

Qualitätsverbesserte Kakao- und Kakao-basierte Produkte mit Aroma- profilen nach Bedarf - Vom Anbauer zur Schokoladentafel (CocoaChain)

Quality improved raw cocoa and cocoa-based products with flavour
profiles on demand - From farm to chocolate bar (CocoaChain)

(CORNET)

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn				
Deutsche Forschungsstellen:	<ul style="list-style-type: none"> • Universität Hamburg Hamburg School of Food Science Institut für Lebensmittelchemie AK Prof. Dr. Bernward Bisping Prof. Dr. Bernward Bisping/Prof. Dr. Sascha Rohn • Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Fakultät Life Sciences, Department Ökotrophologie Professur für Lebensmittel-Mikrobiologie und -Toxikologie Prof. Dr. Katharina Riehn • Julius-Kühn-Institut (JKI) Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Berlin Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz AG Spektroskopie von Pflanzeninhaltsstoffen Prof. Dr. Frank Ordon/Dr. Andrea Krämer 				
Beteiligte Forschungsstellen:	<ul style="list-style-type: none"> • Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima/Peru Dr. Fabiola Leon Velarde/Dr. Rosario Rojas • Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima/Peru Dr. Carmen Velezmoro Sánchez/Ing. Wilfredo Lévano Carnero 				
Beteiligte Förderagenturen:	<ul style="list-style-type: none"> • AiF - German Federation of Industrial Research Associations, Germany • FONDECYT - Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica, Peru 				
Beteiligte Organisation:	<ul style="list-style-type: none"> • La Asociacion Peruana de Productores de Cacao (APPCACAO), Lima/Peru 				
Deutsche Industriegruppen:	<ul style="list-style-type: none"> • Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e. V. (BDSI), Bonn • Stiftung der Deutschen Kakao- und Schokoladenwirtschaft, Bonn 				
	<table> <tr> <td>Projektkoordinator:</td> <td>Dr. Daniel Kadow</td> </tr> <tr> <td>(deutsches Teilprojekt)</td> <td>August Storck KG, Berlin</td> </tr> </table>	Projektkoordinator:	Dr. Daniel Kadow	(deutsches Teilprojekt)	August Storck KG, Berlin
Projektkoordinator:	Dr. Daniel Kadow				
(deutsches Teilprojekt)	August Storck KG, Berlin				
Laufzeit:	2016 – 2020				
Projektvolumen:	€ 1.087.480,-- (Gesamtprojekt)				
Zuwendungssumme:	€ 718.750,-- (deutsches Teilprojekt) (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)				

Ausgangssituation:

Rohkakao ist der Schlüsselrohstoff für die Schokoladenerzeugung. In Deutschland liegt er bei rund 11 kg, europaweit bei 5,9 kg. Heutzutage wird der Kakao-*Theobroma cacao* L.) in tropischen Regionen weltweit angebaut. Ursprünglich jedoch stammt er aus Südamerika (u. a. Peru), deshalb ist die genetische Vielfalt hier auch am größten.

Insbesondere für hochwertige dunkle Schokoladen sind Rohkakaos mit hoher sensorischer Qualität unverzichtbar. Die sensorische Qualität von Rohkakao hängt wesentlich vom genetischen Hintergrund der Kakaobäume und von der Fermentation und der Trocknung ab, d. h. der Nacherntebehandlung. Während letzterer werden in den Kakaosamen die Vorstufen für das Schokoladenaroma gebildet und Bitterstoffe abgebaut. Bei Fehlfermentationen können Fehlgerüche entstehen und Mykotoxinkontaminationen auftreten. Trotzdem ist der weltweite Standard nach wie vor ein spontaner Fermentationsprozess, der keine echte Prozesskontrolle zulässt. Der spontane Fermentationsprozess ist einer der Gründe, weshalb sich Rohkakao durch eine hohe, unbefriedigende, qualitative Heterogenität auszeichnet und auch immer wieder Beanstandungen bezüglich der sensorischen Qualität zu verzeichnen sind. Hinzu kommt, dass in den letzten Jahren, bedingt durch den steigenden Konsum, die erzeugten Rohkakaomengen den Industriebedarf mehrfach nicht decken konnten. So traten Defizite von bis zu 300.000 Tonnen (2006/2007) auf. Aufgrund dieser Umstände haben Schokoladenhersteller zunehmend Schwierigkeiten mit der Beschaffung von Rohkakao mit hoher, gleichbleibender sensorischer Qualität. Gleichzeitig gewinnen Rohkakaos mit spezifischen sensorischen Eigenschaften und definierter Herkunft immer stärker an Bedeutung – insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU).

