis hin zur Röstung, um die Produktqualität zu erhalten und eine konstante sensorische Qualität zu gewährleisten.

Ein wissenschaftlicherer und messbarer Ansatz für diese Prozessschritte könnte eine bedeutende Chance für die gesamte Kaffeeindustrie darstellen, sowohl aus qualitativer, wirtschaftlicher als auch ökologischer Perspektive.

Nützliche Links:

- [National Coffee Association \(ANACAFE\)](#)
- [Accademia del caffè espresso](#)
- [CDR CoffeeLab®](#)
- [Bestimmung der Zucker](#)
- [Bestimmung von Zitronensäure](#)
- [Bestimmung von Äpfelsäure](#)
- [Bestimmung von Milchsäure](#)
- [Bestimmung von Essigsäure](#)