

Manuela Zude, Potsdam-Bornim, und Neil McRoberts, Edinburgh/GB

Prozessoptimierung in der Versorgungskette frischer Produkte

Die Basis sind zerstörungsfreie Inhaltsstoffanalysen

Die möglichst optimale Einstellung der Nacherntebedingungen bezogen auf den physiologischen Produktzustand ist gerade bei leicht verderblichen gartenbaulichen Produkten entscheidend für die Qualität im Handel. Mit Hilfe zerstörungsfreier spektrometrischer Methoden könnte wiederholt an einzelnen Früchten entlang der Versorgungskette gemessen werden, um beispielsweise die Qualität beeinflussenden Pigmentveränderungen zu überwachen und für die Prozessregelung zu nutzen.

Die Sicherung einer gesunden menschlichen Ernährung und die Verbesserung des wirtschaftlichen Erfolges von Landwirten sind im internationalen Kontext übergeordnete Ziele. Im Zeitalter der Informationstechnologie bildet die prozessorientierte Datenanalyse einen Schwerpunkt und wird als Basis für wirtschaftliches Wachstum prognostiziert. Es besteht weitgehender Konsens, dass gerade in der Agrarwirtschaft neue Technologien für das Prozessmanagement benötigt werden.

In der Bereitstellung frischer pflanzlicher Lebensmittel soll hiermit erreicht werden, den ernährungsphysiologischen Wert der empfindlichen Produkte entlang der Versorgungskette zu erhalten und die Prozesse wirtschaftlicher zu gestalten.

In der gartenbaulichen Intensivproduktion, die grundsätzlich durch eine hohe Mechanisierungs- und Automatisierungsdichte geprägt ist, fehlt es jedoch bisher an speziellen Technologien zur Bewertung des Produktzustandes entlang der Versorgungskette, obwohl diese ein wichtiges Werkzeug für das Prozessmanagement bilden würden. Die labortechnische Qualitätsanalytik und Mikrobiologie sind bereits wichtiger Bestandteil der Qualitätssicherung in der Prozessregelung in den Bereichen der Produkterzeugung und Nacherntebehandlungen inklusive minimal verarbeiteter sowie intensiver verarbeiteter Produkte gartenbaulicher Kulturen. Die stichprobenartigen Messungen entsprechen jedoch keiner modernen Lösung für ausreichende Kontrollen

Dr. Manuela Zude ist Mitarbeiterin der Abteilung „Technik im Gartenbau“ am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14149 Potsdam, und Privatdozentin an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin; e-mail: zude@atb-potsdam.de
 Dr. Neil McRoberts ist Dozent im Fachgebiet Systems Ecology am Scottish Agricultural College, Edinburgh (GB) und Leiter der Forschungsgruppe Systems Analysis in the Land Economy and Environment; e-mail: neil.mcroberts@sac.ac.uk

Schlüsselwörter

Möhre, Prozessmanagement, Produktmonitoring, Nacherntebedingungen, Spektrometrie, Versorgungskette

Keywords

Carrot, process management, product monitoring, shelf life, spectrometry, supply chain

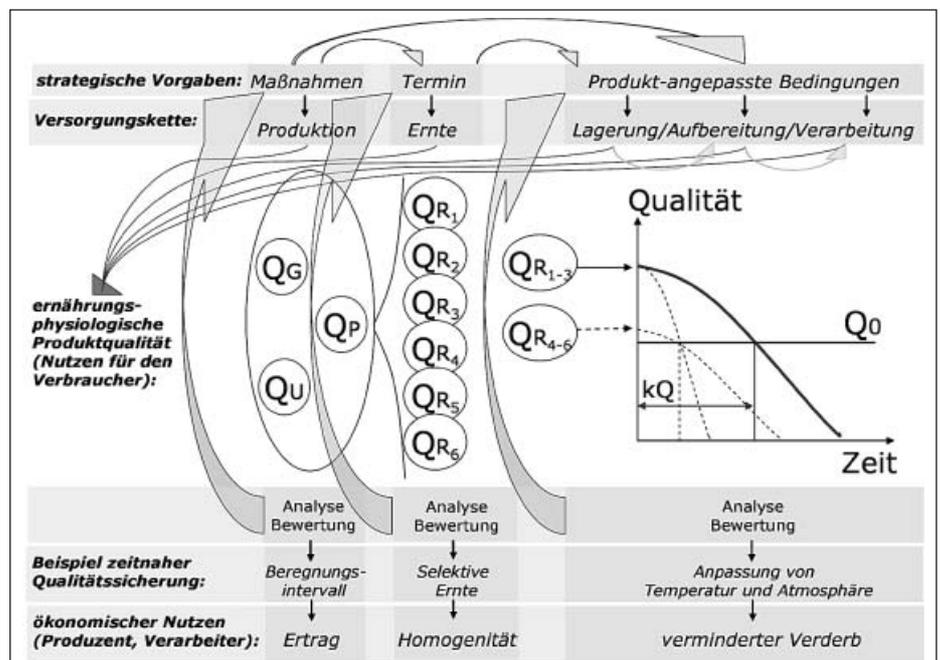


Bild 1: Qualität empfindlicher Produkte entlang der Versorgungskette dargestellt mit den wesentlichen Einflussfaktoren in der Produktion und als Funktion der Zeit im Nacherntebereich. Q_U , Q_G , Q_P = Qualität beeinflussende Faktoren (Umwelt, Genom, Produktionssystem); Q_{R_i} = Reale Produktqualitäten; Q_0 = Akzeptanzgrenze; kQ = Qualitätserhaltungsfaktor

