



Schlussbericht zum Thema

**SusOrgPlus - Entwicklung von
intelligenten und energiereduzierten
Verarbeitungsketten, natürlichen
Lebensmittelzusatzstoffen und
Farbstoffen sowie unterstützendes
Material für einen Verhaltenskodex zur
Erhöhung der Nachhaltigkeit und der
Verbraucherakzeptanz von Bio-
Lebensmitteln**

FKZ: 2817OE006

**Projektnehmer: Innotech
Ingenieursgesellschaft mbH, Agrartechnik,
Universität Kassel**

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

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische und nachhaltige Land- und Lebensmittelwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) finanziert und in der BÖLN-Geschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in Bonn in die Praxis umgesetzt. Das Programm untergliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder, den Forschungs- und den Informationsbereich.

Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter

www.bundesprogramm.de

Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel: 0228-6845-3280
E-Mail: boeln@ble.de

Übersicht der geleisteten Arbeiten im SusOrgPlus Projekt

Laufzeit 01.05.2018– 30.04.2021

Gesamtübersicht

Die Verarbeitung von Bio-Lebensmitteln ist durch empirische Ansätze gekennzeichnet, die einen hohen spezifischen Rohstoff- und Energiebedarf sowie eine Verschlechterung der Produkte zur Folge haben und sich somit auf die gesamte Nachhaltigkeit und Produktqualität auswirken. Beschränkungen bei der Verwendung von Zusatzstoffen und die Notwendigkeit, umstrittene Materialien aus dem Verkehr zu ziehen, erhöhen den Druck zusätzlich, während das volle Potenzial natürlicher Zusatz- und Farbstoffe noch nicht ausgeschöpft ist.

SusOrgPlus widmete sich diesen Fragen für die Verarbeitung und Herstellung von wertgesteigerter Produkte (natürliche Zusatzstoffe und Farbstoffe) anhand ausgewählter Produkte. Vor diesem Hintergrund wurden neuartige, intelligente Prozesse, natürliche Zusatzstoffe und Farbstoffe sowie unterstützendes Material für einen Code of Practice entwickelt. Durch die Einbeziehung führender Lebensmittelwissenschaftler, Prozess-, Maschinen- und Regelungsingenieure, Agrarwissenschaftler und eines Technologieanbieters, sowie durch die Anwendung eines Stakeholder-geführten Ansatzes wurde sichergestellt, dass alle für die Entwicklung intelligenter, effizienter und energiesparender Prozesse und wertgesteigerter Produkte relevanten Aspekte angemessen berücksichtigt wurden.

Um intelligente Trocknungsanwendungen zu entwickeln, wurden Vorhersagemodelle für Feuchtigkeit und verschiedene wertgebende Bestandteile für pflanzliche und tierische Produkte entwickelt und die Deep-Learning-Technologie hinsichtlich der Produkterkennung wurde erfolgreich für mehrere Produkte getestet. Des Weiteren wurden die kritische Kontrollpunkttrocknung und Offline-Anwendungen für eine Reihe von Produkten untersucht und Schlussfolgerungen zur Implementierung des Ansatzes gezogen. Tests zur produkttemperaturgesteuerten Trocknung und zur intermittierenden Trocknung zeigten Potenzial für kürzere Trocknungszeiten und damit einen geringeren Energiebedarf, Beobachtungen zur Produktqualität zeigten Vorteile im Vergleich zur herkömmlichen Trocknung. Um die Zugänglichkeit zu den im Projekt entstandenen Daten zu ermöglichen, wurde ein Datenmanagementsystem (DMS) auf Basis verfügbarer Open-Source-Lösungen eingerichtet, in das Produkt- und Prozessroh- und -prozessdaten der im Projekt durchgeführten Versuche schnell und einfach übertragen und von den Partnern gesichert werden können. Vor dem Hintergrund der nachhaltigen Verarbeitung wurde ein klimaneutraler Wärmepumpentrockner entwickelt, der den Herausforderungen, die bei der Chargentrocknung auftreten, entsprechend aufgebaut ist und erfolgreich in Betrieb genommen wurde. Es wurden natürliche Konservierungsmittel, Farbstoffe,

