

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

Entwicklung von Qualitätsstandards und optimierten Verarbeitungsverfahren für biologisch angebaute Produkte

Development of quality standards and optimised processing methods for organic produce

FKZ: 14OE006 und 14OE007

Koordination des Verbundvorhabens:

Universität Kassel, Fachgebiet Agrartechnik
Nordbahnhofstraße 1a, 37312 Witzenhausen
Tel.: +49 5542 98-1224
Fax: +49 5542 98-1520
E-Mail: agrartechink@uni-kassel.de
Internet: www.uni-kassel.de

Autoren:

Sturm, Barbara; von Gersdorff, Gardis

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Übersicht der geleisteten Arbeiten im SusOrganic Projekt

Laufzeit 01.03.2015 – 28.02.2018

Gesamtübersicht

Ziel des SusOrganic Projektes war es, verbesserte Trocknungs- und Kühl-/Gefrierverfahren für Bioprodukte im Hinblick auf Nachhaltigkeit und objektive Produktqualitätskriterien zu entwickeln.

Zunächst konzentrierte sich das Konsortium auf ein vordefiniertes Set von Produkten zur Untersuchung (Fisch, Fleisch, Obst und Gemüse). Der Austausch mit den Akteuren im Obst- und Gemüsektor zeigte, dass nur wenig Änderungsbedarf zur Verbesserung der Prozesse wahrgenommen wird. Gleichzeitig wurde deutlich, dass im Besonderen Hopfen- und Kräuterproduzenten (Trocknung) vor mehreren Herausforderungen in Bezug auf die Produktqualität und die Kosten der Trocknungsprozesse stehen. Daher wurde die Produktpalette auf diese Produkte erweitert.

Die Ergebnisse einer im Rahmen des Projekts durchgeführten Verbraucherbefragung zeigten deutlich, dass die Verbraucher dem Bio-Label vertrauen, aber auch dazu neigen, den Begriff Bio mit regionalem oder fairem Handel zu vermischen. Darüber hinaus wird die Primärproduktion im Betrieb und nicht die Verarbeitung ausdrücklich in die Bewertung der Nachhaltigkeit durch die Verbraucher einbezogen. Das Aussehen von Bioprodukten wurde als eines der am wenigsten wichtigen Qualitätskriterien oder -attribute bei Kaufentscheidungen angesehen. Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass ein unvollkommenes Aussehen ein Qualitätsmerkmal für den Verbraucher sein könnte, dieses also als Bestätigung gilt, dass in der Produktion keine Zusatzstoffe verwendet wurden.

Bei Trocknungsprozessen arbeiten Kleinproduzenten im Biosektor oft mit alten und/oder modifizierten Techniken und Technologien, was aufgrund des hohen Energieverbrauchs und der verminderten Produktqualität oft zu ineffizienten Trocknungsprozessen führt. Unzureichende Luftvolumenströme und -verteilungen führen häufig zu einem ineffizienten Abtransport der Feuchtigkeit aus dem Produkt und einer heterogenen Trocknung im gesamten Schüttgut. Um diesen Umstand zu verbessern wurden innerhalb des SusOrganic Projektes Richtlinien zur Verbesserung der physikalischen Auslegung bestehender Trockner, sowie Konzepte für neue Trocknungsprozesse, einschließlich neuer Trocknungsstrategien, entwickelt.

Neben dem Kühlen und Gefrieren wurde auch die innovative Idee des Superchillings in das Projekt einbezogen. Die dafür benötigte Kühlkette ist nur wenige Grad kälter als die gebräuchliche Kühlkette, hat aber, durch Schockfrostung der Außenschicht des Produkts und die weitere Verteilung sehr kleiner Eiskristalle im gesamten Produkt einen erheblichen Einfluss auf das Konservierungsverhalten während der Lagerung. Das Superchilling von Lachs aus biologischer Erzeugung macht den Bedarf an Eis für den Transport unnötig, was durch ein deutlich reduziertes Transportgewicht sowohl zu einer Senkung der Energiekosten

und somit zu einer besseren Leistung der Wertschöpfungskette in Bezug auf den CO₂-Fußabdruck führt. Die Produktqualität verändert sich durch dieses Verfahren nicht, die Haltbarkeit verlängert sich aber im Vergleich zu gekühltem Fisch. Dies bedeutet, dass die hohe Qualität des Bio-Lachses über einen längeren Zeitraum erhalten werden kann, was z.B. bei der Erschließung weit entfernter Märkte hilfreich sein kann. Der gleiche Trend wurde auch für mit dem Superchilling-Verfahren gekühlte Bio-Fleischprodukte wie Schweinefleisch und Hühnerfleisch festgestellt.

Das Konsortium entwickelte auch innovative nicht-invasive Mess- und Kontrollsysteme sowie verbesserte Trocknungsstrategien und Systeme für Obst, Gemüse, Kräuter, Hopfen und Fleisch. Diese Systeme basieren auf Veränderungen im Inneren des Produkts und erfordern daher Beobachtungsstrategien des Produkts während des Trocknungsprozesses. Durch Auditkampagnen und Trocknungsversuche im Pilotmaßstab konnten Optimierungsstrategien für Kräuter- und Hopfenrohstoffe entwickelt werden, die dazu beitragen können den mikrobiellen Verderb zu reduzieren, höhere Mengen an flüchtigen Produktkomponenten zu erhalten und gleichzeitig den Energiebedarf zu senken. Diese Ergebnisse können modifiziert auch an anderen untersuchten Produkten Anwendung finden. Die Umwelt- und Kosteneffizienz (LCA, LCCA) der Superkühlung von Lachs und der Trocknung von Fleisch, Obst und Gemüse wurde ebenfalls untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass sowohl das Superchilling, als auch die Trocknung die Nachhaltigkeit der Wertschöpfungsketten ökologischer Lebensmittel verbessern können, insbesondere in Bezug auf weite Entfernungen zwischen Verarbeiter und Markt.

Ein weiteres zusätzliches Ergebnis des Projekts war die Entwicklung eines nicht-invasiven, visuell sensorbasierten Detektionssystems zur Prüfung von Fleischprodukten in Bezug auf frisches und bereits gefrorenes Fleisch.

Erreichte Ziele

SusOrganic strebte danach, drei Hauptziele zu erreichen: **1. Die Festlegung von Qualitätsstandards und die Verbesserung der Produktqualität für Bio-Lebensmittel**, anhand ausgewählter Produktarten, die durch Trocknen und Kühlen/Gefrieren konserviert werden. Es wurden Standards für die Produktqualität definiert, die sich sowohl auf den Vorstellungen der Verarbeiter, als auch auf den Wahrnehmungen der Verbraucher begründen. Die qualitätskontrollierte Trocknung des Produkts wurde implementiert, um die Qualität der verarbeiteten Bio-Lebensmittel zu erhalten. Darüber hinaus wurde für Bioprodukte die innovative Methode des Superchillings bewertet, um die Qualität, Energieeffizienz und Wettbewerbsfähigkeit der Bioverarbeiter zu verbessern.

