

Kombination konventioneller Trocknungsverfahren zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Verbesserung der Qualität von getrocknetem Obst und Gemüse

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle I:	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik Prof. Dr. Heike P. Karbstein/Dr. Volker Gaukel
Forschungsstelle II:	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Angewandte Biowissenschaften Abt. Lebensmittelchemie und Phytochemie Prof. Dr. Mirko Bunzel
Industriegruppe:	VDMA - Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen e. V., Frankfurt
	Projektkoordinator: Evelin Biffar Döhler Dahlenburg GmbH, Dahlenburg
Laufzeit:	2015 - 2018
Zuwendungssumme:	€ 361.210,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Obst und Gemüse werden von den Verbrauchern nicht nur wegen den ansprechenden organoleptischen Eigenschaften, sondern auch wegen des Gehalts an bioaktiven Inhaltsstoffen geschätzt. Eine Herausforderung für die Lebensmittelindustrie ist es dabei, diese Agrarprodukte in haltbare und qualitativ hochwertige Produkte zu überführen. Ein weit verbreitetes Verarbeitungsverfahren hierzu ist die Lebensmitteltrocknung. Getrocknete Produkte haben eine sehr lange Haltbarkeit und sind aufgrund ihres geringen Gewichtes insbesondere bei langen Transportwegen vorteilhaft. Die gewünschten Eigenschaften (Knusprigkeit, Farbe, Form) der getrockneten Produkte hängen jedoch stark von der jeweiligen Anwendung ab.

In der Lebensmittelindustrie werden verschiedene Verfahren zur Trocknung von Obst und Gemüse eingesetzt, die jeweils spezifische Vor- und Nachteile haben. Die Gefriertrocknung (GT) ist aufgrund der nie-

drigen Temperaturen das schonendste Trocknungsverfahren und erzielt bezüglich der sensorischen und ernährungsphysiologischen Qualität in der Regel die besten Ergebnisse. Allerdings können durch die feinen Produktstrukturen auch unerwünschte Farbveränderungen und/oder fragile Strukturen entstehen. Weitere Nachteile sind lange Prozesszeiten und hohe Energiekosten. Die konventionelle Heißlufttrocknung (HT) ist die am häufigsten angewandte Trocknungsmethode. Sie zeichnet sich durch einen kostengünstigen Betrieb sowie durch die einfache Handhabung aus. Aufgrund der relativ hohen Temperaturen hat dieses Verfahren jedoch sehr häufig negative Auswirkungen auf Geschmack, Farbe und Inhaltsstoffretention. Außerdem kommt es zu starken Strukturveränderungen, z. B. Schrumpfung und damit einhergehend, zu schlechten Rehydratationseigenschaften. Ein weiteres Verfahren ist die Vakuumtrocknung, bei der aufgrund der niedrigeren Temperaturen ein besserer Erhalt der Inhaltsstoffe gegeben ist. Möglichkeiten der Energiezufuhr sind hier

eine Strahlungs-, Kontakt- und Mikrowellenbeheizung. Die Mikrowellenvakuumtrocknung (MVT) ist dabei die schnellste Trocknungsmethode. Nachteile sind jedoch eine uneinheitliche Erwärmung des Produktes und ein größerer Aufwand in der Prozessauslegung und -kontrolle.

Forschungshypothese des Vorhabens war, dass durch die serielle Kombination mehrerer Trocknungsverfahren nachteilige Produktveränderungen vermieden und erwünschte Produkteigenschaften gezielt eingestellt werden können. Außerdem sollte das Energieeinsparpotenzial von Kombinationstrocknungsprozessen ermittelt werden.

Forschungsergebnis:

Im Rahmen des Vorhabens wurden für verschiedene Produkte (Karotte, rotfleischiger Apfel, Erdbeere) die Veränderungen von Qualitätsparametern (Volumen, Rehydratation, Farbe, Härte, Carotinoid-, Anthocyan-, 3-Desoxyglucoson- und Ascorbinsäureretention) während einer Heißluft-, einer Mikrowellenvakuum- und einer Gefriertrocknung für unterschiedliche Prozesse und Prozessparameter untersucht. Diese Ergebnisse ließen Rückschlüsse auf Verbesserungspotenziale in seriellen Kombinationstrocknungen zu. In umfangreichen Versuchsreihen wurden Kombinationstrocknungen mit unterschiedlichen Verfahrenskombinationen und Wechselzeitpunkten durchgeführt.