Aromen und Produkte zur Nährstoffanreicherung entwickelt. Dazu wurden Hopfen, Tomate und Brennnessel und, im Hinblick auf die Reduzierung von Lebensmittelabfällen, Nebenprodukte aus der Extraktions- oder Saftproduktion für die Pulver- und Extraktverarbeitung eingesetzt und die Produktionsmethoden evaluiert. Mit Pulver und Extrakten angereicherte Produkte (Grüntee-Extrakt-Anreicherung, Nudeln und Backwaren) wurden entwickelt und die Vorbehandlung und Rezepturen durch chemische Analysen und sensorische Tests hinsichtlich des Nährwerts bewertet. LCA und LCCA wurden angewendet, um die entwickelten Produkte und die Verarbeitung mit dem entwickelten Wärmepumpentrockner zu bewerten.

Die Projektergebnisse wurden auf nationalen und internationalen Konferenzen, Messen und in Zeitschriftenartikeln präsentiert, Stakeholder wurden über Pressemitteilungen und Zeitungsartikel, Beiträge im CoreOrganic-Newsletter und Praxis-Abstracts erreicht.

Erreichte Ziele

SusOrgPlus strebte danach, fünf Hauptziele zu erreichen: **1. Entwicklung eines kostengünstigen, intelligenten Verarbeitungssystems** mit dynamischer, multifaktorieller Prozesssteuerung für die Herstellung von getrockneten Lebensmitteln und Zusatz- und Farbstoffen in Pulverform mit erhöhtem Nährwert und verbesserter Gesamtqualität für die Anwendung innerhalb und außerhalb des landwirtschaftlichen Betriebs. Vor diesem Hintergrund wurde das computerbasierte Sehen (CV, computer vision) zur automatischen Erkennung eines Produktes, sowie der dazugehörigen Trocknungsstrategie, entwickelt. Weiterhin wurden Vorhersagealgorithmen entwickelt, die es ermöglichen, dass verschiedene Produktparameter während des Prozesses zu überwachen und die Trocknungsparameter durchgängig anzupassen um effiziente Trocknungsprozesse hinsichtlich der Produkt- und Prozessqualität zu erhalten. Die Entwicklung solcher Systeme basieren auf hyperspektralen Messungen, deren Daten genutzt werden, die wichtigsten Informationen herauszufiltern und sie in einfache, kostengünstige Systemen (z.B. CCD Sensoren) umzusetzen.

2. Entwicklung einer Demonstrationsanlage für ein CO₂-neutrales Trocknungssystem unter Nutzung von Abwärmerückgewinnung und einer Wärmepumpenanwendung, die auch in kleinem Maßstab wirtschaftlich tragfähig sind und somit den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen ermöglichen, sowie eine kosteneffiziente Produktion und Implementierung intelligenter Verarbeitungssysteme: Basierend auf Prozesssimulationen wurde ein CO₂-Wärmepumpentrockner für die Chargetrocknung mit Sensoren und Kameras zur Überwachung von Prozess- und Produktparametern um die Idee des smart drying in den Wärmepumpentrockner zu integrieren.

3. Entwicklung, Erprobung und Bewertung neuartiger natürlicher Lebensmittelzusatzstoffe/Farbstoffe (auch aus bisher abgelehnten Rohstoffen) und deren Anwendung in verschiedenen Produkten einschließlich der qualitativen und sensorischen Bewertung ihrer konservierenden Funktionen, ihres ernährungsphysiologischen und nahrungsergänzende (neutrazeutische) Wertes, ihrer Funktion als Farb- und Aromastoffe. Das Konsortium entschied sich Tomaten, Hopfen und Brennnesseln, sowie die Nebenprodukte aus der Saft- oder Extraktherstellung in die Entwicklung einzubeziehen um so den Anteil wertgebender Inhaltsstoffe (Polyphenole, Antioxidantien etc.) in Backwaren zu erhöhen. Weiterhin wurde mit Grünteeextrakten im Bereich der Möhrentrocknung gearbeitet

4. Durchführung einer Umweltverträglichkeitsanalyse, einschließlich LCA und LCCA, um den Gesamtnutzen der Verwendung von zu wenig oder nicht genutzten Produkten (nach ästhetischen Gesichtspunkten vorsortiert), die gesteigerte Prozesseffizienz und die Reduzierung fossiler Brennstoffe sowie die Auswirkungen der Anwendung intelligenter Verarbeitungsprinzipien auf die Produktqualität und die vorteilhaften Eigenschaften der neuen Produkte (Zusatzstoffe/Farbstoffe) zu bewerten.