Kakaoaroma ist multidimensional. Neben der typischen Kakaonote, treten Bitter- und Säurenoten, blumige, fruchtige und nussige Noten auf. Charakteristisch ist darüber hinaus die typische Adstringenz. Das Potential, bestimmte Noten auszubilden, hängt wesentlich vom genetischen Hintergrund der Bäume ab. In Abhängigkeit vom Klima kann die Aromaintensität jedoch schwanken. Während der Fermentation und Trocknung werden die Bitterkeit und

werden jährlich circa 1,3 Mrd. Tonnen Schokolade hergestellt, d. h. 40 % der Europäischen Gesamtproduktion. Der Pro-Kopf-Verbrauch in

Adstringenz vermindert. Die Kakaonote hingegen wird immer intensiver und kann schließlich blumige, fruchtige und nussige Noten überlagern. Mittels angepasster Nacherntebehandlungsverfahren können unterschiedliche Aspekte des sensorischen Potentials betont und bei identischem Ausgangsmaterial Rohkakaos mit völlig unterschiedlichen sensorischen Profilen erzeugt werden.

Der Fermentationsverlauf und damit wiederum auch die Entwicklung des sensorischen Profils hängen stark von den physiologischen Eigenschaften der Kakaosamen ab. Neben samenendogenen Substanzen können offenbar auch Stoffe aus der Fruchtpulpa entscheidend zum sensorischen Profil von Kakaosamen beitragen. Die entsprechenden Substanzen entstehen während der Fruchtreife in der Fruchtpulpa, können aber auch während der Fermentation durch spezifische Hefen gebildet werden. Die mögliche Mykotoxinbelastung von Rohkakao, insbesondere mit Ochratoxin A, resultiert offenbar vorwiegend aus Fehlentwicklungen während der Fermentation und Trocknung, die eine Etablierung der Schadpilze ermöglichen. Der Einfluss und insbesondere das Zusammenwirken dieser Faktoren bei der Entwicklung spezifischer biochemischer und sensorischer Profile sind allerdings nicht abschließend untersucht.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, im Rahmen einer Modellbe- und -verarbeitungskette, in der alle Verarbeitungsschritte von der Kakaopflanzung bis zum finalen Schokoladenprodukt erfasst sind, exemplarisch den Einfluss und das Zusammenwirken von Anbaubedingungen, Kakaogenotyp, Kakaosamenphysiologie, Fruchtpulpa, Fermentation mit ausgewählten Starterkulturen und Trocknung bei der Entwicklung spezifischer biochemischer Zusammensetzungen und sensorischer Eigenschaften in Rohkakao und Schokolade zu untersuchen.

Forschungsergebnis:

Zur genetischen Charakterisierung von ursprünglichen Kakaobäumen wurden in den peruanischen Regionen Cusco, Huánuco und San Martín Probenmaterial gesammelt. Es konnte

gezeigt werden, dass der Pflanzabstand zwischen Kakaobäumen einen signifikanten Effekt auf den Befall der Früchte mit Insekten hat. Die Früchte dichter gepflanzter Kakaobäume waren häufiger mit Insekten befallen. Es zeigte sich außerdem, dass die Früchte der ursprünglichen Kakaosorten signifikant weniger befallen waren als die Früchte des Kakaoklons CCN-51. Die Koffeingehalte der ursprünglichen Kakaosorten aus Cusco waren signifikant höher als die der anderen untersuchten Kakaovarietäten. Die genetische Datenauswertung zeigt, dass sich die Kakaoproben aus San Martin und Huánuco signifikant von den Proben aus Cusco unterscheiden. Einige Kakaoeigenschaften, wie der Katechin-, Cyanidinarabinosid- und der Koffeingehalt, sowie das Theobromin/Koffein-Verhältnis sind signifikant von der Herkunftsregion abhängig.

