

Lebensmittelaufbereitungs- und -extraktionsverfahren mittels Ultrakurzpulslasern am Beispiel von Laserkaffee

Dr. Christoph Rehbock

Universität Duisburg-Essen
Technische Chemie I

Christoph Rehbock¹, Tina Friedenauer¹, Torsten C. Schmidt², Stephan Barcikowski¹

¹Technische Chemie I und Center for Nanointegration Duisburg-Essen (CENIDE), Universität Duisburg-Essen, Essen

²Instrumentelle Analytische Chemie, Universität Duisburg-Essen, Essen

In der Lebensmittelindustrie besteht ein starkes Interesse an innovativen, potenziell disruptiven Produktions- und Verarbeitungsmethoden, die eingesetzt werden können, um Produkte mit möglicherweise neuartigen Geschmacksprofilen auf den Markt zu bringen und damit der ausgeprägten Verbrauchernachfrage nach innovativen und individualisierten Geschmackserlebnissen gerecht zu werden. Ein Beispiel ist Kaffee, der durch Kaltextraktion (Cold Brew) hergestellt wird, ein Trendgetränk, das neben dem etablierten heiß aufgebrihten Kaffee große Beliebtheit bei vielen Kunden weltweit genießt.

In dieser Arbeit stellen wir die Laserextraktion in Flüssigkeiten (Laser extraction in liquids=LEL) als innovative Strategie für die Lebensmittelverarbeitung vor, wobei die Zubereitung von Kaffee als Modellsystem dient. LEL beinhaltet die Bestrahlung von Mikropartikel-Dispersionen mit Ultrakurzpuls-Lasern unter Bedingungen niedriger Fluenz $< 50 \text{ mJ/cm}^2$, wobei die globale Temperatur der Extrakte unverändert bleibt.

In ersten Batch-Experimenten zeigen wir, dass die LEL-Kaffeeverarbeitung die Freisetzung von Koffein und Chlorogensäure ähnlich wie bei Cold Brew-Kaffee ermöglicht, jedoch bereits innerhalb von 3 Minuten und nicht erst nach mehreren Stunden [1]. Kürzlich haben wir die LEL-Kaffeextraktion auf einen kontinuierlich betriebenen Flachstrahl-Durchflussreaktor übertragen, bei dem Bestrahlungsparameter wie die Laserfluenz und die Anzahl der Pulse pro Volumen (PPV) präzise eingestellt werden können. In der Flüssigphase der Extrakte konnten wir eine deutliche Verringerung der Säure und der Pufferkapazität in laserverarbeitetem Kaffee im Vergleich zu heißen und kalten Referenzen feststellen. Darüber hinaus zeigte die Zusammensetzung flüchtiger organischer Verbindungen in der Gasphase, quantifiziert mittels GC-MS, signifikante Verschiebungen mit einer Anreicherung von 2,3-Diethylpyrazin, Linalool und Nonal, was auf einzigartige Aromamuster hindeutet [2]. Mechanistisch führen wir die Unterschiede im LEL-Kaffee gegenüber heißen Referenzen auf grundlegend verschiedene Wärme- und Diffusionsprofile zurück, die die Freisetzungskinetik beeinflussen.

Zusammenfassend demonstrieren wir, dass LEL eine innovative Methode ist, die Kaffee mit grundlegend unterschiedlichen Geschmacksprofilen erzeugen kann. Die Technik wurde im vollständig kontinuierlichen Betrieb mit prognostizierten Durchsätzen von $> 15 \text{ kg/h}$ bei einem Energieverbrauch von nur 20–30 % der traditionellen Heißbrühverfahren gezeigt. Darüber ist eine Übertragung auf andere Materialien, z. B. die Solubilisierung von Nutraceuticals, geplant.

Literatur:

- [1] Ziefuss, A. R.; Hupfeld, T.; Meckelmann, S. W.; Meyer, M.; Schmitz, O. J.; Kaziur-Cegla, W.; Tintrop, L. K.; Schmidt, T. C.; Gökce, B.; Barcikowski, S. Ultrafast cold-brewing of coffee by picosecond-pulsed laser extraction. *npj Sci. Food* 2022, 6 (1), 9. DOI: 10.1038/s41538-022-00134-6.
- [2] T. Friedenauer, S. Kordhishte, W. L. M. Narz, T. Bessel, L. K. Tintrop, M. Vosough, A. Salemi, C. Thom, S. W. Meckelmann, M. Spellauge, A. Sommerlyns, C. Rehbock, T. C. Schmidt, O. J. Schmitz, H. P. Huber, S. Barcikowski, *Adv. Photon. Res.* 2025, 14. DOI: 10.1002/adpr.202500115