

Optimierung der Trocknung von Arabica-Kaffees in Hinblick auf die Aromaqualität des Kaffeegetränks

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle I:	Technische Universität Braunschweig, Institut für Pflanzenbiologie Prof. Dr. D. Selmar
Forschungsstelle II:	Technische Universität Hamburg-Harburg Institut für Thermische Verfahrenstechnik AG Wärme- und Stofftransport Prof. Dr. R. Eggers
Forschungsstelle III:	Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. M. Czerny
Industriegruppe:	Deutscher Kaffee-Verband e.V., Hamburg
	Projektkoordinator: H. Preibisch, Deutscher Kaffee-Verband e.V., Hamburg
Laufzeit:	2006 – 2008
Zuwendungssumme:	€ 491.000,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Kaffeeirschen werden nach der Ernte entweder trocken oder nass aufbereitet. Die resultierenden Rohkaffees unterscheiden sich deutlich in ihrer Qualität. Im Rahmen mehrerer bereits erfolgreich abgeschlossener AiF/FEI-Forschungsvorhaben über die Ursachen dieser unterschiedlichen Qualitätsausprägungen konnte gezeigt werden, dass in den Kaffeesamen während der Aufbereitung Stoffwechselprozesse ablaufen, deren Art und Umfang die Qualitätsausprägung des Rohkaffees bestimmen. Neben Keimungsprozessen findet in den Kaffeesamen ein Stressmetabolismus statt, dessen Ausprägung von der Geschwindigkeit der Trocknung abhängt. In diesem Zusammenhang wurde auch deutlich, dass vor allem die Trocknung des nassen Pergamentkaffees einen maßgeblichen Einfluss auf die stoffliche Zusammensetzung des Rohkaffees und auf die Qualität hat. So werden – abhängig vom Trocknungsregime – unterschiedliche Mengen an γ -Aminobuttersäure (GABA) gebildet. Ursachen hierfür sind stressinduzierte Stoffwechselprozesse, die während der Trocknung in den Kaffeesamen ablaufen und mittelbar die Qualität beeinflussen. Die Kenntnis dieser biochemischen Prozesse sollte es ermög-

lichen, durch einfache, gezielte Modifizierungen der Prozessführung bei der Trocknung nass aufbereiteter Pergamentkaffees deutliche Änderungen der Kaffequalität zu erzielen.

In den meisten Kaffeeproduktionsländern ist bekannt, dass eine eher schonende Trocknung nass aufbereiteter Rohkaffees zu optimalen Ergebnissen führt. Allerdings werden die Randbedingungen der Trocknung - vor allem in Mittel- und Südamerika – bislang meist ausschließlich durch betriebliche Sachzwänge bestimmt. Eine gezielte Prozessführung in Hinblick auf Qualitätsoptimierung wurde wissenschaftlich noch nicht untersucht, d.h. wissenschaftliche Kausalanalysen zur Qualitätsausprägung während der Trocknung sind bisher nicht existent.

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es zu untersuchen, in welchem Maß sich die Qualität gewaschener Arabica-Kaffees durch Änderungen der Trocknungsbedingungen beeinflussen lässt. Es sollte geklärt werden, inwieweit eine gezielte Beeinflussung der Trocknungsprozesse von Pergament-Kaffee ein geeignetes Mittel darstellt, um Qualitätsstandards von Röstkaffee bereits am Anfang der Produktionskette zu verbessern.

Ein weitergehendes Ziel bestand im Aufzeigen technisch realisierbarer Ergänzungen und Alternativen in der Trocknung, die sich in einer nachhaltigen Steigerung der Rohkaffeequalität niederschlagen.

Forschungsergebnis:

Um die entsprechenden wissenschaftlichen Fragen verlässlich beantworten zu können, war es erforderlich, sowohl Modelltrocknungen in den Laboratorien der Forschungsstellen (FS) 1 und 2 als auch Mustertrocknungen unter möglichst definierten Randbedingungen im Anbaugebiet auf einer Kaffeeplantage durchzuführen. Während dieser Trocknungen wurden zum einen die für die biochemischen Analysen (FS 1) notwendigen Proben erstellt und zum anderen wurde die Qualität der Endprodukte bestimmt (FS 3).