Über die serielle Kombination können Produkte hergestellt werden, welche qualitativ (Volumen, Rehydratation, Farbe, Inhaltsstoffretentionen) deutlich hochwertiger sind als die der meisten Einzelverfahren. Von sechs möglichen Kombinationen aus HT, MVT und GT hat sich lediglich eine Kombination von MVT mit anschließender HT als grundsätzlich nicht sinnvoll herausgestellt. Für alle restlichen Verfahrenskombinationen (HT-GT, MVT-GT, GT-HT, GT-MVT und HT-MVT) ist der Nutzen abhängig vom eingesetzten Wechselzeitpunkt und den gewünschten Produkteigenschaften. Bei Gefriernachtrocknungen (HT-GT und MVT-GT) hat sich ein früher Wechselzeitpunkt bei einer relativen Feuchte von 0,7 als notwendig erwiesen, um eine zu große Vorschädigung oder Krustenbildung zu vermeiden. Bei dieser Kombination ist also ein relativ langer Gefriertrocknungsschritt notwendig. Beispielsweise schrumpften die Karottenscheiben im Ver-

gleich zum Frischprodukt bei einer Prozesskombination von HT bis zu einer relativen Feuchte von 0,7 und anschließender GT (HT0,7GT) nur um 52 %. Bei einem späteren Wechselzeitpunkt (HT bis 0,5 relative Feuchte; HT0,5GT) betrug die Schrumpfung schon 65 %.

Im Gegensatz dazu reicht bei Gefriervortrocknungen oft schon eine kurze Vortrocknung aus, um die Qualität der Produkte auf dem Niveau rein gefriergetrockneter Produkte zu halten. Ein Verfahrenswechsel kann schon bei relativen Feuchten zwischen 0,9 und 0,7 durchgeführt werden. So lag der 3-Desoxyglucoson-Gehalt (Markersubstanz für Hitzebelastung) von getrockneten Äpfeln für alle GT-MVT-Kombinationstrocknungen sowie für die reine Gefriertrocknung selbst bei unter 1 mg/100 g. Für die reine MVT wurden dagegen bei Äpfeln höhere Werte von bis zu 6 mg/100 g detektiert. Bei getrockneten Karotten lag der 3-Desoxyglucoson-Gehalt für MVT-Produkte sogar bei bis zu 23 mg/100 g. Die Trocknungszeit von Kombinationsverfahren, beispielsweise GT0,7MVT war dabei mit 75 min zwar länger als die reiner MVT mit 25 min, aber deutlich kürzer als die einer reinen GT (275 min).

Generell kann außerdem festgehalten werden, dass ein HT-Verfahrensschritt im Vergleich immer schädigender ist als ein MVT-Verfahrensschritt. Dies gilt für die Schrumpfung und das Wiederbefeuchtungsverhalten, aber insbesondere für die inhaltsstofflichen Veränderungen. So betrug die Ascorbinsäureretention für alle GT-MVT-Verfahren mit dem Produkt Apfel unabhängig vom Wechselzeitpunkt über 80 %. Bei einem GT0,5HT-Verfahren blieben dagegen nur noch 37 % des ursprünglichen Ascorbinsäuregehalts erhalten. Ein höherer Heißluftanteil verschlechterte die Ascorbinsäureretention, wie bei reiner HT, auf 20 %.

Für die Inhaltsstoffretention ist gerade die Reihenfolge der Verfahren von zentraler Bedeutung. Während ein im GT0,5HT-Verfahren getrocknetes Produkt zum Ende des Prozesses sehr hohe Temperaturen erfährt, ist dies bei einem HT0,5GT-Verfahren nicht der Fall. Dies resultiert beispielsweise für ein HT0,5GT-Verfahren beim Apfel in einer sehr guten Ascorbinsäureretention von 90 %, während die umgekehrte Verfahrenskombination zu einer Ascorbinsäureretention von nur 37 % führt.