5. Die Einbindung von Interessenvertretern, die Beteiligung von Studenten und die Verbreitung der Ergebnisse. Die Einbindung von Stakeholdern hat einen entscheidenden Einfluss auf die Schaffung von neuem Wissen, den Wissenstransfer und die Entwicklung der geplanten Innovationen, daher wurde für die gesamte technologische Entwicklung ein Stakeholder-geführter Ansatz gewählt. Die Verbreitungsaktivitäten werden speziell so gestaltet, dass sie ein breites Spektrum von Interessenvertretern erreicht wurde, insbesondere Erzeuger und Verarbeiter. Während des Projekts wurden pro Partnerland jeweils 1 Workshop/Seminar in den teilnehmenden Ländern erfolgreich durchgeführt. Das Konsortium veranstaltete zum Projektende außerdem eine Veranstaltung zur nachhaltigen Lebensmittelverarbeitung in Zusammenarbeit mit dem ATB Potsdam für Forscher und Verarbeiter. 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. Die Erkenntnisse und Projektfortschritte wurde Stakeholder orientiert über regelmäßige Beiträge im CORE Organic newsletter und über 1 Practice Abstract gestreut. Weiterhin ermöglichte das Projekt die Integration von Nachwuchswissenschaftlern (Bachelor-, Master- und Doktoranden) und damit ihre Weiterbildung in verschiedenen Bereichen der Lebensmittelverarbeitung. Neben den Workshops und Seminaren für Stakeholder wurde das Projekt, sowie Projektergebnisse auf nationalen und internationalen Konferenzen vorgestellt und in internationalen Zeitschriften publiziert, oder sind zu diesem Zeitpunkt eingereicht.

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

AP1 Entwicklung intelligenter Verarbeitungsketten

Diese AP wurde von der UNI KASSEL zusammen mit UNITUS koordiniert. Eine Grundvoraussetzung zur Entwicklung intelligenter Systeme und Verarbeitungsstrategien ist zunächst ein tieferes Verständnis für die im Produkt auftretenden Veränderungen in Abhängigkeit der Prozessparameter zu entwickeln um sie anschließend cloudbasiert nutzen zu können. In die Untersuchungen bezüglich der Produktqualität im Bereich Hopfen wurde neben dem Einfluss der Prozessparameter (Temperatur, Luftgeschwindigkeit) auch die Schütthöhe einbezogen, bei den anderen Produkten flossen auch die Parameter „Vorbehandlung“ in die Untersuchungen mit ein. Die Produktanalyse erfolgte hierbei invasiv. Zusätzlich wurden Hyperspektraldaten hinsichtlich der Strategieentwicklung nicht-invasiver Mess- und Regelungsverfahren aufgenommen.

Nach kritischer Betrachtung der Marktsituation wurde beschlossen, abweichend von den Planungen im AP1 auch Lösungen zu entwickeln, die nicht unbedingt von einer permanenten Cloud- bzw. Netzwerk- oder Internetverbindung abhängen. Die Arbeit der UNI KASSEL, SINTEF und INNOTECH hat sich daher auf die Entwicklung von Soft Sensors (Sensordatenfusion von umwelt- und produktrelevanten Messungen) und die Bestimmung kritischer Kontrollpunkte konzentriert, die als Grundlage für die dynamischen Regelalgorithmen im Regler verwendet werden können. Um kritische Punkte in der dynamischen Entwicklung der Produktqualität zu ermitteln wurden auf Basis der Ergebnisse der kontinuierlichen Trocknung umfangreiche Versuche zur intermittierenden Trocknung von Karotten (*daucus carota cv. laguna*) durchgeführt. Hierzu wurde der Trocknungsprozess bei Feuchtwerten unterbrochen, ab denen der Carotinoidgehalt signifikant abnimmt. Nach einer Temperierzeit von 1 oder 3 Stunden fortgesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass die intermittierende Trocknung die Trocknungszeit verkürzen und den Carotinoidgehalt im Vergleich zur kontinuierlichen Trocknung steigern kann (AP5). Die Ergebnisse wurden weiterhin für die Entwicklung einer kritischen Kontrollpunkt-Steuerung verwendet.