2. Verarbeitungsrichtlinien, optimierte Prozesse (Produktqualität, höhere Energieeffizienz) und Geräte sowie Umweltverträglichkeits- (LCA) und Wirtschaftlichkeitsanalysen (LCCA) wurden definiert: Ba-

sierend auf den Projektergebnissen entwickelte das Konsortium das Dokument "Verarbeitungs- und Qualitätsrichtlinien für Bio-Lebensmittel", das aus 13 Kapiteln besteht. Darin geht es um den Einfluss der Rohstoffheterogenität, sowie um den Einfluss von Wärme und Dauer während der Trocknung auf die Produktqualität. Darüber hinaus wurden verbesserte Trocknungsstrategien und Prozesssteuerungskonzepte eingeführt. Es wurden Erkenntnisse über die innovative Technologie des Superchillings von Bio-Fisch und Schweinefleisch, sowie über den Einfluss von Vorbehandlungen auf die Gefrierlagerung gewonnen. Ökonomische und ökologische Auswirkungen der ökologischen Lebensmittelverarbeitung sowie Best Practice in Bezug auf praktische Trocknungs- und Logistikaspekte, sowie Kühl- und Gefrierverfahren werden beschrieben.

3. Einbeziehung von Interessengruppen: Die Ergebnisse des Projekts liefern dem Verarbeitungssektor von Bioprodukten, insbesondere Kleinbauern, detaillierte Informationen über eine verbesserte Verarbeitung für eine bessere Produktqualität. Während des Projekts wurden 12 Workshops und Seminare in den teilnehmenden Ländern erfolgreich durchgeführt. Die Partner trugen zu 7 Workshops auf Konferenzen und Messen bei. Der Koordinator (UNI KASSEL) hielt außerdem jeweils ein Produzenten-Seminar in Österreich und Frankreich für Verbände ab, die durch andere Veranstaltungen auf das Projekt aufmerksam geworden waren. Die Projektergebnisse geben mehrere Ansätze für eine verbesserte Verarbeitung im Hinblick auf die Erhöhung der Produktqualität und die Verringerung der Umweltbelastung und damit der Prozesskosten. Rohstoffverluste können reduziert werden, indem Ideen zur Verwendung von Produkten, die der Markt ablehnt, aufgezeigt werden. Darüber hinaus wurden den Stakeholdern Möglichkeiten zur Einbindung neuer Steuerungssysteme in ihre Systeme und zukünftige Verbesserungen zur Energieeinsparung, z.B. Wärmepumpen, angeboten. Selbsttraining und Verarbeitungs- und Qualitätsrichtlinien stehen den Interessengruppen zur Verfügung. Es wurden 12 Produktions- und Energieaudits durchgeführt und zwei Trockner für Teilnehmer im Hopfen- und Kräutersektor entwickelt.

Weiterhin ermöglichte das Projekt die Integration von 33 Nachwuchswissenschaftlern (Bachelor-, Master- und Doktoranden) und damit ihre Weiterbildung in verschiedenen Bereichen der Lebensmittelverarbeitung. Neben den Workshops und Seminaren für Stakeholder wurde das Projekt auf 15 Konferenzen vorgestellt und führte zu einer Veröffentlichung von 13 Publikationen in internationalen Zeitschriften, 4 weitere sind bereits eingereicht, sowie der Veröffentlichung eines Buchkapitels.

Das Konsortium veranstaltete außerdem einen Innovationstag im Rahmen der 2. Nordic Baltic Drying Konferenz im Juni 2017 in Hamburg.

Für interessierte Universitätsstudenten und -verarbeiter wurde ein E-Learning-Kurs entwickelt, der vom Lebensmittelverband ISEKI veranstaltet wird, zusammen mit dem FiBL-Team wurde ein Video zur Optimierung von Hopfen- und Kräutertrocknern produziert.

Die UNI KASSEL koordinierte das SusOrganic Projekt, folgend sind die Ergebnisse aus den einzelnen WPs beschrieben, an denen die UNI KASSEL beteiligt war.

WP1 Technologie-, Markt- und Verbraucherverhaltensanalysen

In diesem WP wurden Umfragen zur Nachhaltigkeit und Produktqualität für Produzenten, Konsumenten und Händler von der UNI KASSEL entwickelt, von den Partnern in alle beteiligten Partnersprachen übersetzt und über mehrere Kanäle (Internet, Telefon, Direktkontakt) an die Teilnehmer verteilt. Die Antworten waren in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich, was auch von der Verteilung der ökologischen Produktion/Verarbeitung innerhalb der Länder abhängen könnte.

Was die Umfragen bei den Erzeugern betrifft, so waren die Antworten sehr gering (3 via E-Mail aus Deutschland), was darauf zurückzuführen ist, dass viele Erzeuger nicht daran interessiert sind, ihre Verarbeitungsaktivitäten zu teilen. Dies könnte mit einem Mangel an Vertrauen in akademische Einrichtungen zusammenhängen oder aber die Verarbeiter sehen keine Notwendigkeit, da sie mit dem Status Quo zufrieden sind. Sicher hängt der geringe Rücklauf auch damit zusammen, dass die Produkte (getrocknete, gekühlte/gefrorene Lebensmittel) derzeit einen sicheren Markt haben, die Energiekosten/-verbrauch kein wichtiger Faktor für die Existenzgrundlage der Unternehmen sind und die Verbraucher die Produktqualität, die sie geboten bekommen, akzeptieren. Aus diesem Grund wurde von der Uni Kassel der Hopfen- und Kräutersektor in das Projekt einbezogen, was zu 12 Audits führte, sowie zum Entwurf von 2 Kräutertrocknern (UNI KASSEL und Meridian).

Obst und Gemüse werden in der Regel in Einzelschichten in Hordentrocknern getrocknet. Oft wird im Batch-Prozess getrocknet, der auf dem Überstrom der erwärmten Luft basiert. In der Hopfen- und Kräutertrocknung werden in der Regel zwei Arten von Trocknungsanlagen eingesetzt, der Darrentrockner und der Bandrockner, beide mehrschichtig. Ein Hauptunterschied zwischen diesen beiden Geräten ist der Luftstrom, der im Darrentrockner durch das Produkt, und im Bandrockner über das Produkt strömt. Im Allgemeinen sind die Probleme bei der Trocknung die Verwendung alter/veralteter Techniken mit minimaler oder gar keiner Prozesskontrolle. Im Trocknungsprozess wird oft nicht die Produktqualität berücksichtigt, sondern feste Trocknungszeiten nach bestem Wissen und Gewissen des Verarbeiters angewandt. Oft erfüllen die Trocknungsparameter nicht die optimalen Voraussetzungen für eine maximale Qualitätserhaltung. Unzureichende Luftvolumenströme sind eine große Herausforderung, die zu einer unbefriedigenden Produktqualität führen, was zu erheblichen Schwankungen im Energieverbrauch führt. In der Regel werden fossile Brennstoffe als Energiequelle genutzt, in wenigen Fällen wird Holz als erneuerbare Energiequelle verwendet. Je größer die Jahresleistung, desto professioneller sind die Verarbeiter und investieren beispielsweise in die Wärmerückgewinnungsmaßnahmen. Energieaudits für Kräuter und Hopfen zeigten Energieeffizienzen zwischen <10% und ca. 60%, was ein großes Verbesserungspotenzial deutlich macht.

