

Kontinuierliche Entcoffeinierung von Flüssigkaffee-Extrakt zur Löscaffee-Herstellung

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle:	Technische Universität Hamburg-Harburg Arbeitsbereich Verfahrenstechnik II Prof. Dr. R. Eggers
Industriegruppe:	Bundesverband der Hersteller von löslichem Kaffee e.V., Hamburg
	Projektkoordinator: H. Stavenhagen Institut für Genussmittelforschung, Bargteheide
Laufzeit:	1999 – 2002
Zuwendungssumme:	€ 150.790,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Kaffee gehört zu den beliebtesten Genussmitteln in Deutschland. Im Jahre 2001 wurden 549.530 t grüner Kaffeebohnen zu Röst- und Löscaffee verarbeitet. Der Löscaffeeanteil betrug dabei in Deutschland rund 7 %, wovon rund 8 % als entcoffeinierter Löscaffee verkauft wurden. Dies entspricht einer Löscaffeemenge von rund 1.000 t bzw. einer Ausgangsmaterialmenge von 26.000 t grüner Bohnen. Traditionelle Entcoffeinierungsverfahren beruhen auf dem Prinzip der Feststoffextraktion im Batchbetrieb, bei der das Coffein aus der ungerösteten grünen Bohne extrahiert wird. Als Lösemittel kommen hierfür sowohl organische Lösemittel als auch überkritisches Kohlendioxid zum Einsatz. Nachteilig auf die Produktionskosten wirken sich die langen Extraktionszeiten aufgrund der langsamen Diffusion des Coffeins in der Kaffeebohne aus. Hinzu kommen die relativ aufwendigen Chargenwechsel. Bei der Herstellung von entcoffeiniertem Löscaffee bietet sich der Einsatz eines kontinuierlichen Verfahrens zur Entcoffeinierung an, da während der Löscaffeeherstellung der Kaffee als hochkonzentrierter flüssiger Kaffee-Extrakt vorliegt. Dieses bietet die Möglichkeit, aus dieser Flüssigkeit Coffein kontinuierlich in kompakten Apparaten zu extrahieren.

Ziel des Forschungsvorhabens war es daher, die Grundlagen für einen derartigen Extraktionsprozess mit überkritischem Kohlendioxid als Lösemittel zu untersuchen. Hierzu gehörten die

Messungen von Phasengleichgewichten und Stoffdaten des Kaffee-Extraktes im Kontakt mit überkritischem Kohlendioxid. Überkritisches Kohlendioxid bietet sich als Lösemittel an, da die Phasenseparation leicht durchzuführen ist, seine Anwendung physiologisch unbedenklich ist und schnelle Stofftransporte ermöglicht. Weiterhin sollten drei Verfahrensvarianten (Gegenstromextraktion, Gegenstromsprühextraktion und Gleichstromsprühextraktion) auf ihre Einsetzbarkeit im Extraktionsprozess untersucht und die relevanten Extraktionsparameter bestimmt werden. Des Weiteren sollten Lösungsvorschläge für eine Umsetzung des Verfahrens in die industrielle Produktion erarbeitet werden.

Forschungsergebnis:

Im Rahmen der Untersuchungen der Stoffwerte lag der Schwerpunkt auf dem Phasengleichgewichtsverhalten von Kaffee-Extrakt und Kohlendioxid. Hierbei zeigte sich, dass sich im Vergleich zu den bisher bekannten Gleichgewichtsdaten des Stoffsystems Wasser-Coffein-Kohlendioxid deutlich weniger Coffein im Kohlendioxid löst. Gründe hierfür sind in den chemischen Wechselwirkungen zwischen dem Coffein und der übrigen Trockensubstanz zu sehen. Als weitere Stoffdaten wurde der Einfluss des Druckes und des Kohlendioxids auf die Dichte, die Viskosität und die Grenzflächenspannung untersucht. Aussagen über die Benetzbarkeit der Packungsoberflächen lieferte die Messung der Kontakt-

winkel. Hierbei zeigte sich, dass das Benetzungsverhalten des Kaffee-Extraktes aufgrund der Trockensubstanz deutlich besser ist als ein reines wässriges Stoffsystem. Auf Grundlage dieser Daten war es möglich, Aussagen über den optimalen Betriebspunkt für die nachfolgenden Trennversuche zu gewinnen.