Die Trocknung nass aufbereiteter Rohkaffees wurde an der FS 2 eingehend untersucht. Es wurden Untersuchungen im industriellen Maßstab und in speziell angefertigten Labortrocknern durchgeführt. Es ist dabei gelungen, die industriellen Trocknungskurven im Labormaßstab nachzubilden, so dass definiertes Probenmaterial für biochemische Untersuchungen und Aroma-beurteilungen bereitgestellt werden konnte. Für ein besseres Verständnis der während der Trocknung ablaufenden Prozesse wurden zusätzliche Untersuchungen an Einzelbohnen durchgeführt. Es konnte dabei gezeigt werden, dass es sich bei der Trocknung von Rohkaffees um einen diffusiv bestimmten Prozess handelt. Das Volumen und die Dichte des Kaffees und deren Änderung über den Verlauf der Trocknung wurden untersucht. Es konnte dabei eine direkte Abhängigkeit von der Kaffeebohnenfeuchte festgestellt werden. Das Sorptionsverhalten wurde analysiert und über eine Guggenheimer-Anderson-Boer(GAB)-Isotherm beschrieben. Dabei wurden die Parameter in temperaturabhängiger Form bestimmt, so dass das Sorptionsverhalten für beliebige Temperaturen angegeben werden kann. Die Transportkoeffizienten: Wärmeübergangs-, effektiver Wärmeleitungs- und effektiver Diffusionskoeffizient wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens eingehend untersucht. Eine Modellierung des gekoppelten Wärme- und Stofftransportes rundete die Untersuchungen der FS 2 ab und führte die Messergebnisse zusammen. Die Trocknungsgeschwindigkeit ist maßgeblich von der Trocknungstemperatur abhängig. Um den Durchsatz des Batch-Prozesses zu erhöhen und damit die Effizienz des Prozes-

ses besonders in der Haupterntezeit zu erhöhen, sollte die Temperatur, unter Berücksichtigung der Sensitivität von Kaffee gegenüber der Temperatur, erhöht werden. Eine Erhöhung der Gasgeschwindigkeit hat nur dann einen Einfluss auf den Prozess, solange sich das eingesetzte Gas innerhalb des Trockners aufsättigt. Eine Reduktion der relativen Feuchte der Trocknungsluft hat im niederen Luftfeuchtenbereich einen geringen Einfluss auf die Trocknungsgeschwindigkeit. Die relative Luftfeuchtigkeit bestimmt die Gleichgewichtsfeuchte. Da für den Röstprozess eine Kaffee-feuchte von 11 % gefordert ist, hat die Gleichgewichtsfeuchte keinen Einfluss auf den industriellen Trocknungsprozess. Daher ist der Einsatz von Einbauten zur Reduktion der eingehenden relativen Luftfeuchtigkeit nicht notwendig. Für die Optimierung des Prozesses ist aus verfahrenstechnischer Sicht eine Prozessführung mit einer anfangs erhöhten Temperatur und gegen Ende der Trocknung erniedrigten Temperatur zu empfehlen.

An der FS 1 wurde der physiologisch-biochemische Status der Kaffeesamen während der unterschiedlichen Trocknungen untersucht. Zur Bestimmung des Keimungsstatus wurde die Expression der Isocitratlyase (ICL) als Marker herangezogen, wohingegen der Nachweis des einsetzenden Trockenstresses über die Expression der Dehydrine und die Akkumulation des generellen pflanzlichen Stressmetaboliten γ -Aminobuttersäure (GABA) erfolgte. Zusätzlich wurden noch die Gehalte der Kohlenhydrate Glucose und Fructose als Indikatoren für den allgemeinen Stoffwechselstatus ermittelt.

Es konnte gezeigt werden, dass während der Trocknung nass aufbereiteter Kaffeebohnen rege Stoffwechselprozesse stattfinden, deren Intensität sowie zeitlicher Verlauf deutlich durch die Prozessführung beeinflusst werden:

Während des ersten Trocknungsabschnitts beginnen die Kaffeesamen zu keimen, wie anhand der Expression der Isocitratlyase und der parallel dazu stattfindenden Akkumulation von GABA gezeigt werden konnte. Der zweite Trocknungsabschnitt ist durch eine erste Phase sehr starker Dehydrin-Genexpression geprägt, die wiederum mit einer Erhöhung der GABA-Gehalte einhergeht. Bei diesen Stoffwechselphänomenen dürfte es sich um die direkte physiologische Antwort der keimenden Kaffeesamen auf den einsetzenden Trockenstress handeln. Im dritten Trocknungsabschnitt kommt es zu einer zweiten Phase vermehrter Dehydrin-Genexpression, die aller-

dings nicht ganz so hoch ausfällt wie die erste, dafür aber länger auf einem erhöhten Niveau verbleibt. Auch diese Phase korreliert mit einer erhöhten GABA-Akkumulation. Die zwei Maxima dieser Trockenstress-Symptome sind wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass deren Induktionen im Endosperm und im Embryo zeitversetzt nacheinander ablaufen. Die Veränderungen der Gehalte der Kohlenhydrate Fructose und Glucose belegen ebenfalls, dass während der Trocknung rege Stoffwechselaktivitäten in den Kaffeesamen stattfinden, die je nach Prozessführung unterschiedlich ausgeprägt sind.

Neben den eben dargestellten Keimungs- und Trockenstressinduzierten GABA-Akkumulationen konnte eine weitere Phase der Bildung dieses Stressmetaboliten nachgewiesen werden. Direkt im Anschluss an die Fermentation der entpulpten Kaffee-Bohnen treten transient sehr hohe GABA-Konzentrationen auf, die entweder auf die auftretende Anoxie oder auf mechanische Verletzungen bzw. Quetschungen beim Entpulpen zurückzuführen sind.