Im Hinblick auf die Anwendung multifaktoriellen Steuerungsmechanismen wurde in enger Zusammenarbeit mit INNOTECH ein Modelltrockners konstruiert und Ende 2019/Anfang 2020 in Betrieb genommen. Durch das entwickelte Set-up können Trocknungstemperatur, Luftfeuchte und –geschwindigkeit, basierend auf Daten der Echtzeitüberwachung des jeweiligen Produktes, unabhängig voneinander gesteuert werden. Der Trockner wurde mit diversen Kamerasystemen ausgestattet, die in- und online Messungen ermöglichen und das Ziel verfolgen, die Produktqualität des Endproduktes zu steigern und die benötigte Energie, verglichen mit herkömmlichen Trocknungssystemen, zu verringern. Produkttemperatur gesteuerte Prozesse (P) führen zu deutlich kürzeren Trocknungszeiten im Vergleich zu Lufttemperaturgesteuerten Prozessen (A), sodass der Energiebedarf sinkt, (Abb. 1).

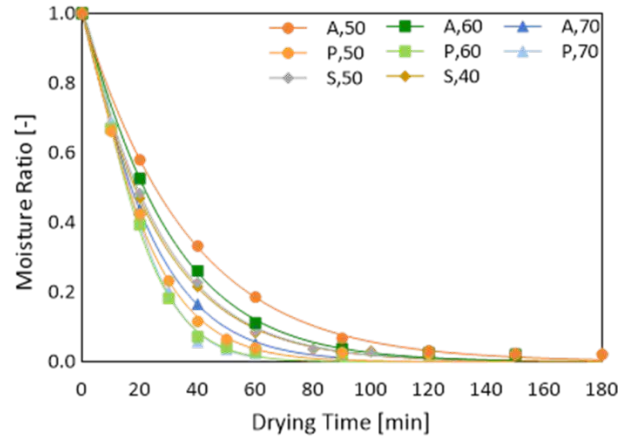


Abbildung 1: Trocknungskurven verschiedener Trocknungsstrategien. A = Lufttemperaturgesteuert, P = Produkttemperaturgesteuert, S = Stufenweise Trocknung (Raut et al., 2021)

Besonders interessant ist hierbei die Bewertung der eingesetzten Mikrocontroller und Sensoren, da mit kostengünstigen Elementen gearbeitet wurde um den Transfer in die Praxis, insbesondere in Bezug auf Klein- und Mittelständische Unternehmen, zu ermöglichen. Im Rahmen des Projektes wurden der Trocknungsprozess von Karotten, Brennesseln und Äpfeln mit unterschiedlichen Strategien untersucht.

Die Steuerung des Trocknungsprozesses nach der Produkttemperatur ist aufwendig und kostenintensiv. Als Alternative bietet sich die absatzweise Trocknung an. Hierbei wird im ersten Abschnitt eine Trocknungstemperatur oberhalb von 70 °C eingestellt, die dann im zweiten Abschnitt auf 45 – 50 °C reduziert wird. Die maximale Temperatur wird zum einen durch die maximalen Betriebsbedingungen der Trocknungsanlage selbst bestimmt zum anderen aber auch durch die Produkteigenschaften. Manche Produkte neigen bei zu hohen Anfangstemperaturen zur Verhärtung der Oberfläche, wodurch der Feuchteaustausch behindert und manchmal sogar verhindert wird. Die Dauer des ersten Abschnitts hängt von der gewählten Anfangstemperatur und dem zu trocknenden Produkt ab. Unter normalen Bedingungen sollte der erste Abschnitt nicht länger als 60 min dauern. Die Zeitersparnis im Vergleich zu einer Trocknung bei einer konstanten Temperatur von 45 °C ist erheblich, ohne daß die die Produktqualität bestimmende Produkttemperatur über 50 °C steigt. Dieses Verfahren ermöglicht eine schonende und energiesparende Trocknung, (Abb. 2).