Die Uni Kassel konnte eine weitere Herausforderung, insbesondere für Produzenten getrockneter Kräuter, identifizieren, welches die niedrigen (sogenannten sanften) Trocknungstemperaturen zwischen 30 und 40 °C, die von einigen Bio-Verbänden gefordert werden, sind. Oft führt dies zu nahezu kritischen Keimzahlen (Mikroorganismen = MO), insbesondere in den späteren Phasen der Vegetationszeit, wenn das Rohmaterial mit relativ hohen MO-Zahlen in das System gelangt. Insbesondere bei Kondensationstrocknern führt die Luftzirkulation zur Zirkulation von Sporen. Meist sind es eher Sicherheitsprobleme (Mikrobieller Befall), denn Energiesparpotentiale oder eine unzureichende Produktqualität, die die Hersteller veranlassen, Hilfe zu ersuchen. Eine Ausnahme bildet der Hopfensektor, wo die besonderen Anforderungen an die Erhaltung der Aromen zu einer Zusammenarbeit innerhalb des SusOrganic Projektes führte.

Darüber hinaus war die Händlerbefragung eine Herausforderung. Viele Lebensmittelgeschäfte gehören zu einer Handelskette und mussten daher von der Zentrale die Genehmigung für eine Befragung beim Filialleiter erhalten. Große Discounterketten zögerten am meisten oder gaben keine Antwort. Regionale Geschäfte oder Biomärkte waren kooperativer und zeigten, dass der Konsum von Bioprodukten und die Bereitschaft, einen höheren Preis zu zahlen, vom Vertrauen in das Öko-Label abhängen, aber auch die Regionalität ist ein Anreiz, in kleineren Geschäften zu kaufen. In Italien wurden 21 Einzelhändler befragt, in Deutschland 6, in Schweden 5 und Norwegen 3. Es ist jedoch auch interessant zu erwähnen, dass die Struktur der Lebensmittelgeschäfte in den Partnerländern sehr unterschiedlich ist, z. B. ist es schwer in Norwegen einen Laden zu finden, in dem nur Bioprodukte verkauft werden.

Im Hinblick auf die Verbraucherbefragung wurde eine von UNITUS durchgeführte Online-Umfrage für alle Länder zusätzlich zu den anderen Befragungswegen durchgeführt. Die Webplattform wurde mit der Software LimeSurvey entwickelt, die vom Amazon EC2-Dienst gehostet wurde. Die Daten wurden mit Hilfe der R-Computersoftware gesammelt und analysiert. Die Umfrage endete mit insgesamt 1593 abgeschlossenen Antworten (598 aus Norwegen per Telefon, 449 aus Italien per Online-Umfrage, 244 aus Deutschland per Direktkontakt und weitere 36 per Online-Umfrage, 166 aus Rumänien online und 100 aus Schweden online). Einige deskriptive Ergebnisse sind, dass mit Ausnahme von Norwegen der typische Verbraucher von Bioprodukten weiblich ist, ebenfalls mit Ausnahme von Norwegen wird die ökologische Produktion als nachhaltiger angesehen als die konventionelle, wird aber in den meisten Fällen mit der Produktion auf Ebene des landwirtschaftlichen Betriebs assoziiert, während weitere Verarbeitungsschritte nicht erwähnt werden. Der Begriff "Bio" wird oft mit "Regional" oder "Fair Trade" vermischt. Das Hauptqualitätsattribut für Verbraucher von Bioprodukten ist der Nährwert und die Nachhaltigkeit eines Produkts, das in den Köpfen der Verbraucher direkt mit dem Bio-Label verbunden ist und die Wahrnehmung der Qualität sowie die Kaufentscheidung beeinflusst. Interessanterweise ist das Erscheinungsbild kein Qualitätsparameter für die Verbraucher von Bioprodukten und beeinflusst die Kaufentscheidung nicht.

WP2 Trocknungstests

In WP2 wurde die Machbarkeit der Vis/NIR-Hyperspektral- und Einzelpunkt-(NIR)-Spektroskopie sowie der Bild-/Farbanalyse als intelligente Trocknungstechnologien zur proaktiven und zerstörungsfreien Erkennung und Überwachung von Qualitätsveränderungen in ökologischen Lebensmitteln untersucht. Zur Trocknung von Kartoffeln arbeitete UNITUS eng mit UNI KASSEL zusammen, um Regressionsmodelle zu entwickeln, die auf räumlichen Informationen basieren, gepaart mit Reflexionsunterschieden zwischen allen möglichen Wellenlängenpaaren im Spektralbereich von 500-1010 nm. Dadurch konnten Modelle entwickelt werden, anhand denen Änderungen des Feuchtigkeitsgehalts, des Farbtonwinkels und des Weiß/Gelb-Verhältnisses in Knollenscheiben von 5-, 7- und 9-mm Dicke bei selektierten Wellenlängen vorherzusagen. Weitere verwandte Arbeiten wurden zur Untersuchung von Äpfeln, Kartoffeln, Fleisch und Hopfen mit Vis/NIR-Hyperspektral- und Farbbildgebung durchgeführt, siehe auch WP4 (UNI KASSEL).

WP3 Optimierung von Trocknungsbedingungen und energetische Analysen

Hauptziel dieses Arbeitspakets war die Untersuchung verschiedener Trocknungsmethoden für Bio-Lebensmittel mit Fokus auf Lebensmittelqualität und energieeffizienter Verarbeitung. UNI KASSEL co-kooordinierte in diesem WP die Modifizierung einer industriellen konvektiven Trockenkammer mit einem Kamerasystem, das während des Trocknungsprozesses alle 5 Minuten ein Bild des Trocknungsproduktes aufnahm. Die so erhaltenen Daten wurden auf Farbwechsel (CIE-L*a*b* Farbraum und Browning Index), Schrumpfung und Verformung untersucht. Zur Überprüfung der Messmethoden wurden Apfelscheiben unter verschiedenen Bedingungen getrocknet und die Ergebnisse auf Plausibilität überprüft und mit anderen Experimenten verglichen. Die Experimente zeigten, dass optische Parameter von den Trocknungsbedingungen abhängen. Diese Erkenntnis kann wichtige Impulse für neue "intelligente" Trocknungsprogramme mit Fokus auf eine verbesserte Energieeffizienz und/oder Produktqualität geben. Das System ermöglichte die Demonstration eines ereignisgesteuerten oder "intelligenten" Trocknungsprozesses, bei dem die Trocknungstemperatur ständig so gesteuert wurde, dass die Produkttemperatur konstant ist. Der Trocknungsprozess verläuft daher schneller, da die Trocknungstemperatur höher ist als bei herkömmlichen Trocknungssystemen, bei denen die Trocknungstemperatur konstant gehalten wird. Gleichzeitig unterscheidet sich die Produktqualität zwischen dem "intelligenten" und dem konventionellen Trocknungsprozess nicht und kann evtl. sogar verbessert werden.