Fig. 1: Quality of perishable products along the supply chain with the major influencing factors in the production, and as a function of time in the postharvest sector. Q_E , Q_G , Q_P = quality-influencing factors (environment, genome, production system); Q_{R_i} = real product quality; Q_0 = acceptance limits; kQ = coefficient for shelf life [5].

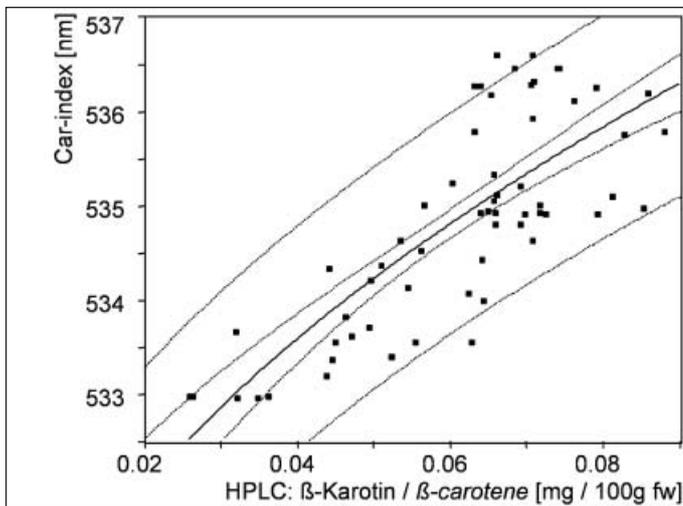


Bild 2: Zerstörungsfrei mit Hilfe des Car-Index und chromatographisch bestimmte β -Karotingehalte in Möhren der Sorte ‚Dordogne‘ ($y=a+bx^{0.5}$, mit $a=528,19$ und $b=26,96$). Vertrauensintervalle sind für 95 und 99 % angegeben.

Fig. 2: Carrot β -carotene analyzed by means of HPLC and non-destructive remittance spectrometry using the car-index ($y=a+bx^{0.5}$, with $a=528.19$ and $b=26.96$). Confidence intervals are given for 95 and 99 %.

und Nutzung der Daten in den nachfolgenden Prozessen.

Die Produktqualität nimmt vom Erntezeitpunkt an in Abhängigkeit der Nacherntebedingungen und der Zeit ab, so lange bis das Akzeptanzniveau des Verbrauchers erreicht ist. Fällt die Qualität unter diese Grenze, ist das Produkt verdorben und aus ökonomischer Sicht ein Verlust (Bild 1). Grundsätzlich sind für die angepasste Prozessregelung genaue Kenntnisse über die spezifischen physiologischen, biochemischen und physikalischen Eigenschaften einzelner Produkte und deren oft komplexe Interaktionen entlang der gesamten Versorgungskette unerlässlich.

- Hierfür ist die Entwicklung nicht-invasiver Analysemethoden für physikalische und biochemische Produkteigenschaften notwendig.
- In der Prozessregelung werden die erhobenen Daten für die prozessübergreifende Bewertung des physiologischen Zustandes der Produkte entlang der Versorgungskette genutzt.

Ziele sind, in der Produktion und Nacherntezeitnah die Qualität sichernden Maßnahmen durchzuführen (unterer Teil in Bild 1) und darüber hinaus Strategien in der Produktbehandlung und technische Verfahren bei Ernte, Aufbereitung und Vermarktung weiterzuentwickeln (oberer Teil in Bild 1).

Methoden, die auf optischen Technologien beruhen, wurden von zahlreichen Arbeitsgruppen als bestens für die Qualitätsbewertung geeignet herausgestellt. Spektral-optische Messungen an pflanzlichen Produkten liefern spezifische Absorptions- und Emissionscharakteristika und damit wichtige Informationen über die stoffliche Zusammensetzung des Gewebes zur Beurteilung von physiologischen und Wertgebenden Eigenschaften.

Die Industrie [1] hat in Zusammenarbeit mit der Forschung [2, 3] bereits erste neue Anlagen zur spektraloptischen Sortierung

Bild 3: Der zerstörungsfrei bestimmte β -Karotingehalt [$\mu\text{g} / 100\text{g}$ FG] von Möhren nach Behandlung mit unterschiedlichen Nacherntebedingungen. Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Varianzen bei 5% Niveau bezogen auf den Ausgangsgehalt hin.

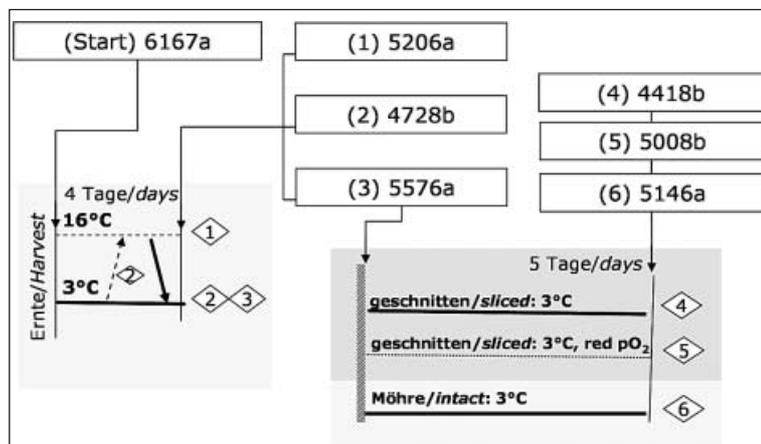


Fig. 3: Carrot β -carotene content [$\mu\text{g} / 100\text{g}$ fw] analyzed after different postharvest conditions by means of non-destructive spectrometry. Different characters indicate significant variation at 5% level, related to initial content.

von Pfirsich, Apfel, Melone hinsichtlich ihrer löslichen Trockensubstanz- und Pigmentgehalte sowie portable Geräte zur Einzelprodukt-Prüfung entwickelt [4]. Mit Letzteren können beispielsweise Pigmentgehalte online und wiederholt am selben Produkt bestimmt werden. Gerade die wiederholte Analyse entlang der Versorgungskette ist die Voraussetzung für die Entwicklung von Bewertungsmethoden, die den Einfluss von Prozessen in der Produktion und im Nacherntebereich charakterisieren, um vorausschauende Bewertungsmodelle zu entwickeln.

Aus Sicht einer gesunden Ernährung wird die möglichst vollständige Erhaltung ernährungsphysiologisch relevanter Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse während des Verarbeitungsprozesses angestrebt. Mit Hilfe der Absorptionsspektrometrie lassen sich beispielsweise zerstörungsfrei Karotinoide in Möhren bestimmen.

Die Absorptionsspektren werden zu diesem Zweck direkt an der Möhrenoberfläche aufgezeichnet und aus der zweiten Ableitung des Spektrums kann der Wendepunkt des langwelligen Karotinoidabsorptionspeaks

(Car-Index), $f''(\lambda_{450-650\text{ nm}})$ [nm] = 0, als Kennwert für den β -Karotingehalt ausgewertet werden. Parallele chromatographische (HPLC) Analysen werden hierbei zur Kalibrierung der Methode herangezogen (Bild 2). Das Bestimmtheitsmaß lag im vorliegenden Versuch bei $R^2 = 0,80$.

Im Versuch wurden frisch geerntete Möhren der Sorte ‚Dordogne‘ für vier Tage bei unterschiedlichen Bedingungen frisch gehalten und zerstörungsfrei kontrolliert. Entsprechend den Empfehlungen für Möhren bei 3°C gelagerten Proben wiesen diese nach vier Tagen unveränderte β -Karotingehalte auf. Bei 16°C aufbewahrte Möhren wiesen verringerte β -Karotingehalte auf. Eine Unterbrechung der Kühlphase

bei 3°C durch 24-stündige Behandlung mit 16°C führte ebenfalls zu einer deutlichen Abnahme. Ebenso war der Gehalt in minimal verarbeiteten Möhren vermindert (Bild 3).

Literatur

- [1] Miller, W.M., and M. Zude: NIR-based sensing to identify soluble solids content of Florida citrus. Applied Engineering in Agriculture 20 (2004), pp. 321-327
- [2] Watada, A.E., K.H. Norris, J.T. Worthington and D.R. Massie: Estimation of chlorophyll and carotenoid contents of whole tomato by light absorbance technique. Journal of Food Science 41 (1976), pp. 329-332
- [3] Bellon, V., J.L. Vigneau and M. Leclercq: Feasibility and performances of a new, multiplexed, fast and low-cost fiber-optic NIR spectrometer for on-line measurement of sugar in fruits. Applied Spectroscopy 47 (1993), pp. 1079-1083
- [4] Zude, M.: Manual Pigment Analyzer. Control in applied Physiology, www.cp-info.de, Communications PA/002, 2004
- [5] McRoberts, N., and O. Lepreux: The challenge of connecting pre-harvest and post-harvest sector concepts of quality in food production. Proc. Int. Conf. Quality in Chains, Eds. Tijskens & Vollebregt, Acta Hort. 604 (2003), pp. 105-113