



Modul 4.3



Trocknung von Früchten

Dr. Sturm, Barbara, von Gersdorff, Gardis

Uni Kassel, Ökologische Agrarwissenschaften

Witzenhausen (Germany)

barbara.sturm@uni-kassel.de

Modul: Nachhaltige Verarbeitung ökologischer Lebensmittel



- Allgemeine Ziele und Herausforderungen der Dehydration
- Wissenschaftliche Ansätze
- Fruchttrocknung im Obstgarten
- Qualitätsparameter für getrocknete Früchte
- Ziele in der Fruchttrocknung
- Einflussfaktoren auf die Fruchtqualität
- Verbesserungen in der Fruchttrocknung
- Pulverherstellung



Lernerfolge



Dieses Modul soll dem Anwender ein tieferes Verständnis des **Trocknungsprozesses von Früchten** vermitteln und die **Einflussfaktoren** auf hohe **Produktqualität** und **effiziente Verarbeitung** aufzeigen

Allgemeine Ziele der Dehydrierung

- **Reduzierung** des Feuchtigkeitsgehaltes
 - **Reduzierung** der chemischen und biologischen Aktivität
 - **Verlängerung** der Haltbarkeit
 - **Verhinderung** von Trockenmasseverlusten
 - **Einfache und kostengünstige** Handhabung von Produkten
 - **Erhalt** der ernährungsphysiologischen, biologischen und technischen Eigenschaften des Produktes
- Dehydration von Lebensmitteln ist für **15-25%** des industriellen Energieverbrauchs bei **niedrigen Energieeffizienzwerten** (35-45%) und oft unbefriedigender Produktqualität verantwortlich

Der Feuchtigkeitsgehalt der feuchten Basis (MC_{wb}, auch als W bekannt) ist am häufigsten für Landwirte und Produzenten und wird wie folgt definiert:

$$MC_{wb} = \frac{\text{Wassermasse}}{\text{Trockenmasse} + \text{Wassermasse}} \times 100$$

Kräuter und Gewürze sind stetig bei **10 %** MC_{wb}

Trockener Basisfeuchtigkeitsgehalt (MC_{db} , auch bekannt als X) ist für Wissenschaftler am üblichsten und wird als definiert

$$MC_{db} = \frac{\text{Wassermasse}}{\text{Trockenmasse}} \cdot 100$$

Er wird wie folgt umgewandelt:

$$MC_{wb} = \frac{MC_{db}}{100 + MC_{db}} \cdot 100 \quad \text{or} \quad MC_{db} = \frac{MC_{wb}}{100 - MC_{wb}} \cdot 100$$

Challenges during the drying process

- Vitamin degradation
 - Most of the vitamins are not heat stable or are reduced by enzymatic oxidation

- Changes in structure, texture, colour, flavour, taste
 - Protein denaturation
 - Protein/Lipid oxidation
 - Non-enzymatic reactions (e.g. browning)

- Often not fully reconstitutionable
 - Complete rehumidification is not possible; less water than being lost during drying can be absorbed

Herausforderungen in der industriellen Trocknung

Ausgangssituation (Mujumdar, 2007)

- Veraltete technische Geräte
- Unnötig lange Trocknungszeiten
- Erhöhter Energiebedarf
- Abhängigkeit von Öl- und Gaspreisen
- Notwendigkeit der Anpassung
- Die Produkttemperatur ist normalerweise unbekannt

Erfolge

- Gezielte Prozesskontrolle
- Technisch einfach umsetzbare Lösungen (Upgrade von Geräten)
- Erhöhte Kapazität oder kleinere Geräte
- Flexibilität in der Produktion
- Reduzierung von Energiekosten und -anforderungen

Prozessanalyse und -optimierung

- Thermodynamik
- Produktqualität
- Operation nach Einheit oder Teil des gesamten Prozesses

Processkontrolle (Lufttemperatur, -geschwindigkeit und rel. Luftfeuchtigkeit)

- Einstufig
 - Mehrstufig, zeitgesteuert (Chua et al., 2000)
 - Mehrstufig, basierend auf optischer Analyse (Martyntenko, 2008)
- Messwerte müssen verwendet werden, um dem System eine Rückmeldung zu geben, z. Anpassung der Prozessparameter
 - Zu jedem Zeitpunkt des Trocknungsprozesses sollte die Beziehung zwischen **Lufttemperatur**, **-geschwindigkeit** und **relativer Luftfeuchtigkeit** ausgeglichen sein

→ **Obstgärten werden häufig mit einer hohen ökologischen Bedeutung verwendet**

- Erhaltung der Kulturlandschaft
- Artenschutz
- Anbau von regionalen Früchten

Negativer Effekt: Im Vergleich zum intensiven Obstanbau geringere Erträge

Wertschöpfung für Produkte ist notwendig, um den wirtschaftlichen Wert von Obstgärten zu erhöhen

Effiziente Verarbeitung ist erforderlich!

Qualitätsparameters für getrocknete Früchte

→ Was heißt das?

- **Sie definiert den Grad der Konvergenz zwischen der Erwartung an/den Bedarf eines Produkts und seinen tatsächlichen Eigenschaften**
 - Produktqualität
 - Prozessqualität
 - Verbraucher (Händler) orientierte Qualität

Qualitätsparameters für getrocknete Früchte

- Farbe (Aussehen)
- Menge der ätherischen Öle / Aroma (Geruch, Geschmack, Nährwert)
- Nährwert (Vitamine etc.)
- Sekundäre Pflanzenbestandteile (Nährwert)
- Struktur (Aussehen)
- Es ist **nicht vermeidbar**, die Parameter während des Dehydratisierungsvorgangs durch Oxidation und Verdampfung negativ zu beeinflussen, Veränderungen können jedoch auf ein Minimum reduziert werden
 - ⇒ Trocknen kann die Qualität des Rohmaterials **nicht verbessern!**
- Mikrobieller Befall (Schimmelpilze, Hefen, bakterielle Krankheitserreger)
 - ⇒ kann **nicht** durch Trocknen **verringert werden**, aber das Wachstum kann gehemmt werden

- Phase I (nur für regennasses Rohmaterial)
 - Verdunstung auf der Oberfläche
 - Konstante Trocknungsrate
- Phase II
 - Eindampfen aus dem Inneren von Produkten und Diffusion durch bereits getrocknete Schichten
 - Temperaturanstieg im Produkt
 - Sinkende Trocknungsrate
- Phase III
 - Weitere Verdampfung von physikalisch-chemischem gebundenem Wasser bis Feuchtigkeitsgleichgewicht erreicht ist

- Der Entwässerungsprozess für Kräuter sollte so kurz wie möglich sein
 - **Lange Trocknungszeiten** verringern die Produktqualität aufgrund chemischer und physikalischer Veränderungen
 - Erreichbar durch **produktorientierte Trocknungsprozesse** und **Kontrolle** der Trocknungsparameter
- Vermeidung von Übertrocknung
 - und daher Verlust von wertvollen Verbindungen, Farbe usw.
 - Der Trocknungsvorgang sollte gestoppt werden, wenn der endgültige Feuchtigkeitsgehalt erreicht ist, **nicht** nach einer bestimmten Zeit! Vermeidung von Übertrocknung
- Hohes **Energieeinsparpotenzial** ⇒ Reduzierung der Bearbeitungskosten

Der Trocknungsprozess zielt darauf ab das Produkt so schnell wie möglich zu trocknen, um zu vermeiden, dass:

- **Mikrobielles Wachstum** (welches feucht und Temperatur +/- 37 ° C benötigt) stattfindet
- **Abbauprozesse** von Farbe und wertvollen Komponenten **durch Oxidation** stattfinden

Die Luftgeschwindigkeit muss ausreichend sein (mind. 0,12 m / s), um einen ausreichenden relativen Luftmassenstrom zu erreichen

- **Zu hoch** -> ungesättigte Luft, ineffizient
- **Zu wenig** -> gesättigte Luft, Feuchtigkeit bleibt auf der Produktoberfläche, ineffizient, längere Trocknungszeiten
- Gefahr der **Feuchtigkeitsansammlung** durch **ungleiche Trocknung**

Besonders bei niedrigen Temperaturen ist die Luftgeschwindigkeit der wichtigste Trocknungsparameter!

- Gezielte kurze Trockenzeiten setzen die Anwendung zu hoher Trocknungstemperaturen voraus
 - Poröse Oberflächen und Zellschäden des Endproduktes
 - Abbau von wertvollen Verbindungen

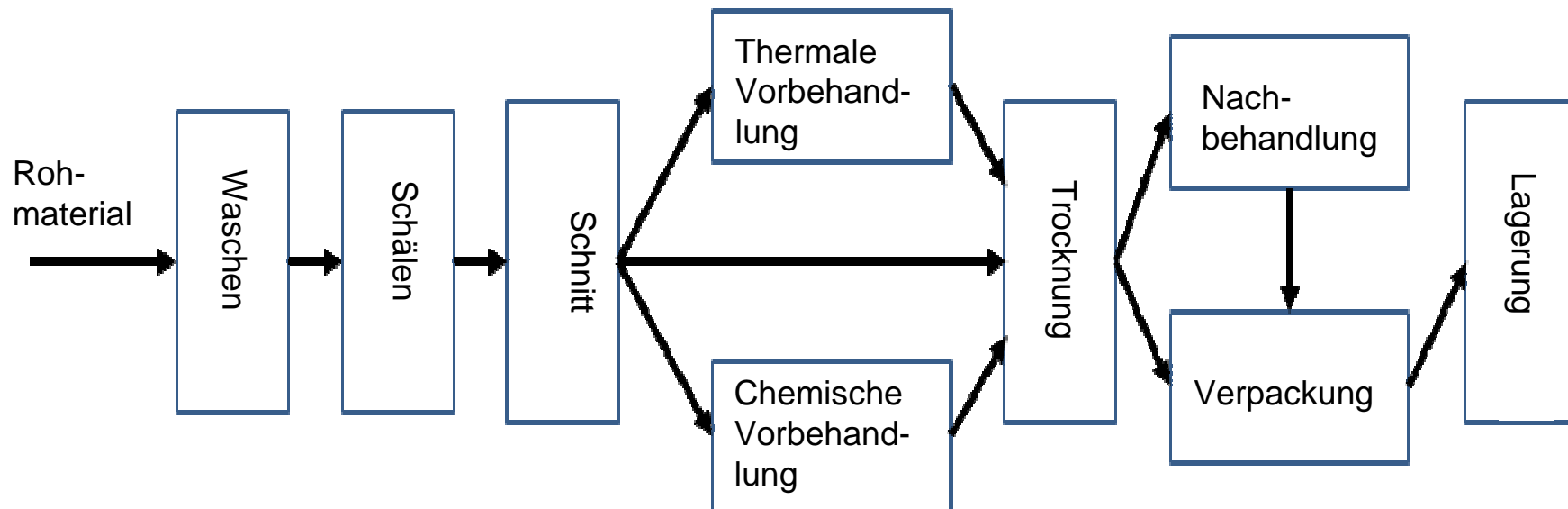
 - Zu niedrige Temperaturen können zu unnötigen langen Trocknungszeiten führen
 - Qualitätsverluste durch lange Reaktionszeiten für Abbauprozesse
 - Hohe Energieverbräuche
- Die "Goldene Mitte" wird benötigt, um minimale Qualitätsverluste und einen angemessenen Energieverbrauch zu erreichen**

Faktoren, die Einfluss auf die Qualität nehmen

- Vor der Trocknung:
 - Anfangsfeuchtigkeitsgehalt**
 - Bedingungen während der Ernte
 - Zeit zwischen Ernte und Verarbeitung**
 - Abbau während der Lagerung durch Selbsterhitzung, Enzyme usw.
 - Mikrobieller Befall**

- Während der Trocknung:
 - Lufttemperatur**
 - Erhebliche Auswirkungen auf die Produkttemperatur
 - Verluste an wertvollen Komponenten
 - Relative Feuchtigkeit innerhalb des Trockners**
 - Luftfluss** (Risiko der Rezirkulation ⇒ Ansammlung von Pathogenen)
 - Dicke des Rohmaterials**

- Qualitätsverluste während eines beliebigen Bearbeitungsschrittes können in weiteren Bearbeitungsschritten nicht kompensiert werden!
 - Die **gesamte Prozesskette** muss ausgezeichnet sein!