WP4 Entwicklung von Mess- und Regelsystemen, Platzierungsstrategie für Sensoren und Verknüpfung mit Qualitätskriterien (WP-Koordinator UNI KASSEL)

Ziel dieses WP war es, eine nicht-invasive Messung und ein Kontrollsystem für landwirtschaftliche Produkte zu entwickeln. Experimente zur Trocknung von Äpfeln, Hopfen, Kartoffeln und Rindfleisch wurden

durchgeführt und mit der hyperspektralen Bildgebung korreliert. Es wurden Vorhersagemodelle entwickelt und für jedes Produkt minimale Wellenlängensätze bestimmt, die die Vorhersage von Feuchtegehalt und Farbe während des Trocknungsprozesses ermöglichen. Für die Trocknung von Äpfeln und Kartoffeln bei 50, 60 und 70 °C Lufttemperatur, wurden auch verschiedene Vorbehandlungen (Blanchieren, Ascorbinsäure) durchgeführt, dies beeinflusste die Wellenlängenauswahl nicht. Vorbehandlungen mit Salz oder Salz und Essig sowie Gefrieren und Reifen für bei 70 °C Lufttemperatur getrocknetem Rindfleisch führten zu jeweils unterschiedlichen Sätzen an Wellenlängen. Die entwickelten Modelle erreichten Abweichungskoeffizienten $<0,9$ für den Feuchtegehalt, für die Farbwerte $<0,7$. Untersuchungen zur Enzymaktivität und zum Chlorsäuregehalt im Apfel zeigten keine Möglichkeit für hyperspektrale Analysen, aber Untersuchungen, auch zum Vitamin C-Gehalt, sind noch nicht abgeschlossen und werden im Rahmen des SusOrgPlus-Projekts fortgesetzt. Während die Vorbehandlungen für Äpfel und Kartoffeln die Trocknungszeit nicht beeinflussen, beeinflussen Vorbehandlungen die Trocknungskinetik für Rindfleisch und führen zu einer schnelleren Trocknung für mit Salz und Essig behandelte Proben und einer langsameren Trocknung für gesalzene Proben. Der Feuchtigkeitsgehalt aller untersuchten Rohmaterialien kann mit Hilfe einer reduzierten Teilmenge von Wellenlängen vorhergesagt werden.

Untersuchungen an den oben genannten Produkten führten zum erfolgreichen Einsatz einer RGB-Kamera in einem Hopfentrockner, um die Farbveränderung während der Trocknung zu beobachten, ferner wurde eine Hyperspektralkamera eingesetzt, um weitere Informationen über die Wellenlängen zu erhalten, die zur Messung des Feuchtigkeitsgehalts und der chemischen Verbindungen notwendig sind.

Als Nebeneffekt der durchgeführten Trocknungstests an Rindfleisch verschiedener Status (frisch, frisch gefroren, reif, reif gefroren) wurde ein vorläufiges Klassifizierungsmodell entwickelt, das die nicht-invasive Detektion des Fleischzustands, unter Verwendung von Informationen aus dem sichtbaren und Vis/NIR-Bereich, ermöglicht. Dies hat sowohl für den Bio- als auch für den konventionellen Sektor ein großes Potenzial, da alle derzeit verwendeten Methoden invasiv sind, was zu einem wirtschaftlichen Verlust für die zu untersuchenden Fleischstücke führt. Gleichzeitig können nur Stichproben überprüft werden, was nur begrenzte Informationen liefert. Darüber hinaus wurden erste vielversprechende Ergebnisse für die Entwicklung des Nachweises von DFD-Fleisch gesammelt.

Es wurden mehrere Steuerungssysteme im Zusammenhang mit der Trocknung entwickelt, die produkttemperaturgesteuerte Trocknung in konventionellen Trocknern und die enthalpiegesteuerte für Wärmepumpentrockner.

Trocknungsgeräte zielen darauf ab, gute Trocknungsbedingungen im gesamten Gerät zu schaffen, daher wurden CFD-Simulationen in Schrank- und Bandtrocknern durchgeführt und verifiziert.

Folgende Aufgabenstellungen wurden erfolgreich umgesetzt:

Aufgabe 1.1: Entwicklung von Hardware-Setups:

Der einschichtige Labortrockner ist eine produkttemperaturgesteuerte Trocknungsanlage, die die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit mit Hilfe von Sensoren und optischen Geräten steuert (Abb. 1). Das komplette Trocknersystem besteht aus Absaugung, Befeuchter, Heizung und Trockner (s.u.). Die Trockenkammer selbst ist mit Farb-, Hyperspektral- und Wärmebildkameras ausgestattet.

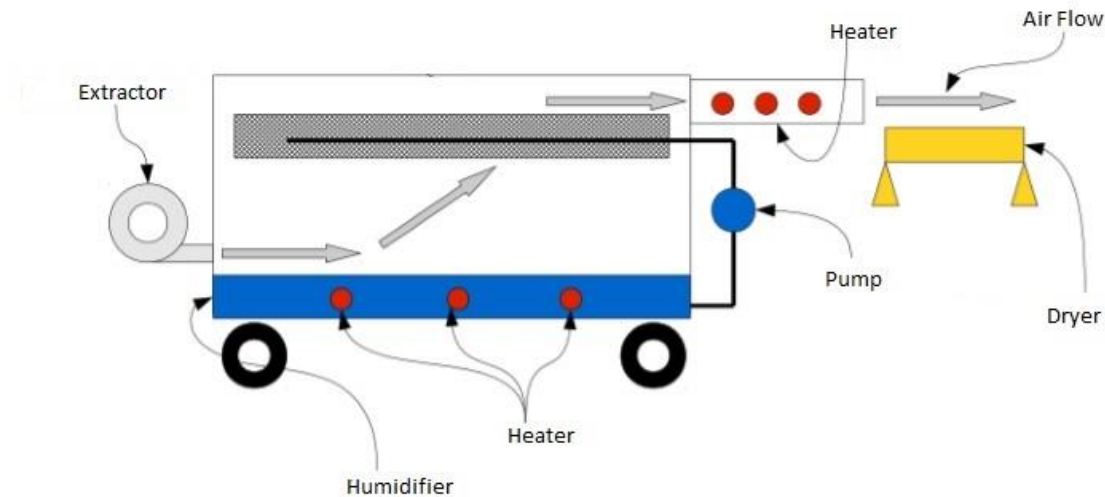


Abb. 1: Aufbau eines Einschichttrockners

Weiterhin wurde eine Hardware zur Farbmessung, die Spektralinformationen während des Trocknungsprozesses der Hopfentrocknung erhebt, entwickelt:

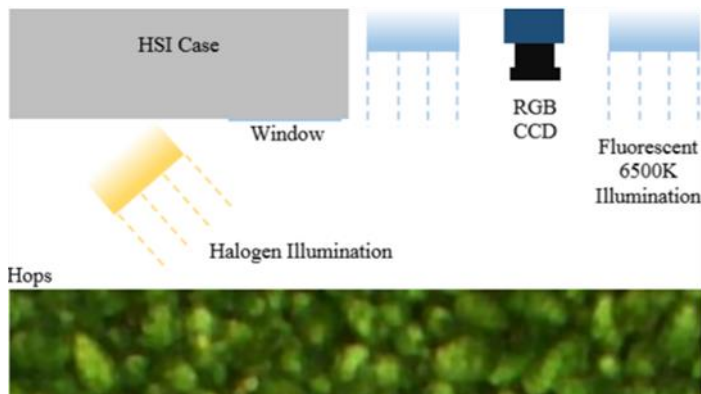


Abb. 2: Aufbau für Messgeräte in einem Hopfentrockner

Dazu wurde ein Trockner mit einer Reihe von Temperatur-, Feuchte- und Luftstromsensoren ausgestattet, um die zeitlichen und besonderen Bedingungen innerhalb des Systems zu beurteilen. Kombinierte Temperatur-/Feuchtesonden wurden installiert und in verschiedenen Füllhöhen innerhalb der Schüttgüter positioniert, um die Entwicklung von Temperaturen und Luftfeuchtigkeit in den Schüttgütern zu messen. Die Pro-

dukttemperatur an der Oberfläche des Schüttgutes wurde kontinuierlich gemessen. Alle Werte, mit Ausnahme der kombinierten Temperatur-/Feuchtesonden, wurden direkt an einen Computer übertragen und gespeichert. Die chromatischen Messungen wurden mit einer kalibrierten RGB-Kamera, die neben der Hyperspektralkamera im Trockner installiert wurde, durchgeführt, um Farbwechsel zu überwachen. Die hyperspektrale Messungen wurden über den gesamten Prozess zu bestimmten Zeitpunkten durchgeführt.

Um die beste Datenqualität zu erreichen, wurde die Hyperspektralkamera (Specim Spectral Imaging Ltd., Finnland) in einem Schutzgehäuse innerhalb des Trockners über dem Hopfenstapel platziert. Die Kamera wurde in Kombination mit einer Spiegeltranslationseinheit und einem 35mm Schneider-Objektiv (Xenoplan 1.9/35, Schneider Optische Werke GmbH, Deutschland) eingesetzt. Sowohl das RGB- als auch das KIS-System wurden entsprechend der Einstellung kalibriert.

Außerdem wurde ein Prototyp des Diagonal-Kistentrockners mit optischen Messinstrumenten zur Produktüberwachung ausgestattet.

Aufgabe 4.2: Entwicklung von Steuerungssystemen:

(1) Inflexionspunktgesteuerte Trocknung: Diese Strategie basiert auf der Untersuchung, dass der Trocknungsprozess in drei Phasen unterteilt werden kann. In Phase 1 ändert sich die Produkttemperatur an der Oberfläche erst, wenn die freie Feuchtigkeit vollständig verdampft ist. Diese Phase kann durch eine höhere Trocknungslufttemperatur verkürzt und die Produktqualität erhöht werden. Phase 2, wird unter einer niedrigeren Temperatur durchgeführt, um Qualitätsverluste zu vermeiden. Diese Phase dauert so lange, bis nur noch Dampf in den Poren zurückbleibt. In der Endphase 3 erfolgt die Wasserdampfdiffusion, die wiederum bei einer höheren Temperatur als in Phase 2 erfolgen kann. Die verschiedenen Phasen können durch die Oberflächentemperatur bzw. die Entwicklung dieser Temperatur überwacht werden.

(2) Produkttemperaturgesteuerte Trocknung: Die produkttemperaturgesteuerte Trocknung basiert auf der Tatsache, dass während der Trocknung bei konstanter Temperatur die Temperatur der Trocknungsluft aufgrund der Verdunstung von Feuchtigkeit, die das Produkt während der Trocknung kühlt, höher ist als die Produkttemperatur. Bei einem Steuerungssystem wird die Oberfläche des Produkts mit pyrometrischen oder Infrarotgeräten überwacht und die Trocknungslufttemperatur beginnt auf einem Niveau, bei dem die Produktoberfläche die zuvor definierte Temperatur erreicht. Während des Trocknungsprozesses sinkt die Lufttemperatur, während die Produkttemperatur gleich bleibt. Dieses Steuerungssystem kann zu einer höheren Produktqualität führen, da die Verarbeitungszeit verkürzt wird und zudem der Energieverbrauch des Trockners sinkt.

Eine weitere Regelstrategie ist die enthalpiegesteuerte Trocknung. Diese Strategie gilt für Wärmepumpentrockner, da die Trocknung in Batch-Prozessen ineffizient wird, sobald die sensible Wärme zunimmt und

die Latentwärme abnimmt, da während der Trocknung weniger Wasser verdampft. Eine Idee für eine Regelstrategie ist die Regelung des Luftstroms der Trockenluft. Sobald die relative Luftfeuchtigkeit im Inneren des Trockners einen bestimmten Wert unterschreitet, nimmt der Luftstrom ab und führt zu einer konstant hohen Latenzwärme. Diese Strategie muss jedoch weiterentwickelt werden.

Aufgabe 4.3: Identifizierung der Platzierung des Sensors:

Ein Modell eines Hordentrockners wurde mit einer CFD-Simulation überlagert. Die Ergebnisse zeigen eine zufriedenstellende, nahezu gleichmäßige Luftgeschwindigkeit über alle Horden, wobei die Geschwindigkeit jedoch immer etwas höhere Werte an der Vorderseite einer Horde aufweist, die über deren Länge abnimmt (Abbildung 3):

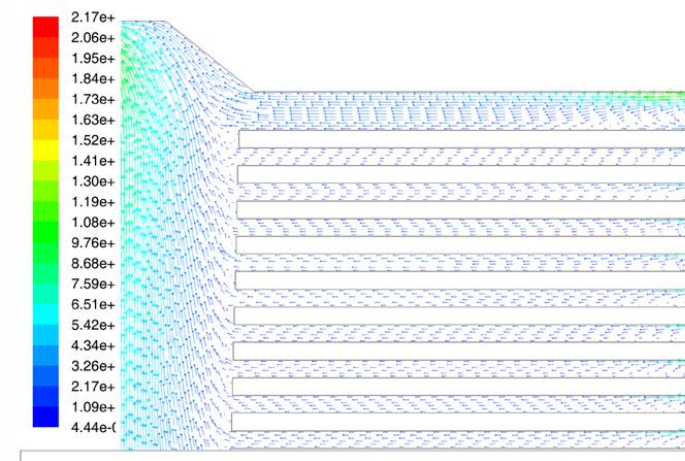


Abb. 3: CFD-Simulation eines Schranktrockners (HTmini, Innotech Ingenieurgesellschaft mbH)

Basierend auf den Ergebnissen der CFD-Simulation wurde beschlossen, den Sensor zur Überwachung der Produkttemperatur in der Mitte über der obersten Horde zu installieren, da diese als repräsentativ für den gesamten Trockner angesehen werden kann. Es wurden Verifizierungstests durchgeführt und ein Proof-of-Concept erzeugt.

Aufgabe 4.4: Scale-Up-Tests in gewerblichen Schranktrocknern:

Die Entwicklung der Steuerung und die Platzierung des Sensors erfolgte in dem kleinsten handelsüblichen Trockner (HTmini), den die Innotech Ingenieurgesellschaft mbH produziert, und wurde von Meridian erfolgreich auf größere Schranktrockner übertragen.

Zusätzliche Aufgabe (über den ursprünglichen Umfang hinaus): Fleischstatusbestimmung (frisch/gefroren, Reife) und pH-Wertbewertung

Es wurden zwei Ansätze entwickelt, um zwischen frischem und aufgetautem und gereiftem und gereift-aufgetautem, sowie frischem und gereiftem Rindfleisch, unter Verwendung der Hyperspektralanalyse (500-

1010 nm) und CIELAB-Messungen, zu unterscheiden. Die Ergebnisse zeigen eine erfolgreiche Klassifizierung basierend auf CIELAB-Werten zwischen 1) frischem und gefrorenem ($CCR = 0,93$) und 2) frischem und gereiftem Rindfleisch ($CCR = 0,92$). Weiterhin war die Klassifizierung über den gesamten Spektralbereich zwischen gereiftem und gereift-gefrorenem Rindfleisch ($CCR = 1,00$) erfolgreich. Auch die Leistung von reduzierten Spektralmodellen wurde untersucht. Insgesamt wurde festgestellt, dass die CIELAB-Koordinaten für eine erfolgreiche Klassifizierung für alle Vergleiche mit Ausnahme von gereiften und gereift-gefrorenen Rindfleisch verwendet werden können.

Es wurde eine Schwellenwerterkennung für den pH-Wert bei Rindfleisch mit unterschiedlichen Frischegraden (frisch, frisch-aufgetaut, gereift und gereift aufgetaut) durchgeführt. Die Verwendung der SVM-Analyse (Support Vektor Machine), die die Klassifizierung von Rindfleischproben mit einem pH-Wert über 5,9 und unter 5,6 mit einer Genauigkeit von 91% bzw. 99% ermöglicht, war erfolgreich. Diese Methode kann helfen, eine vollständigere Fleischstatusanalyse zu erstellen, da keine Probenahme erforderlich ist. Mit den gängigen Standardmethoden werden in der Regel Stichproben durchgeführt, bei denen Material entnommen werden muss, so dass daraus eine Wertminderung der untersuchten Fleischstücke resultiert. Weiterhin wird im Durchschnitt nur jedes 50. Stück Fleisch beprobt.

WP5 Qualitätsbeurteilung und Qualitätsstandards

Das übergeordnete Ziel dieses WP war die Unterstützung der Arbeitspakete, die sich 1. mit der Verbesserung des Prozessverständnisses durch eine eingehende Analyse der Veränderungen eines Produktes während der Trocknungs- und Kühl-/Gefrierprozesse, 2. der Entwicklung verbesserter Prozesseinstellungen und 3. neuen Technologien und Techniken sowie Nachrüstungen (WPs 2-4 und 6) befassen. Zu diesem Zweck wurden umfangreiche Analysen von chemischen, mikrobiologischen, strukturellen, sensorischen und visuellen Eigenschaften von Produkten und Haltbarkeitstests für die getrockneten und gekühlten/gefrorenen Produkte durchgeführt. Die UNI KASSEL lieferte in diesem Rahmen Produkte aus den WP 2 und 4 (Fleisch, Obst (Äpfel), Gemüse (Karotten, Kartoffeln und Süßkartoffeln), Kräuter und Hopfen). Die Ergebnisse wurden an die jeweiligen WPs zurückgegeben und für die Prozessanalyse und -optimierung sowie die Entwicklung nicht-invasiver Mess- und Regelsysteme mit chemometrischen Methoden verwendet.

Basierend auf den Ergebnissen der in den Labors durchgeführten Prüfungen sowie den praktischen Erfahrungen aus Produktionsaudits und der Diskussion mit den Produzenten bei zahlreichen Stakeholderveranstaltungen wurde ein umfangreicher und zugleich ausführlicher Verarbeitungs- und Qualitätsleitfaden erstellt.

WP7 Wertschöpfungskettenmanagement, Life Cycle (LCA) und Life Cycle Cost (LCCA) Analysen

Die UNI KASSEL lieferte Informationen und Ergebnisse zu den an der Uni Kassel bearbeiteten Produkten, sodass die Partner der SLU verlässliche LCAs und LCCAs erstellen konnten.

WP8 Wissensweitergabe und Training

Ziel dieses WP war es, die Ergebnisse des Projekts im wissenschaftlichen Umfeld, wichtiger aber noch an die wichtigsten Interessenvertreter der Agrar- und Lebensmittelkette, die im ökologischen Sektor tätig sind, weiterzugeben. Ein weiteres Ziel war die Entwicklung von Schulungsmaterial, das die Verbesserung der technischen und wissenschaftlichen Kompetenzen der Arbeitskräfte im ökologischen Agrar- und Ernährungssektor und in der Bio-Kette einschließlich Fachleuten, Landwirten und Verarbeitern ermöglicht.

Die Ergebnisse der Projektforschung haben es ermöglicht 13 Publikationen in internationalen Zeitschriften (davon 6 UNI KASSEL), und ein Buchkapitel (UNI KASSEL) zu veröffentlichen, während 4 weitere Zeitschriftenbeiträge bereits eingereicht wurden (davon 1 UNI KASSEL) und 15 in Vorbereitung sind (davon 6 UNI KASSEL).

Die Partner nahmen an Konferenzen (6 Uni KASSEL) teil und präsentierten die allgemeinen Ziele des Projekts oder spezifische Projektforschungsergebnisse. Als zusätzliches Instrument der Wissensverbreitung wurden Praktika, Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten aufgenommen. Diese sind das Ergebnis der Beteiligung der Studierenden an den Forschungen der Partner, wodurch auch die Verbreitung der Projektaktivitäten an eine unerwartete Zielgruppe (Studierende) erweitert werden kann. Die Studenten wurden in die Laborarbeit einbezogen, aber auch die Arbeit auf verarbeitenden Betrieben wurde ermöglicht. Insgesamt wurden 36 studentischen (Abschluss-) Arbeiten erstellt oder sind in Vorbereitung, davon 19 an der UNI KASSEL.

Was die Trainingsmaterialien und -instrumente betrifft, so haben sich die Partner an der Organisation von nationalen und internationalen Workshops beteiligt. Die UNI KASSEL gab im Rahmen des SusOrganic Projektes 9 Seminare/Workshops, sowohl im In-, als auch im Ausland.

Weiterhin wurden unter Beteiligung aller Partner allgemeine Inhalte sowie Richtlinien für die Verarbeitung von Bio-Lebensmitteln auf der Grundlage der Ergebnisse des SusOrganic-Projekts in Form eines E-Learning-Moduls ("Sustainable processing for organic food products") erstellt. Das E-Learning-Modul wurde in die E-Learning-Plattform der ISEKI-Food Association hochgeladen, die sich bereit erklärt hat, dieses neue Modul kostenlos zu hosten und es, in Zusammenarbeit mit der Universität Teramo (IT), aktiv und aktuell zu halten. Dieses Modul wird jedem interessierten Trainer des SusOrganic-Projekts und jedem Praktikanten auf Anfrage kostenlos zur Verfügung gestellt.

Social Media wurde nur in begrenztem Umfang genutzt, da alle Partner sich mehr für die Forschungsaufgaben engagieren. Eine Facebook-Seite wurde eingerichtet, aber nicht aktualisiert. Auf der anderen Seite wurde im Researchgate eine SUSORGANIC-Projektseite mit über 30 Followern und 277 Reads eingerichtet (letztes Update: April 2018).

WP9

Die Gesamtprojektkoordination wurde von UNI KASSEL übernommen, die sich um die interne Projektüberwachung, das Controlling und das Risikomanagement kümmerte. Es wurde eine E-Mail-Kommunikationsstruktur bereitgestellt (susorganic-partners@uni-kassel.de). Alle zwei Monate wurden Telefonkonferenzen zum Projekt organisiert, um die Kommunikation über den Fortschritt zu erleichtern und das Gemeinschaftsgefühl zu fördern. Weiterhin wurde auf orgprints.org eine Seite für das SusOrganic Projekt errichtet, auf dem die Veröffentlichungen einsehbar sind (<http://orgprints.org/view/projects/SusOrganic.html>). Die Rolle des Koordinators innerhalb dieses Projekts war: (a) Vorbereitung, Organisation und Vorsitz der Projektbesprechungen; (b) Kontrolle der Arbeitsinhalte in jedem Arbeitspaket mit Spezifikationen und Zeitplan; (c) Projektüberwachung unter Verwendung vordefinierter Indikatoren zur Überwachung von Leistung und Wirkung; (d) Berichterstattung.

Zwei allgemeine Projekttreffen (März 2016 in Teramo, IT; Februar 2017 in Kassel, DE) aller Partner zuzüglich des Kick-Offs (März 2015 in Witzenhausen, DE) und des Abschlusstreffens (November 2017 in Bukarest, RO) wurden geplant und durchgeführt. Das Abschlusstreffen fand drei Monate vor Projektende als Arbeitstreffen zur Auswertung statt, so dass die zu dieser Sitzung beschlossenen Aktionspunkte noch innerhalb des Projekts durchgeführt werden konnten. Der Koordinator hat an einer von den CoreOrganicPlus-Koordinatoren organisierten Sitzung (Rumänien, Oktober 2016) teilgenommen.

Jeder WP-Leiter arbeitete eng mit dem Projektkoordinator und den anderen Projektpartnern zusammen. Die Arbeitspaketleiter waren für die Koordination ihrer jeweiligen Arbeitspakete und die damit verbundene Berichterstattung verantwortlich. Interessenvertreter wurden nach Möglichkeit einbezogen, um den Output des Projekts zu stärken.

PM und Projektbudget

Die im SusOrganic Projekt durchgeführten Arbeiten zu den o.g. Arbeitspaketen verteilten sich auf 24 PM, weitere 7 PM wurde als Eigenleistung zur Verfügung gestellt. Die bewilligten 154485,23 € wurden mit 154666,78 € geringfügig überschritten.

Wissenschaftliche Beiträge:

Konferenzen:

Alle Partner (insgesamt 10 projektbezogene Präsentationen): Novelty Day (organisiert von UNI KASSEL und SINTEF) auf der Nordic Baltic Drying Conference 2017, Hamburg, 7th June 2017 (<https://www.tuhh.de/spe/ndbc-2017/outlinedates/novelty-day.html>).

Crichton, S., Sturm, B., Hurlbert, A. (2015). Moisture content measurement in dried apple produce through visible wavelength hyperspectral imaging, 2015 ASABE Annual International Meeting.

Crichton, S.O.J., Münsterer, J., Kammhuber, K., Sturm, B. (2016). Online measurement of hop moisture content and chromaticity during bulk drying with visual - near infra-red hyperspectral imaging, CIGR AgEng 2016, Aarhus, Denmark

Sturm, B., Münsterer, J., Kammhuber, K., Crichton, S.O.J. (2016). Impact of bulk weight on drying behaviour and hop quality after drying, CIGR AgEng 2016, Aarhus, Denmark

Sturm B., Pittia P. (2016). Development of quality standards and optimised processing methods for organic produce: the SUSORGANIC project, 4th ISEKI-Food Conference, Vienna (AT), 6-8 July 2016.

von Gersdorff, G.J.E, Crichton, S.O.J., Retz, S.K., Hensel, O. & Sturm, B. (2016). Drying of fresh organic beef with different pre-treatments, IDS 2016, Gifu, Japan

Journal:

Amjad, W., Crichton, S.O.J, Munir, A., Hensel, O., Sturm, B. (2018). Hyperspectral imaging for the determination of potato slice moisture content and chromaticity during the convective hot air drying process, *Biosystems Engineering* 166, 170-183

Amjad, W., Crichton, S.O.J, Munir, A., Hensel, O., Sturm, B. (2018). Development of a mobile camera system for small industrial quasi-continuous driers. (in Vorbereitung).

Crichton, S.O.J., Kirchner, S.M., Porley, V.E., Retz, S., von Gersdorff, G. Hensel, O., Weygandt, M., Sturm, B. (2017). Classification of organic beef freshness using VNIR hyperspectral imaging, *Meat Science* 129, 20-27

Crichton, S.O.J., Kirchner, S.M., Porley, V.E. Retz, S., von Gersdorff, G. Hensel, O., Sturm, B. (2017). High pH thresholding of beef with VNIR hyperspectral imaging, *Meat Science* 134, 14-17

Crichton, S., Shrestha, L., Hurlbert, A., & Sturm, B. (2018). Use of hyperspectral imaging for the prediction of moisture content and chromaticity of raw and pretreated apple slices during convection drying. *Drying Technology*, 36(7), 804-816.

Md Saleh, R., Kumar, A., Kuhlig, B., Hensel, O., Sturm, B. (2018). Investigation of drying kinetics and quality changes in organic carrots (*Daucus carota* v. Laguna) for optimisation of drying parameters (in Vorbereitung).

Md Saleh, R., Sturm, B., Hensel, O., Nurul Afaz, A.K (2018). Investigation and mathematical modelling of adsorption isotherms of a Malaysian variety of purple sweet potato at different temperature. (in Vorbereitung).

- Meriluoto, L., von Gersdorff, G., Hensel, O., Sturm, B. (2018). Food quality perception of organic consumers. (in Vorbereitung).
- Moscetti, R., Sturm, B., Amjad, W., Crichton S., Massantini, R. (2017). Monitoring of organic potato (cv. Anuschka) during hot-air drying using Vis/NIR hyperspectral imaging, *Science of Food and Agriculture*, doi: 10.1002/jsfa.8737
- Raut, S., Gersdorff, G. v., Wittkamp, S., Münsterer, J., Kammhuber, K., Nasirahmadi, A., Hensel, O., Sturm, B. (2018). Impact on storage pre drying on drying kinetics and quality of hops cv. Mandarin Bavaria. (in Vorbereitung).
- Retz, S.K.; Porley, V.E.; von Gersdorff, G.J.E; Hensel, O.; Crichton, S.O.J. & Sturm, B. (2017) Effect of maturation and freezing on quality and drying kinetics of beef. *Drying Technology*, 35 (16), pp. 2002-2014.
- Shrestha, L., Moscetti, R., Kuhlrig, B., Hensel, O., Pawelzik, E., Hensel, O., Sturm, B. (2018). Control of browning development and enzymatic activity on apple slices using physical and chemical treatments, *LWT – Food Science and Technology*. (eingereicht)
- Sturm, B., Raut, S., Münsterer, J., Kammhuber, K., Crichton, S.O.J. (2018). Impact of process settings on drying kinetics, colour and chemical composition of hops (cv Mandarin Bavaria), using RGB and HIS imaging, *Brewing Science* (in Vorbereitung)
- von Gersdorff, G.J.E.; Porley, V.E.; Retz, S.K.; Hensel, O.; Crichton, S.O.J. & Sturm, B. (2017) Drying behavior and quality parameters of dried beef (biltong) subjected to different pre-treatments and maturation stages. *Drying Technology*, 36 (1), pp. 21-32.

Buchkapitel:

- von Gersdorff, G.J.E., Bantle, M., Hensel, O., Sturm, B. (2017). Chapter 8: Improvement of Product Quality and System Performance in Processing of Organic Products, In *Sustainable Food Systems from Agriculture to Industry: Improving Production and Processing*, Springer, 245-273.

Workshops/Seminare:

- Sturm, B: Seminar Hopfentrocknung (Hop drying), Biolandwoche Plankstetten, 1.-4. Februar 2016
- Sturm, B: Seminar Streuobsttrocknung, Biolandwoche Plankstetten, 1.-4. Februar 2016
- Sturm, B: Seminar Kräutertrocknung, Österreichischer Bergkräutergenossenschaft, Hirschbach (AT), 15. März 2016
- Sturm, B: Seminar Hopfentrocknung (Hop drying), Hopfenerzeugerverband Elsass, 12. Juli 2016
- Sturm, B: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Prozesstechnik-Forum Energieeffiziente Trocknung, “Steigerung der Energieeffizienz beim Trocknen durch Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik“, 9. November 2016
- Sturm, B., Gebresenbet, G. Bosona, T., Massantini, R., Moscetti, R. (2017). "Seminar: New techniques and technologies used in organic horticulture“, 15. November 2017 in Bucharest, Romania
- Sturm, B: Themenabend Heilpflanzen und Lebensmitteltrocknen - effizient und mit neuester Technik (Herb and Food drying – efficient and with newest technology), BOKU Wien, AT, 1. Februar 2018

Sturm, B: 2 Seminare bei der "Gesellschaft für nachhaltige Entwicklung (GNE)"

- 11.12.2016 CPA/KUR/Praktikum- Program
- 22.09. und 23.09.2016 CPA/KUR/Praktikum- Program

Sturm B.: 1 Seminar bei der DAAD Winter Alumni School 2018 an der Universität Kassel zur nachhaltigen Lebensmittelverarbeitung

Weitere Beiträge zum Projekt

Information zum Projektstart auf oekolandbau.info: <http://www.forschung-oekolandbau.info/en/nachrichten-archiv/nachricht/article/susorganic-im-rahmen-von-core-organic-plus-gestartet.html>, September 2015

Projektbeschreibung auf FISA online (http://www.fisaonline.de/index.php?lang=dt&act=projects&view=details&p_id=8284)

Pressemitteilung Uni Kassel: "Gentle and energy efficient processing of organic food", September 2015

Artikel in der HNA (regionale Tageszeitung: "Trocknung verbraucht viel Energie"), Oktober 2015

Artikel in Agrarzeitung.de (online Magazin): "Vermeidung von Qualitätsverlusten", September 2015.

Artikel in gaertner-und-florist.at (online Magazin, Österreich): "Universitätsprojekt "SusOrganic" betrachtet die Verarbeitung ökologischer Lebensmittel", September 2015.

Artikel in Clean Energy Project (Online Magazin): "CoreOrganic Initiative" (<http://www.cleanenergy-project.de/cleantech/wissenschaft/6887-core-organic-initiative>), September 2015.

Report in Ökologie und Landbau: "Schonende und effiziente Verarbeitung", Sturm, B. & von Gersdorff, G., Januar 2016.

Pressemitteilung Universität Kassel: "Erfolgreiche Zwischenergebnisse des SusOrganic Projekts".

Im SusOrganic Projekt beteiligte Studenten

Thesis Titel	Name/Grad	Jahr
Preparation of apple powder as a value added product and case studies on socioeconomic status of Jumla and Mustang district of Nepal	Luna Shrestha (MSc. Dissertation)	2015
On-farm meat processing of beef with canned meat production on Farm Krumhuk, Namibia	Clemens Voigts (MSc. Dissertation)	2015
Process development of improved meat drying	Gardis v. Gersdorff (PhD student)	Started in 2015
Welchen Einflüssen unterliegt die Trocknung von Pfefferminze in Bezug auf den Trocknungsverlauf und die Produktqualitäten? (Which are the impacts that influence the drying behaviour and product quality of peppermint? (Project thesis)	Sarah Wittkamp (Bachelor Student)	2016
Increase of nutritional value of dried agricultural products	Nasim Marzban (MSc. Dissertation)	2016
Consumers' Understanding of Sustainability of Organic Food Products and its Effect on Quality Perception	Linda Meriluoto (MSc. Dissertation)	2015
Investigation of the drying kinetics of beef	Victoria Porley (MSc. Dissertation)	2016
Optimisation of Commercial Herb Dryers	Jessica Lucinda Amprako (MSc. Dissertation)	2016
Konzeption und Modellierung eines Konvektionstrockners für biologische Güter	Dennis Harder (MSc. Dissertation)	2016
Study of the development of quality standards and optimised methods for organic meat products	Ariadna Jimenez (Master Student, internship report)	2016
Influence of different processing methods on the quality of fruit powder and its consequent products	Luna Shrestha (PhD student)	started in 2016
Impact of different drying conditions on the Vit C content of carrots	Avinash Kumar (MSc. Dissertation)	started in 2017
Impact of storage pre drying on the final quality of hops	Sarah Wittkamp (BSc dissertation)	started in 2017
Influence of process setting in convective apple drying on selected quality parameters	Bernadette Kiesel (MSc. Dissertation)	2017
Investigation of potential drying strategies for quality maintenance of organic carrot	Rosalizan Md. Saleh (PhD student)	Start Dec 2016

Optimizing drying processes using dynamic adaptive control systems with real time measurement of agricultural product quality	Sharvari Raut (PhD student)	Start: Jan 2017
Development of a solar coffee roasting device	Faizan Majeed (PhD student)	Start: Dez 2017
Kunststofffreie Käseherstellung - lohnenswert aus Sicht der Produzenten? (Plastic free cheese production - worthwhile from the point of view of processors?)	Hannah Suhre (internship report)	2018
Investigation of impact of drying conditions on selected chemical components in apples	Yassin Reda (MSc. dissertation)	Start: Dez 2017