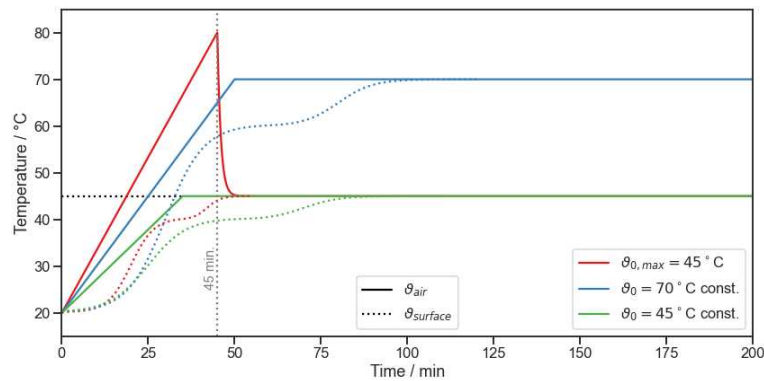


Abbildung 2: Verlauf der Trocknungsluft- und der Oberflächentemperatur in Abhängigkeit von der Trocknungsstrategie

Die Untersuchungen mit Brennnesseln, Karotten und Äpfeln haben gezeigt, daß auch die Steuerung der rel. Luftfeuchtigkeit in der Anlage einen wesentlichen Einfluß auf den Energiebedarf hat. Im Vergleich zu einer Trocknung bei konstantem Frischluftbetrieb kann durch Umluftbetrieb Energie eingespart werden. Weitere Reduzierung ergibt sich durch den Einbau eines Rekuperator. Besonders energiesparend ist die Kombination aus Umluftbetrieb und Rekuperator, (Abb. 3).

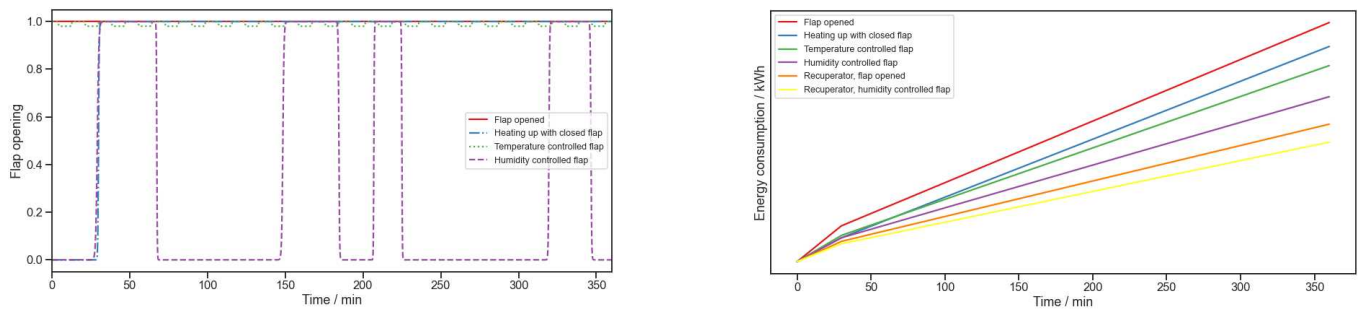


Abbildung 3: Einfluß der Regelstrategie auf den Energiebedarf

Die Regelung nach der Produktfeuchte kann durch eine Impulsregelung des Luftaustausches angenähert werden. Der Trocknungsprozeß wird hierbei in 3 Abschnitte aufgliedert. Abschnitt 1 stellt die Aufheizperiode dar. In dieser Phase findet je nach Dauer der Aufheizphase kein oder nur ein bis zweimal ein Luftaustausch statt. In der zweiten Phase, in der das Produkt noch eine hohe Gutfeuchte aufweist, findet der Luftaustausch in konstantem Zeitintervallen für eine bestimmte Zeitdauer statt. Zeitintervall und Zeitdauer können je nach Produkt und gewünschtem Trocknungsverlauf frei gewählt werden. Im dritten Abschnitt, dem Abschnitt mit geringer Gutfeuchte wird die Luftaustauschrate deutlich verringert, d.h. das Zeitintervall verlängert. Gute Trocknungsergebnisse konnten mit einer Zeitverhältnis von 1/5 t für die Aufheizphase und je 2/5 t für die zweite und dritte Phase erreicht werden. Produktqualität, Trocknungsdauer und Energiebedarf entsprachen bei geeigneter Wahl der Zeitintervalle und der Zeitdauer denen bei geregelter Feuchteausch.