Die dargestellten Forschungsergebnisse zeigen zum einen die hohe Komplexität der Stoffwechselforgänge, die in den Kaffeesamen im Zuge der Nachernteprozesse ablaufen und belegen zum anderen eindrucksvoll, wie deren Ausprägung durch die Prozessführung beeinflusst und moduliert werden kann.

An FS 3 wurden die gerösteten Kaffeeproben sensorisch beurteilt und auf molekularer Basis im Hinblick auf mögliche Unterschiede in der Aromastoffzusammensetzung untersucht. Dabei wurde zum einen deutlich, dass die verschiedenen Trocknungsmethoden keine signifikante sensorische Unterscheidbarkeit der Röstkaffees zur Folge hatten. Die quantitative Analyse von neun Schlüsselaromastoffen zeigte weiterhin, dass die Gehalte in Kaffeepulver und -getränk nur geringe Unterschiede aufwiesen und keine Regelmäßigkeit erkennbar war. Eine eindeutige Aussage zur Beeinflussung der Aromastoffzusammensetzung von Röstkaffee durch die Trocknung von Rohkaffee ließ sich somit nicht treffen.

Wirtschaftliche Bedeutung:

In Deutschland stehen zahlreiche mittelständische und kleinere Betriebe mit Großröstereien im

Wettbewerb. Aufgrund einer Fokussierung auf viele Spezial- und Nischenprodukte können sich die kleineren Betriebe gut auf dem Kaffeemarkt behaupten. Allerdings sind diese auf große Verbraucherakzeptanz und hohe Produktqualität ausgerichteten Betriebe auf hohe Qualitätsstandards angewiesen. Das Angebot qualitativ hochwertiger Rohkaffees wird stetig kleiner, weil sich die Produktionsverfahren für Rohkaffee aufgrund des hohen Preisdrucks auf dem Weltmarkt deutlich verändert haben und nun auch traditionelle Länder streng kostenorientiert produzieren. Aus derartigen, meist weniger sorgfältigen Produktionsverfahren resultieren Rohkaffees mit geringeren Qualitäten; eine falsche Trocknung ist eine der wichtigsten Ursachen hierfür. Die Folge ist ein stetiger Preisanstieg für die gehobenen Standards, bei gleichzeitig stabil bleibenden oder sinkenden Preisen für die Rohkaffees mittlerer Qualitäten. Zwar benötigen auch die Großröstereien für die Zusammenstellung ihrer bewährten Blends stets auch Anteile qualitativ hochwertiger Kaffeechargen, doch aufgrund der besonders hohen Qualitätsanforderungen für Spezial- und Nischenprodukte sind kleinere Betriebe in besonderem Maße von dieser nachteiligen Entwicklung betroffen. Eine Einführung der in diesem Forschungsprojekt angestrebten Modifizierungen wird zu deutlichen Qualitätssteigerungen führen und kommt aufgrund ihres spezifischen Bedarfs an diesen hochwertigen Rohkaffees vor allem mittelständischen Unternehmen zugute.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2009.
2. Kramer, D., Breitenstein, B., Kleinwächter, M. und Selmar, D.: Stress Metabolism in Green Coffee Beans (*Coffea Arabica L.*): Expression of Dehydrins and Accumulation of GABA during Drying. *Cell & Planta Physiol.* 51, 546-553 (2010).
3. Kleinwächter, M. und Selmar, D.: Influence of drying on the content of sugars in wet processed green Arabica coffees. *Food Chem.* 119, 500-504 (2010).
4. Burmester, K. und Eggers, R.: Heat and mass transfer during the coffee drying process. *J. Food Eng.* 99, 430-436 (2010).
5. Madinger, C. und Schieberle, P: Einfluss der Trocknungstechnologie auf Veränderungen in wichtigen Aromastoffen von Röstkaffee. *Jahresbericht 2009 Deutsche Forschungsanstalt f. Lebensmittelchemie*, 40-43, ISBN 3-9807686-8-6 (2009).

6. Madinger, C. und Schieberle, P: Einfluss der Trocknungstechnologie auf wichtige Aromastoffe in Kaffee. Jahresbericht 2008 Deutsche Forschungsanstalt f. Lebensmittelchemie, 52-54, ISBN 3-9807686-9-4 (2008).

Weiteres Informationsmaterial:

Technische Universität Braunschweig
Institut für Pflanzenbiologie
Mendelssohnstraße 4, 38092 Braunschweig
Tel.: 0531/391-5881, Fax: 0531/391-8180
E-Mail: d.selmar@tu-bs.de

Technische Universität Hamburg-Harburg
Institut für Thermische Verfahrenstechnik
AG Wärme- und Stofftransport
Eißendorfer Straße 38, 21073 Hamburg
Tel.: 040/428 78-3191, Fax: 040/428 78-2859
E-Mail: r.eggers@tu-harburg.de

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA)
Lichtenbergstr. 4, 85748 Garching
Tel.: 089/289-13265, Fax: 089/289-14183
E-Mail: peter.schieberle@ch.tum.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn
Tel.: 0228/372031, Fax: 0228/376150
E-Mail: fei@fei-bonn.de

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

gefördert durch/via:

