

Optimierung der Trocknung von Gemüse im Hinblick auf die Vermeidung der Maillard-Reaktion*

Karl Eichner und Walter Wolf**

1 Einleitung und Problemstellung

Bei thermischen Verfahren zur Haltbarmachung von Lebensmitteln (z.B. Trocknen, Sterilisieren) führt häufig die nichtenzymatische Bräunungsreaktion (Maillard-Reaktion) zu qualitätsmindernden ernährungsphysiologischen und sensorischen Veränderungen [1]. Als Vorstufen dieser Reaktion bilden sich durch Umsetzung zwischen reduzierenden Zuckern (Aldosen) und Aminosäuren 1-N-Aminosäure-1-desoxyketosen (Amadori-Verbindungen) sowie in der Folge flüchtige, geschmacksaktive Verbindungen und Bräunungsprodukte. Die Geschwindigkeit der Maillard-Reaktion wird durch Temperaturerhöhung stark beschleunigt und weist in einem bestimmten Intervall des Produktwassergehaltes ein ausgeprägtes Maximum auf.

Bei Kenntnis dieser Temperatur- und Wassergehaltsabhängigkeit der Reaktion sowie des Verlaufes der Temperatur und des Wassergehaltes innerhalb des Produktes während der Trocknung ergibt sich die Möglichkeit einer Vorausberechnung der am Ende eines Trocknungsprozesses zu erwartenden thermischen Schädigung des Trocknungsgutes [2, 3]. Hieraus lassen sich kritische Trocknungsparameter ableiten und Ansatzpunkte für eine Optimierung der Trocknung gewinnen. Eine qualitätsschonende Trocknungsführung und das Erzielen eines ausreichend niedrigen Wassergehaltes sind Voraussetzung für eine gute Qualitätserhaltung bei der anschließenden Lagerung des Trockenproduktes [4].

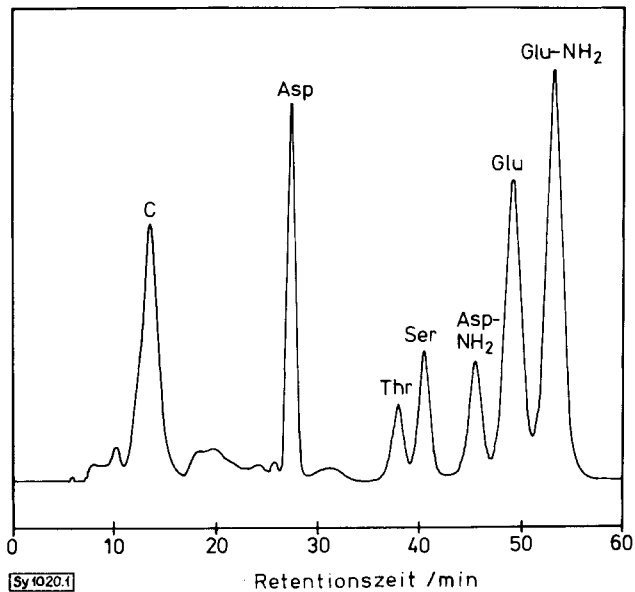


Abb. 1. Abgekürztes Aminosäure-Chromatogramm von wärmeluftgetrockneten Karotten.

* Vortrag auf dem Jahrestreffen der Verfahrens-Ingenieure, 30. Sept. bis 2. Okt. 1981 in Düsseldorf.

** Dr. K. Eichner, Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung, Schragenhofstr. 35, 8000 München 50, und Dipl.-Ing. W. Wolf, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Engesserstraße 20, 7000 Karlsruhe 1.

Da qualitätsmindernde Reaktionsprodukte (insbesondere Bräunungsprodukte) erst im späteren Verlauf der Maillard-Reaktion gebildet werden, erschien es sinnvoll, sensorisch noch nicht nachweisbare Vorstufen dieser Reaktion als Indikatoren für ihre Früherkennung einzusetzen und sie zur Optimierung der Trocknungsführung heranzuziehen.

2 Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Amadori-Verbindungen als sensorisch inaktive Vorstufen der Maillard-Reaktion können in einfacher Weise durch Aminosäure-Analyse

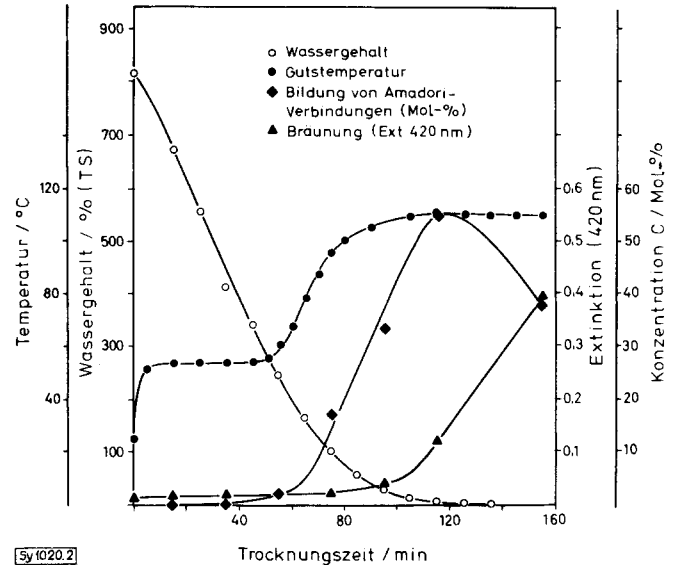


Abb. 2. Bildung von Vorstufen der Maillard-Reaktion (Amadori-Verbindungen) und Bräunung bei der Warmlufttrocknung von Karotten (Lufttemperatur: 110°C). Die Bräunung wurde durch Messung der Extinktionen wäßriger Karottenextrakte (1,5 g Trockenkarotten/250 ml Wasser) bei 420 nm bestimmt.

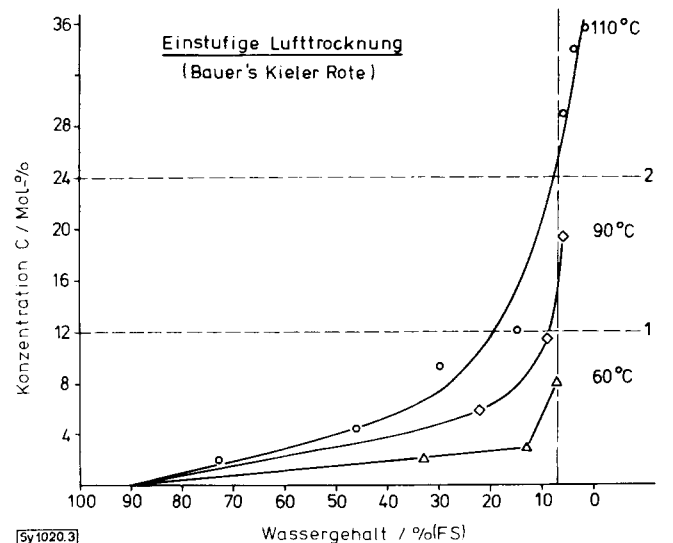


Abb. 3. Zunahme der Konzentrationen von Amadori-Verbindungen (C/Mol-%) bei der Warmlufttrocknung der Karottensorte „Bauer's Kieler Rote“ in Abhängigkeit vom Wassergehalt und von der Lufttemperatur. 1 sensorische Erkennungsschwelle, 2 geschmackliche Qualitätsgrenze.

wäßriger Extrakte thermisch behandelte pflanzlicher Lebensmittel nachgewiesen werden [5]. Abb. 1 zeigt ein abgekürztes Aminosäure-Chromatogramm von warmluftgetrockneten Karotten als Beispiel für Gemüse. In Peak C sind die durch Umsetzung zwischen Glucose und den Aminosäuren Threonin, Serin, Asparagin, Glutaminsäure und Glutamin gebildeten Amadori-Verbindungen vereinigt.

Diese Verbindungen werden bei Erhitzungsvorgängen im Gegensatz zur Bräunung ohne Induktionsperiode gebildet [5] und ermöglichen damit einen frühzeitigen Nachweis einer beginnenden Maillard-Reaktion, wie am Beispiel der Warmlufttrocknung von Karotten gezeigt werden konnte (Abb. 2).

Die hier beschriebenen Untersuchungen zielten darauf ab, die im Hinblick auf eine Qualitätsbeeinträchtigung des Trocknungsgutes kritischen Temperatur- und Wassergehaltsbereiche aufzufinden. Abb. 3 zeigt bei drei verschiedenen Temperaturen in Abhängigkeit vom Wassergehalt die Zunahme der Konzentrationen von Amadori-Verbindungen (C/Mol-%) im Verlauf der Warmlufttrocknung der Karottensorte „Bauer's Kieler Rote“. Der steile Anstieg der Vorstufenkonzentration vor dem Erreichen des Endwassergehaltes (7%) ist auf die längeren Verweilzeiten in diesem Bereich sowie auf die Annäherung an das wassergehaltsabhängige Maximum der Reaktionsgeschwindigkeit zurückzuführen.

Durch eine abgestufte Temperaturführung mit Anwendung einer höheren Temperatur zu Beginn der Trocknung und rechtzeitiger Absenkung der Temperatur im Bereich der Endtrocknung können qualitativ hochwertige Trockenprodukte erhalten werden. Als Indikatormaterial zur Sicherstellung einer guten sensorischen Qualität kann der im Verlauf der Maillard-Reaktion gebildete, durch Head-Space-Gaschromatographie leicht nachweisbare Isovaleraldehyd herangezogen werden, da im Konzentrationsbereich oberhalb des Schwellenwertes eine gute Korrelation zwischen der Konzentration des Isovaleraldehyds und dem Ausmaß der sensorischen Veränderungen besteht.

Zur Untersuchung des Sorten-Einflusses auf den Verlauf der durch thermische Einwirkung bedingten Maillard-Reaktion wurden sechs verschiedene Karottensorten unter gleichen Bedingungen erhitzt bzw. getrocknet. Die Sorten mit dem höheren Gehalt an reduzierenden Zuckern zeigten hierbei zwar höhere Umsetzungsraten an

Amadori-Verbindungen; die aufgrund der sensorischen Analyse ermittelten höchstzulässigen Mengen dieser Indikatormaterialien sind jedoch von Sorte zu Sorte verschieden.

3 Bedeutung der Ergebnisse für die Praxis

Durch Kenntnis der Einflußgrößen Temperatur und Wassergehalt auf den Verlauf der Maillard-Reaktion können qualitätsgefährdende Trocknungsbedingungen vermieden und die Führung des Trocknungsprozesses den spezifischen Besonderheiten des zu trocknenden Gutes angepaßt werden. Einer Früherkennung der Maillard-Reaktion durch chemische Indikatoren kommt hierbei besondere Bedeutung zu, da auf diese Weise die Trocknung in einem Bereich optimiert werden kann, in dem noch nicht mit dem Auftreten nachteiliger sensorischer Veränderungen zu rechnen ist.

Für die finanzielle Förderung des Forschungsvorhabens danken wir der Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen (AIF).

Eingegangen am 16. November 1981

Literatur

- [1] Reynolds, T. M.: Adv. Food Res. 12 (1963) S. 1 und 14 (1965) S. 168.
- [2] Hendel, C. E.; Silveira, V. G.; Harrington, W. O.: Food Technol. (Chicago) 9 (1955) S. 433.
- [3] Kluge, G.; Heiss, R.: Verfahrenstechnik (Mainz) 1 (1967) S. 251.
- [4] Görling, P.: Ind. Obst Gemüseverwert. 47 (1962) S. 673 und 48 (1963) S. 32.
- [5] Ciner-Doruk, M.; Eichner, K.: Z. Lebensm. Unters. Forsch. 168 (1979) S. 9.

Schlüsselworte: Lebensmittel, Trocknung, Maillard-Reaktion, Optimierung, Amadori-Verbindungen.

Das vollständige Manuskript dieser Arbeit umfaßt 35 Seiten mit 19 Abbildungen, 7 Tabellen und 13 Literaturziten. Es ist als Fotokopie oder Mikrofiche MS 986/82 erhältlich. Eine Bestellkarte finden Sie am Schluß dieses Heftes.