Eine produktspezifische und an die Anforderungen an das Endprodukte ausgerichtete Prozeßführung führt zu einer besseren Produktqualität und weiteren Energieeinsparungen. Hierzu muß aber das dynamische Verhalten des Produktes, insbesondere die Reaktionszeit des Produktes auf Änderungen der Trocknungsbedingungen bekannt sein, um irreversible Qualitätsveränderungen zu vermeiden bzw. zu begrenzen. Des Weiteren müssen die Trocknungsbedingungen dynamisch an die sich abzeichnenden Qualitätsänderungen angepaßt werden. Die Kenntnis des dynamischen Verhaltens ist eine Grundvoraussetzung für den Einsatz von KI-basierten Regelsystemen.

INNOTECH hat in Zusammenarbeit mit der UNI KASSEL eine Remote-Steuerung für die Regelung und Steuerung von Trocknungsanlagen entwickelt. Der Remote-Steuerung wurde für einen bestimmten Controller entwickelt, kann aber auf andere Systeme mit Ethernet-Anschluß entsprechend übertragen werden. Neben der Möglichkeit das Steuerungsprogramm des Trockners individuell auf bestimmte Betriebsbedingungen einzustellen, umfaßt die Remote-Steuerung die Möglichkeit der Echtzeitabfrage von Messwerten sowie bei Bedarf in Echtzeit Veränderungen an den Anlagenparametern vornehmen zu können. Eine direkte Anbindung der Anlage an rechnergestützte bzw. cloudbasierte Systeme ist möglich, um den Trocknungsprozeß entsprechend bestimmter Spezifikationen zu steuern. Um die KI-Anbindung nutzen zu können, müssen aber noch umfangreiche Versuchsreihen unter Standardbedingungen gefahren werden, um Anwendung von KI-Systemen zu ermöglichen.

Hinsichtlich der Entwicklung eines Smart Dryers wurden von INNOTECH und UNI KASSEL in der finalen Projektphase Remote-Versuche durchgeführt und die Machbarkeit einer Anbindung des Trockners an eine Cloud demonstriert, was für smart drying Verfahren unerlässlich ist. Der Fokus der Regelung lag hierbei auf der sensorischen Überwachung der Trocknungsluft (Temperatur/Feuchte). Mittels der Remote

Anbindung konnte der an der Uni Kassel installierte Trockner von Altdorf aus angesteuert werden. Die Remote-Anbindung dient als Proof-of-Concept einer ortsunabhängigen realtime-Steuerung. Der Anschluß an ein Cloudsystem kann daher über die bestehende Ethernet-Schnittstelle in einem weiteren Entwicklungsschritt ausgeführt werden.

AP2 Klimaneutrale Trocknung ökologischer Produkte

SINTEF und INNOTECH haben den R744 Wärmepumpentrockner in enger Abstimmung miteinander konzipiert. Dazu wurde von SINTEF das Konzept einer Wärmepumpe auf Basis des natürlichen Kältemittels R744 (CO₂) mit zwei thermischen Speichern für Prozesswärme und -kälte und einer Kälteleistung von 20-30 KW erstellt. INNOTECH konzipierte und baute die komplette Trocknungsanlage auf, (Abb. 4).

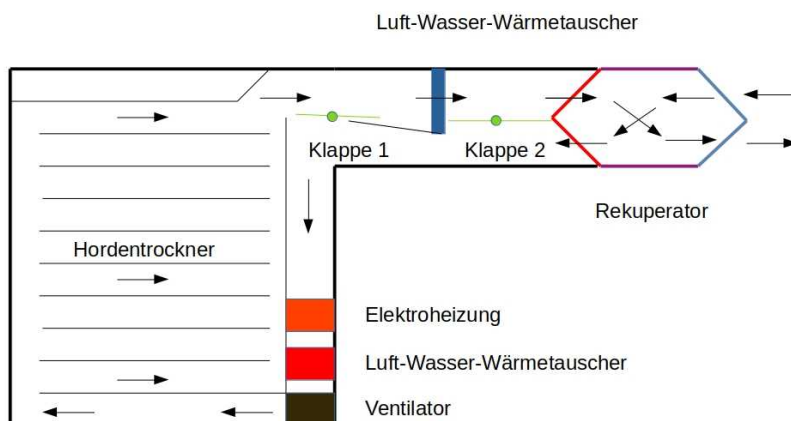


Abbildung 4: INNOTECH Hordentrockner

Der INNOTECH Hordentrockner zeichnet sich durch eine gleichmäßige Strömungsverteilung im gesamten Trocknungsraum aus, d.h. die Positionierung des Produktes innerhalb des Trocknungsraum hat nur einen unwesentlichen Einfluß auf den Trocknungsverlauf des Produktes. Die Umpositionierung einzelner Horden ist nicht notwendig, eine Über- bzw Untertrocknung tritt nur in einem produktspezifischen Maße auf.

Die Wärmepumpe wird nicht direkt an die beiden im Trockner integrierten Wärmetauscher angeschlossen sondern über Kalt – und Warmwasserspeicher.

Hierdurch können Wärmepumpe und Hordentrockner unabhängig voneinander betrieben werden und in ihrem jeweils optimalen Bereich arbeiten. Zur Erzielung einer hohen Produktqualität muß aber sichergestellt sein, daß dem Trockner über den gesamten Trocknungsprozeß immer genügend Kalt- bzw. Warmwasser mit der erforderlichen Temperatur zur Verfügung steht.

Die bei SINTEF in Norwegen durchgeführten Untersuchungen, die von SINTEF in Zusammenarbeit mit INNOTECH und UNI KASSEL evaluiert wurden, haben ergeben, daß das Gesamtsystem äußerst energieeffizient arbeitet und daß die Trocknungszeit bei Äpfeln und Algen im Vergleich zu konventionellen Systemen verringert werden konnte. Des Weiteren wurde festgestellt, daß die Kälteleistung der Wärmepumpe für den angestrebten Einsatz überdimensioniert ist. Künftige Anlagen können kleiner und somit kostengünstiger ausgeführt werden.

Die Systemoptimierung hat im Vergleich zu herkömmlichen Systemen zu Energieeinsparungen von bis zu 40 % und einer Verkürzung der Trocknungszeit durch den Einsatz der Wärmepumpe von bis zu 15% geführt.

Die Trocknungsanlage kann in verschiedenen Betriebsmodi betrieben werden. Neben dem reinen Frisch- bzw. Umluftbetrieb und dem reinen Kondensationsbetrieb ist auch eine Kombination beider Modi möglich. In der ersten Phase der Trocknung wird der Trockner im Kondensationsbetrieb gefahren – die Kondensationstrocknung weist in dieser Phase aufgrund der hohen rel. Luftfeuchte der Trocknungsluft eine hohe Effizienz auf. In der zweiten Phase, die bei niedrigen Produktfeuchten erfolgt, wird auf reinen Frisch- bzw. Umluftbetrieb umgestellt. Untersuchungen inwieweit dieser Kombinationmodus zu einer weiteren Energieeinsparung bzw. Verkürzung der Trocknungszeit führt, müssen zukünftig durchgeführt werden.

Um auch das Konzept des Smart Dryings in dem innovativen Trockner bereitzustellen, unterstützten UNI KASSEL und INNOTECH beratend die Integration von Kameras und Sensoren um Echtzeitmessungen von Trocknungs- und Produktparametern und das Konzept der produktoberflächengesteuerten Trocknung zu ermöglichen. Die Remote-Steuerung des Wärmepumpentrockners kann über die integrierte Ethernet-Schnittstelle erfolgen.

AP4 Anwendung der entwickelten Extrakte und Farbstoffe/Entwicklung innovativer Produkte

Die Untersuchung verschiedener Produkte und Produktkombinationen wurden an der Uni Kassel in Zusammenarbeit mit INNOTECH gestartet. Der besondere Schwerpunkt lag hierbei auf der Herstellung von Teigwaren mit eingearbeiteten nährstoffreichen Pulvern (z.B. Tomate, Brennessel, Spinat, Rote Bete, Süßkartoffel (orange fleischig), Karotte, Kürbis) und Backwaren. Untersuchungen zeigten, dass eine knetfähige Teigkonsistenz stark von dem verwendeten Zusatz abhängt und dementsprechend die verwendete Menge Wasser individuell angepasst werden muss. Besonders deutlich wurde dies noch einmal beim Zusatz von Süßkartoffelmehl von geschälten und ungeschälten Süßkartoffeln hinsichtlich der Herstellung nährstoffgesteigerter Brote. Eine gesteigerte Haltbarkeit im Vergleich zu Weißmehlbroten konnte für Mischteige aus Weiß-, Kürbis- und Süßkartoffelmehl gezeigt werden.

AP7 Einbeziehung von Stakeholdern, Studenten und Dissemination

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. Dafür wurde zu Beginn des Projektes ein Flyer Projektflyer erstellt. Pressemitteilungen und Stakeholder Artikel wurden erstellt.

Die Ergebnisse der Projektforschung haben es ermöglicht mehr als 20 Publikationen in internationalen Zeitschriften zu veröffentlichen (davon 10 UNI KASSEL), während weitere Zeitschriftenbeiträge bereits eingereicht wurden (davon 3 UNI KASSEL).

Die Partner nahmen an nationalen und internationalen Konferenzen (3 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. Die UNI KASSEL betreute einen Erasmusstudenten des Partners UNITUS, weiterhin wurde die Projektforschung von Praktikanten/wissenschaftlichen Hilfskräften unterstützt. An der UNI KASSEL trugen die Projektergebnisse zur Erstellung von 4 Dissertation bei.

Die Partner haben sich an der Organisation von nationalen und internationalen Workshops beteiligt. Die UNI KASSEL gab im Rahmen des SusOrgPlus Projektes 3 Seminare/Workshops im Bereich der (ökologischen) Lebensmittelverarbeitung und veranstaltete ein Training für Studierende. Zum Projektende wurde

in Kooperation mit dem ATB Potsdam ein internationaler Online Workshop organisiert, auf dem Projektergebnisse präsentiert wurden und durch Impulse anderer Institutionen im Bereich der ökologischen Lebensmittelverarbeitung ergänzt wurde.

Social Media wurde nur in begrenztem Umfang genutzt, da alle Partner sich mehr für die Forschungsaufgaben engagieren. Auf Researchgate wurde eine SUSORGPLUS-Projektseite mit über 14 Followern und 263 Reads eingerichtet (letztes Update: März 2021). Die Website www.susorgplus.eu wurde in Kooperation mit UNITE betreut und aktualisiert.

AP8 Koordination und Projektmanagement

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 (susorgplus-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 SusOrgPlus Projekt errichtet, auf dem die Veröffentlichungen einsehbar sind (<http://orgprints.org/view/projects/SusOrgPlus.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 (Mai 2019 in Viterbo, IT; September 2020, online) aller Partner zuzüglich des Kick-Offs (Mai 2018 in Uppsala, SE) und des Abschlusstreffens (31. März 2021 online) wurden geplant und durchgeführt und dokumentiert. Das Abschlusstreffen fand auf Wunsch des Konsortiums kurz vor Projektende statt. Der Koordinator hat am von den CoreOrganicPlus-Koordinatoren organisierten „CORE Organic Cofund Research Seminar“ (Bari, IT, Januar 2019) 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.

Workshops/Seminare:

SusOrg Plus Final Dissemination Workshop, 15. April 2021, Deutschland

Training SusOrgPlus 2021 RO-EN, 22. April 2021, Rumänien

SusOrg PLUS SINTEF Workshop, 28. April 2021, Norwegen

Weitere Beiträge zum Projekt

Leaflet zum Projekt: „Intelligent food processing chains, natural additives and colourants“
(https://projects.au.dk/fileadmin/projects/coreorganiccofund/susorgplus_leaflet_web.pdf)

Core Organic Practice Abstract mit dem Titel: “Smart drying of organic food products” von UNI KASSEL und INNOTECH in Zusammenarbeit mit SINTEF.

Im SusOrgPlus Projekt beteiligte Studenten, die auch von INNOTECH betreut wurden

Thesis Titel	Name/Grad	Jahr
Investigation of drying behaviour and color development of beef slices and development of non-invasive monitoring approach	Gardis v. Gersdorff (PhD student)	Started in 2016
Process optimisation and development of non-invasive monitoring approaches for the drying of apples	Luna Shrestha (PhD student)	started in 2016
Investigation of potential drying strategies for quality maintenance of organic carrot	Rosalizan Md. Saleh (PhD student)	Started 2016
Optimizing drying processes using dynamic adaptive control systems with real time measurement of agricultural product quality	Sharvari Raut (PhD student)	Started 2017