Weiterhin wurde festgestellt, dass sich die Prozessreihenfolge nicht nur auf die Endproduktqualität, sondern auch auf die Prozesszeit des zweiten Verfahrens auswirkt. So wurde für die Trocknung von Karotten ermittelt, dass ein steigender Heißluftanteil bei HT-GT-Kombinationsverfahren den Gefrier-trocknungsschritt deutlich verlängert. Im Vergleich zum gleichen Prozessabschnitt während reiner GT wurde eine Verlängerung um 5 % bei HT0,7GT, um 25 % bei HT0,5GT und um 69 % bei HT0,3GT gemessen. Dies konnte mit der Bildung einer Barrierschicht bzw. Kruste um das Produkt während der HT erklärt und mittels Micro-CT-Aufnahmen gemessen werden. Unter anderem aus diesem Grund ließen sich die während der Einzelverfahren aufgenommenen Kinetiken nicht wie ursprünglich erwartet auf Kombinationsverfahren übertragen.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie für Kombinationsverfahren wurden die Möglichkeiten und Grenzen dieser noch recht neuen Trocknungsprozessvariante im Technikumsmaßstab mit bis zu 10 kg Produkt (Feuchtgewicht) pro Versuch untersucht. Dabei wurden die gleichen Tendenzen wie im Labormaßstab festgestellt und die guten Scale-Up-Möglichkeiten für serielle Kombinationsverfahren aufgezeigt. In diesem Rahmen wurde für Karotten auch der Einfluss eines vorangestellten Blanchierverfahrens auf unterschiedliche Trocknungsverfahren untersucht. Ein Blanchieren vor der Trocknung wirkte sich sehr positiv auf den Farberhalt aus. Weiterhin wurde festgestellt, dass der Puffingeffekt während einer MVT deutlich verstärkt wird.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Aufgrund der saisonalen Verfügbarkeit und leichten Verderblichkeit wird Obst und Gemüse häufig zu länger haltbaren Produkten, z. B. Konserven, gefrorenen oder getrockneten Produkten, weiterverarbeitet. Der Marktanteil getrockneter Produkte hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Neben dem direkten Verzehr von getrockneten Obst- und Gemüsestücken als gesunde Snacks werden diese Produkte auch in vielen Lebensmitteln, wie Frühstückscerealien, Dauerbackwaren, Desserts oder Trocken- bzw. Instantsuppen, verwendet. In Deutschland wurden im Jahr 2013 Trockenfrüchte im

Wert von ca. 56,6 Mio. € und Trockengemüse im Wert von ca. 80 Mio. € produziert.

Die Herstellung von Trockenprodukten ist sehr kosten- und ressourcenintensiv, da die Trocknung der wahrscheinlich energieaufwändigste industrielle Prozess ist und bis zu 15 % des gesamten industriellen Energieverbrauchs ausmacht. Es wird angenommen, dass die Trocknung von Lebensmitteln für etwa 20 bis 25 % der verbrauchten Energie in der Lebensmittelindustrie verantwortlich ist. Eine Steigerung der Energieeffizienz um nur 1 % kann dabei die Herstellungskosten um mindestens 10 % reduzieren bzw. den Gewinn um mehr als 10 % steigern.

Die Ergebnisse des Projektes sind grundsätzlich für alle Bereiche der Trocknung relevant. Der vorrangige und kurzfristige Nutzen entsteht allerdings im Bereich der Trocknung von stückigen Lebensmitteln. Die in diesem Bereich tätigen deutschen Produzenten (KMU) könnten durch die Nutzung serieller Kombinationstrocknungen Energie einsparen und Prozesszeiten verkürzen und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit erhöhen. Gleichzeitig böte sich die Möglichkeit für Produktinnovationen durch die Erzeugung neuartiger Strukturen. Bei Vorhandensein entsprechender Anlagen können Hersteller die Ergebnisse des Projektes innerhalb weniger Monate auf ihre Produkte anwenden.

Langfristig ergeben sich aus den im Projekt erzielten Ergebnissen auch vielfältige Möglichkeiten für Unternehmen des Anlagenbaus. Vorstellbar sind neuartige Trocknungsanlagen, in die Kombinationsprozesse direkt integriert sind. Dadurch kann die Wettbewerbsfähigkeit des mittelständischen Maschinenbausektors erhalten und ausgebaut werden.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2018.
2. Siebert, T., Gall, V., Karbstein, H. P. und Gaukel, V.: Serial combination drying processes: A measure to improve quality of dried carrots disks and to reduce drying time. *Dry. Technol.* 36 (2), 1-14, DOI: 10.1080/0737937.2017.1418374 (2018).

Der Schlussbericht ist für die interessierte Öffentlichkeit bei der Forschungsstelle abzurufen.

Weiteres Informationsmaterial:

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik
Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik
Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-42497
Mobil: +49 152 01601070
Fax: +49 721 608-942497
E-Mail: heike.karbstein@kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Angewandte Biowissenschaften
Abt. Lebensmittelchemie und Phytochemie
Adenauerring 20a, 76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-42936
Fax: +49 721 608-47255
E-Mail: mirko.bunzel@kit.edu

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

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben **AiF 18250 N** der Forschungsvereinigung
Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI),
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn,
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.