- Der Trocknungsprozess (Dauer, Prozessparameter) hängt vom Rohmaterial ab
 - Jeder Trocknungsprozess ist individuell und sollte abhängig von der Materialqualität und der Ladekapazität des Rohmaterials überwacht werden

Vorbehandlungen von Früchten zielen darauf ab, bioaktive Prozesse wie die nicht-enzymatische Bräunung zu reduzieren

- Chemisch:
 - **Ascorbinsäure / Zitronensäure**
- Thermisch:
 - **Blanchieren (Verlust von löslichen Verbindungen!!)**

Alle chemischen und mikrobiellen Abbauprozesse benötigen jedoch Wasser

- Mindesthaltbarkeit zwischen Vorbehandlung und Trocknung zur Erhaltung der Qualität, kurze Trocknungszeiten



Weite Faktoren mit Einfluss auf die Qualität

Luftverteilung

- Ungleiche Luftverteilung führt zu ungleicher Trocknung der Masse
- Kann durch kleine Änderungen der Trocknerkonstruktion verbessert werden
- Kann durch entsprechende Lüfter verbessert werden

Rohmaterial

- geschält / ungeschält
- anfänglicher Feuchtigkeitsgehalt
- Dicke

Verbesserungen bei der Fruchttrocknung

- Produktspezifische Trocknung
 - Ganze Pflanze / Teile
 - Wissen über wertvolle Komponenten
 - Angepasste Massengewichte
- Kontrolle der Luftgeschwindigkeit
 - Entfeuchtung \Rightarrow rel. Luftfeuchtigkeit $\leq 70\%$ über dem Volumen
 - Gleiche Luftverteilung, genügend Luft verfügbar
- Produkttemperaturgesteuerte Trocknung

Phasentrocknung: höhere Temperaturen zu Beginn, bis die Oberfläche trocken ist, weitere Trocknung bei qualitätssparenden Temperaturen

 - Qualitätsparameter müssen definiert werden
 - Kritische Temperatur muss bekannt sein

→Verringerte Trocknungszeiten, Hohe Produktqualität

Große Nachfrage nach Fruchtpulvern weltweit

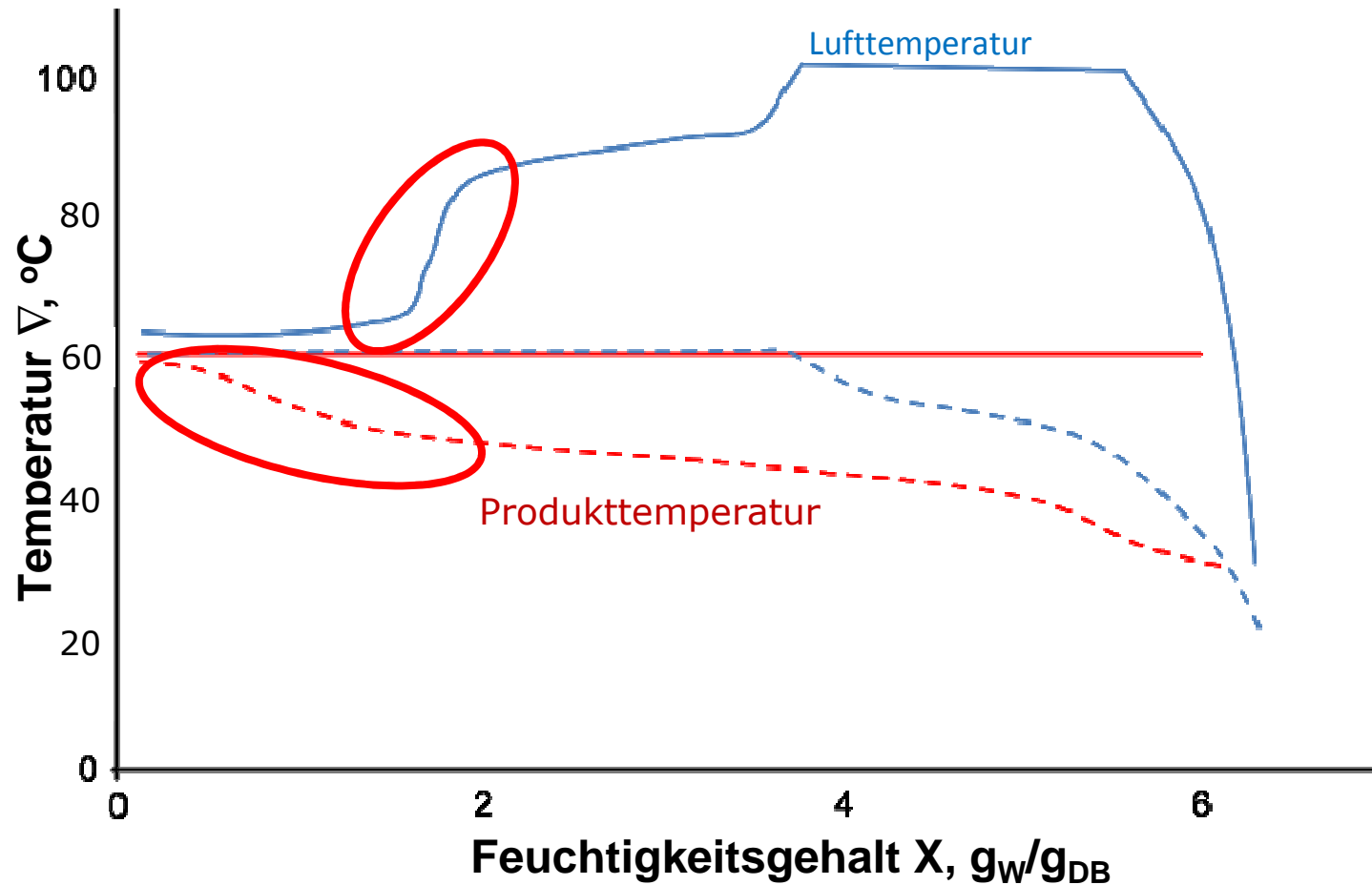
- Natürliche Farbstoffe
- Nahrungsergänzungsmittel
- Pharmaceutica

Möglichkeit, > 80 € / kg Fruchtpulver (qualitätsabhängig) zu gewinnen

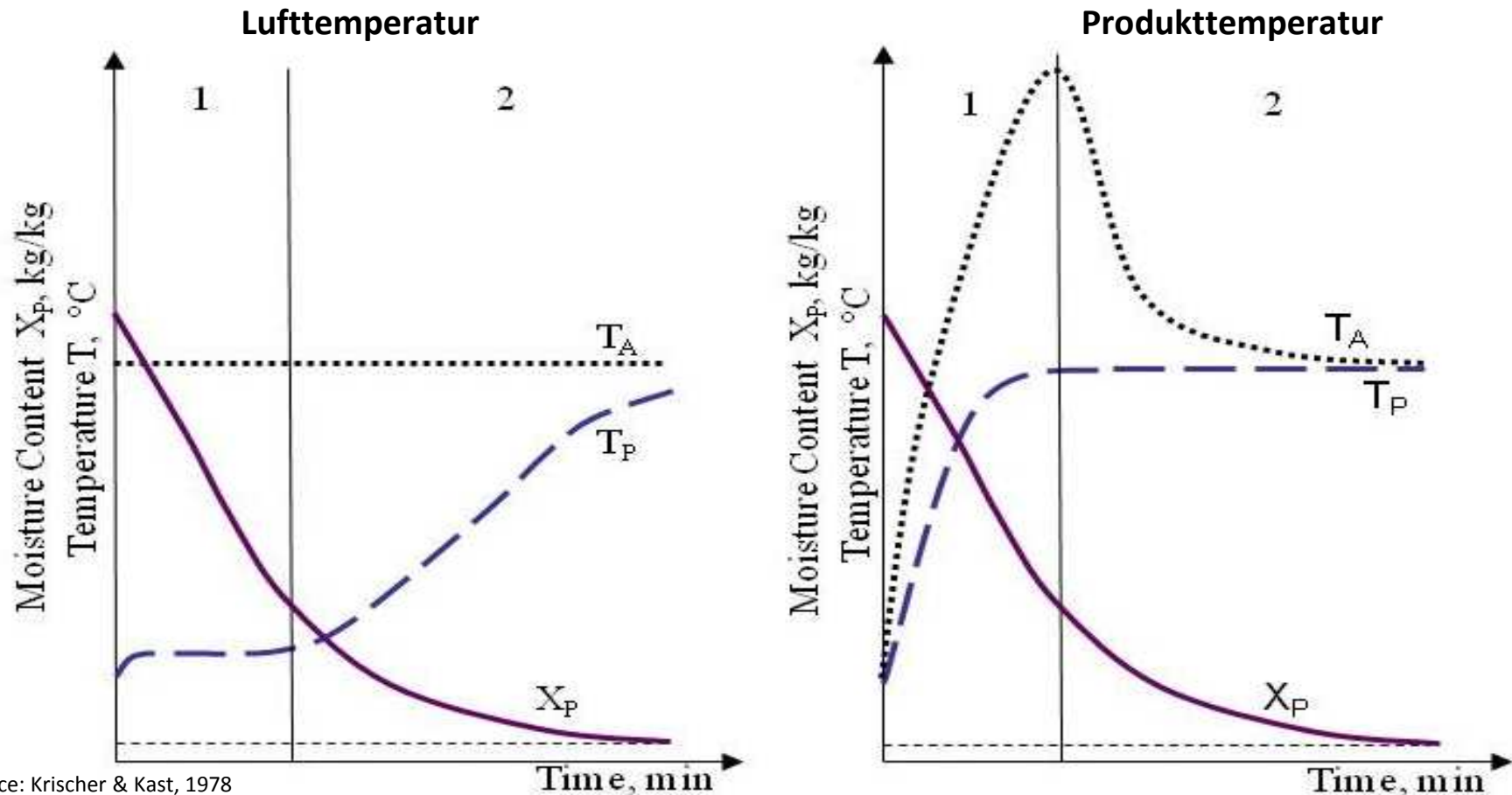
Anforderungen:

- <5% Feuchtigkeitsgehalt
- Schonendes Fräsen, Vermeidung von Hitzestress
⇒ Qualitätsverluste!
- Produktspezifische Verpackung und Lagerung zur Vermeidung von Rückbefeuchtung

Temperaturen als Funktionen des Feuchtigkeitsgehalts



Vergleich von Lufttemperatur- (TA) und Produkttemperatur-kontrolliertem (TP) Trocknen



Source: Krischer & Kast, 1978

Kostengünstige Geräte zur Messung der Oberflächentemperatur von Produkten

- **Pyrometer**
 - **Infrarot-Kamera (IR)**
 - Daten können in das System zurückgeführt werden
- Produkt-Temperaturgesteuerte Trocknung**

Des Weiteren

- **Trocknungsstrategien basierend auf Farbe**
 - CCD-Sensor-Anwendungen (RGB-Kameras etc.)
- **Trocknungsstrategien basierend auf spektrale Information**
 - Photospektrometer, Hyperspektralbildgebung usw.

Die Fruchttrocknung zielt auf hohe Produktqualitäten und niedrigen Energieverbrauch ab

therefore

Die Trocknungszeit von Früchten sollte so kurz wie möglich sein

Verarbeitungsparameter beziehen sich auf jedes einzelne Produkt

Die Trocknungsparameter sind nicht festgelegt und ihre Kontrolle hängt mit den Veränderungen des Produkts während des Trocknens zusammen

Chua, K. J.; S. K. Chou; J. C. Ho; A. S. Mujumdar & M. N. Hawlad. 2000. Cyclic Air Temperature during drying of guave pieces: Effects on moisture and ascorbic acid contents. *Food and Bioproducts Processing* 78 (2): 28-72.

Krischer, O. & W. Kast. 1978. *Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik*, Bd. 1. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

Martynenko, A. 2008. *Computer Vision System for Ginseng Drying: Remote Sensing, Control and Optimization of Quality in Food Thermal Processing*. VDM Verlag, Saarbrücken

Mujumdar, A. S. 2007. *Handbook of Industrial Drying*. CRC Press, Boca Raton, New York, Oxon

Sturm, B. 2018. *Automatic control of apple drying with respect to product temperature and air velocity in*

- 1. Wie hoch ist die Mindestluftgeschwindigkeit für die Trocknung von Früchten?**
- 2. Was verursacht Qualitätsverluste in getrockneten Kräutern**
 - Vor der Trocknen?
 - während des Trocknens?
- 3. Nennen Sie ein Risiko, das beim Blanchieren auftreten kann (Vorbehandlung)**
- 4. Wie hoch ist der endgültige Feuchtigkeitsgehalt für die Herstellung von Fruchtpulvern?**