Des Weiteren wurde eine Charakterisierung von aus Kakaofermentationen verschiedener Länder isolierten Hefen hinsichtlich des Wachstumsverhaltens und gebildeter Metaboliten durchgeführt, um eine Auswahl von für Kakaofermentationen geeigneten Hefestämmen zu treffen. Eine Analyse der Sekundärmetaboliten wurde mittels Gaschromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie (GC-MS) durchgeführt, um Hefestarterkulturen für Kakaoaroma nach Bedarf zu finden. Da die in Peru isolierten Mikroorganismen wegen bürokratischer Hindernisse (Nagoya-Protokoll) erst Anfang Oktober 2019 nach Deutschland importiert werden konnten, wurden die Ziele nur teilweise erreicht und es konnte keine finale Starterkultur zur Beeinflussung des später ausgebildeten Kakaoaromas kreiert werden.

In den peruanischen Regionen Cusco (Ivohote und Quillabamba), San Martin (Tarapoto) und Piura (Piura) wurden spontane Kakaofermentationen charakterisiert und aus diesen Fermentationen wurden Hefen, Milch- und Essigsäurebakterien isoliert. In Quillabamba wurde der regionale Edelkakao "Chuncho" für die Fermentation verwendet, in Tarapoto der Konsumkakaoklon CCN-51 und in Piura eine Mischung aus weißen und violetten Kakaoklonen (70 %/30 %). Zur Beurteilung des Einflusses von Starterkulturen wurde eine Kakaofermentation mit einem kommerziell erhältlichen Hefestamm für die Weinherstellung beimpft und mit einer spontanen Fermentation verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass der Einsatz einer Starterkultur dazu führt, dass sich diese Starterkultur bei der Fermentation durchsetzt. Die isolierten Mikroorganismen wurden bis zur Identifizie-

rung (nach dem 05.10.2019) bei 4 °C in Lima an der Universidad Agraria La Molina (UNALM) gelagert. Die Hefen wurden mittels FTIR (Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie) charakterisiert. Die isolierten Milch- und Essigsäurebakterien wurden mittels MALDI-ToF/MS ab Anfang 2020 nach ihrer Wiederanzucht identifiziert. Wegen der langen Lagerung der Bakterienstämme in Lima und wegen der Schließung der Labore der Universität Hamburg in Folge der COVID-19-Pandemie konnten nur noch ca. 10 % von den ursprünglichen Bakterienisolaten als Lebkultur wiederangezogen werden.

Im Zeitraum von März 2017 bis Juni 2017 wurde ein internationaler Workshop zum Thema Kakaoverarbeitung und sensorische Bewertung von Kakao und Kakaoprodukten durchgeführt. Von Januar 2019 bis Dezember 2019 wurden Kakaomassen in flüssiger und fester Form von einem geschulten Kakao-Sensorikpanel verkostet und miteinander verglichen. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass sensorische Tests von festen Kakaomassen bei entsprechendem Training der Panelteilnehmer/-innen vergleichbare Ergebnisse liefern wie bei den herkömmlichen Prüfungen mit flüssigen Kakaomassen.

Bei einem umfangreichen Schnitttest an peruanischen Bohnen wurden die Bohnenhälften nach den Kategorien schiefbrig, schiefbrig-violett, violett, violett-braun und braun bewertet. Parallel dazu wurden Fotos und UV/VIS-hyperspektrale Bilddaten aufgenommen. Eine neuartige Darstellung der Schnitttests in einem ternären Diagramm erlaubt es, Fermentationsverläufe darzustellen und den Fermentationsindex abzulesen.

Drei verschiedene Röstprotokolle (niedrige, mittlere, starke Röstung) für Kakaonibs sind anhand von Literaturdaten und in Verbindung mit einem Versuchsdesign erarbeitet worden. Es wurde an der Etablierung einer gesamtanalytischen Plattform gearbeitet, welche die chemisch-analytische ebenso wie die sensorische Charakterisierung biochemischer und physikochemischer Qualitätsparameter während der Kakaoverarbeitung und Schokoladenproduktion vereint.

Eine Strategie zum Erstellen von Feldprobenentnahmeplänen für Kakao und Probenentteilung im Labor wurde entwickelt, die es erlaubt, sowohl biologische Variabilität als auch zufällige Unsicherheit entlang des Analysenprozesses

grob zu quantifizieren und so die Validität der Ergebnisse sicherzustellen.

Nach langen Verhandlungen und großem bürokratischen Aufwand (Anfang 2017 bis September 2019) ist es schließlich gelungen, die Ausfuhrgenehmigung für die isolierten Stämme der Hefen und Bakterien und für die Blätter von Kakaobäumen zu erlangen, so dass dieses genetische Material Anfang Oktober 2019 ausgeführt werden konnte.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Die Unternehmen der deutschen Süßwarenindustrie erwirtschaften einen Jahresumsatz von etwa 12,5 Mrd. €. Mit einem Exportvolumen von 3,3 Mrd. € war Deutschland 2011 der weltweit größte Schokoladenexporteur. Die Süßwarenindustrie ist in Deutschland von kleinen und mittleren Unternehmen geprägt und der Markt für hochwertige dunkle Schokoladen, die vor allem durch KMU produziert werden, stark entwickelt.

Wichtigste Grundlage für hochwertige Schokoladen ist Rohkakao von hoher, gleichbleibender sensorischer Qualität. Basierend auf den Ergebnissen soll die Erstellung eines Verarbeitungsprotokolls („Handbuch“) für Kakao erfolgen, das die reproduzierbare Erzeugung eines spezifischen sensorischen Profils ermöglicht („Flavour on Demand“). Die Erzeugung von Rohkakao mit einer verarbeitungsspezifischen sensorischen Qualität sichert die Versorgung mit Rohstoffen für bereits bestehende Produkte und schafft darüber hinaus neue Möglichkeiten der Produktinnovation. NIRS-, MIRS- und Chromatographie-basierte Schnellmethoden könnten zur Prüfung dieser spezifischen Qualität nach den unterschiedlichen Verarbeitungsschritten herangezogen werden und als neue Unterstützungsoptionen für die Qualitätssicherung dienen. Eine Minimierungsstrategie für Mykotoxine, insbesondere für Ochratoxin A, basierend auf der Stabilisierung des Fermentationsverlaufes durch Starterkultureinsatz, wird eine Erhöhung der Produktsicherheit ermöglichen. Schließlich erlauben auf dem Modellverarbeitungsprotokoll beruhende Empfehlungen bezüglich des Anbaus und der Verarbeitung den deutschen Produzenten eine Verbesserung des Zugriffs in die Erzeugerländer und können zu einer Stabilisierung der Wertschöpfungskette beitragen.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2020.
2. Beleites, C., Glitschka, M., Böttcher, C. & Krähmer, A.: NIR spectroscopy for cacao bean quality measurements. OCM 2019: Proc. 4th Intern. Conf. Opt. Charact. Mat. Karlsruhe, March 13-14, 13-22, (2019).

Weiteres Informationsmaterial:

Universität Hamburg
Hamburg School of Food Science
Institut für Lebensmittelchemie
AK Prof. Dr. Bernward Bisping
Ohnhorststraße 18, 22609 Hamburg
Tel.: +49 40 42816-642
Fax: +49 40 42816-643
E-Mail: bernward.bisping@uni-hamburg.de

Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences,
Department Ökotoxikologie
Professur für Lebensmittel-Mikrobiologie
und -Toxikologie
Ulmenliet 20, 21033 Hamburg
Tel.: +49 40 42875-6368
Fax: +49 40 42875-6499
E-Mail: Katharina.riehn@haw-hamburg.de

Julius-Kühn-Institut (JKI)
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik
und Vorratsschutz
Königin-Luise-Straße 19, 14195 Berlin
Tel.: +49 30 8304-2210
Fax: +49 30 8304-2503
E-Mail: andrea.kraehmer@jki.bund.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 3079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

EU-Büro des FEI
47-51, Rue du Luxembourg, B-1050 Brüssel
Tel.: +49 172 2643357
Fax: +32 2 2820841
E-Mail: gfpj-fei@bdp-online.de

Das vorliegende CORNET-Projekt („Collective Research Network“) ist ein transnationales Gemeinschaftsforschungsvorhaben, an dem unter Koordination des FEI 2 Länder beteiligt sind. Die hinter CORNET stehende Idee ist, nationale Fördermittel und Forschungsinstitutionen in einem transnationalen Projekt zu bündeln und damit Synergieeffekte über Ländergrenzen hinweg zu schaffen. Das deutsche CORNET-Teilprojekt wird im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

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

gefördert durch/via



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.