Im zweiten Projektabschnitt wurden die Trennleistungen von drei Extraktionsvarianten untersucht. In einer Hochdruckextraktionskolonne im Technikumsmaßstab wurden die Trennleistungen von zwei Packungen verglichen. Zum Einsatz kam eine ungeordnete Drahtwendelpackung und eine strukturierte Blechpackung vom Typ Mellapak 500.X der Firma Sulzer. Es zeigte sich, dass sich die Trennung mit beiden Packungen gut durchführen lässt, wobei die Trennleistung der Drahtwendelpackung etwas besser war. Probleme bereitete der Sedimentgehalt im Kaffee-Extrakt. Dieser neigt dazu, auf den Packungsoberflächen einen festen Belag zu bilden. Aus diesem Grund wurde die Gegenstromversprühung als Alternative untersucht. Hierbei wird der Kaffee-Extrakt am Kolonnenkopf feinst zerstäubt. Der Stofftransport erfolgt während des Falls der Kaffee-Extraktropfen im Gegenstrom zum Kohlendioxid. Es zeigte sich, dass die Trennleistungen der Gegenstromextraktion in der Größenordnung der Packungsversuche lagen.

Als dritte Verfahrensalternative wurde das Prinzip der Gleichstromversprühung untersucht. Hierbei erfolgt das Zerstäuben des Kaffee-Extraktes in der Zweistoffdüse durch das Kohlendioxid. Durch die Gleichstromextraktion kann bei diesem Trennverfahren maximal eine Trennstufe erreicht werden. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der relativ einfachen Durchführung. Ebenso ist bei diesem Verfahren der zur Extraktion notwendige Behälter am kleinsten. Nachteilig wirkt sich der hohe Kohlendioxidbedarf auf die Produktionskosten aus.

Um die Ergebnisse aus den Trennversuchen besser bewerten zu können und um Aussagen für ein Scale up machen zu können, wurden zusätzliche Untersuchungen vorgenommen. Hierzu zählt insbesondere das Strömungsverhalten während der Versprühung. Schwerpunkte der Untersuchungen lagen hierbei im Bereich der Bestimmung der Tropfengrößen, des Koaleszenzverhaltens, der spezifischen Oberflächen und den Tropfenfallgeschwindigkeiten. Auch das Verweilzeitverhalten der Gegenstromprozesse wurde untersucht.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die Gegenstromversprühung aufgrund der sicheren Betriebsführung bei vergleichsweise niedrigen Betriebskosten als Verfahrensalternative anbietet. Durch dieses Verfahren kann der Nachteil der Gegenstromextraktion mit Packungen (hoher Reinigungsaufwand bedingt durch Belagbildung) umgangen werden. Verglichen mit der Gegenstromversprühung sind die Betriebskosten der Gleichstromversprühung zu groß, um eine Umsetzung in den Produktionsmaßstab zu ermöglichen.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Durch die beschriebenen Verfahrensansätze ist es möglich, eine Senkung der Betriebs- und Investitionskosten im Vergleich zu der bisher üblichen batchweisen Entkoffeinierung der grünen Bohnen zu erzielen. Die Senkung der Investitionskosten ergibt sich hierbei durch die Verwendung von kleineren Extraktionsbehältern im Vergleich zur Feststoffextraktion. Die Betriebskosten werden bei der herkömmlichen Feststoffextraktion durch die Personalkosten, die durch den Chargenwechsel hervorgerufen werden, bestimmt. Bei der kontinuierlichen Gegenstromextraktion bestimmen die Kosten für die Pumpleistungen die Betriebskosten. Diese sind vom Vergleich zu der Feststoffextraktion geringer, so dass sich neben Investitions- und Personalkosten weitere Einsparmöglichkeiten bei der Umsetzung des Verfahrens ergeben.

Die Umsetzung der Forschungsergebnisse in einen Produktionsprozess in der Industrie lässt sich mit einer bestehenden Perkolationsapparatur und vorhandener Trenntechnik erreichen. Es ist als Erweiterung die Installation einer Hochdruckgegenstromkolonne mit Abscheidung erforderlich. Die vorgestellten Erweiterungen liegen im Rahmen der von kleinen und mittleren Unternehmen aufbringbaren Investitionskosten und ermöglichen ein größeres Einsparpotenzial.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2002.
2. Marckmann, H. und Eggers, R.: Gegenstromversprühung von Kaffee-Extrakt. Tagungsband zu SPRAY 2001, ISBN 3-930400-46-4 (2001).
3. Marckmann, H. und Eggers, R.: Gegenstromversprühung von Kaffee-Extrakt. <http://www.tu-harburg.de/vt2/spray2001/> (2002).

4. Marckmann, H. und Eggers, R.: Continuous Decaffeination of Liquid Coffee-Extract.
<http://www.chisa.cz/2002/> (2002).

Weiteres Informationsmaterial:

Technische Universität Hamburg-Harburg
Arbeitsbereich Verfahrenstechnik II
Eißendorfer Str. 38, 21073 Hamburg
Tel.: 040/42878-3191, Fax: 040/42878-2859
E-Mail: r.eggens@tu-harburg.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