



LOEWE

ABSCHLUSSBERICHT



LOEWE-Schwerpunkt AROMA*plus*
**Von pflanzlichen Rohstoffen zur mikrobiologischen
Produktion – Aroma- und funktionelle Inhaltsstoffe
aus Reben und Obst**

Inhalt

- 2 Statement des Koordinators
- 3 Projektinhalte
- 3 Wissenschaftlich-technische Ausgangslage
- 3 Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen
- 6 Erreichte Strukturentwicklung
- 6 Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld
- 7 Wichtigste Meilensteine des Projekts
- 9 Weitere Informationsmöglichkeiten
- 10 Zahlen und Fakten
- 11 Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und außeruniversitären Forschungsinstitute
- 13 Impressum

Mit biogenen Rohstoffen eine nachhaltige, kreislauforientierte Wirtschaft zu etablieren, ist eine der beiden Leitlinien der Nationalen Bioökonomiestrategie der Bundesregierung. Allein daran lässt sich die zukunftsweisende Bedeutung des LOEWE-Schwerpunktes *AROMaplus* – Von pflanzlichen Rohstoffen zur mikrobiologischen Produktion – Aroma- und funktionelle Inhaltsstoffe aus Reben und Obst hinsichtlich der Nutzung von Sonderkulturen und ihrer Reststoffströme des traditionellen Obst- und Weinbaus erkennen. Wie lassen sich nachhaltige Mehrwerte generieren und Stoffkreisläufe schließen?

Seit Januar 2018 haben coronabedingt fünf Jahre lang verschiedene Arbeitsgruppen der Justus-Liebig-Universität Gießen, der Hochschule Geisenheim University und des DECHEMA-Forschungsinstitutes Frankfurt im LOEWE-Schwerpunkt *AROMaplus* einen inhaltlich auf Aroma- und funktionelle Inhaltsstoffe auf Basis von Rebe und Obst(-Reststoffströmen) fokussierten, interdisziplinären Forschungsschwerpunkt gebildet. Trotz widriger Umstände bedingt durch die Corona-Pandemie belegen zahlreiche Publikationen, Fachvorträge, vier entstandene Patente und eingeworbene Drittmittel den Erfolg des Projektes. Weiterhin gehört zur positiven Bilanz auch die Schaffung einer dauerhaften W2-Professur für „Lebensmittel-Systembiotechnologie“ an der JLU in Gießen. Viele im Schwerpunkt beschäftigte Doktoranden konnten ihre Dissertationen erfolgreich beenden bzw. sind gerade dabei diese abzuschließen. Hervorzuheben ist auch die von Anfang an erfolgte Zusammenarbeit mit interessierten Verbänden und der Industrie in Form eines projektbegleitenden Ausschusses. Dieser brachte an vielen Stellen des Projektes entsprechenden Input.

Für einen Projektkoordinator ist es schön zu sehen, wie die Ergebnisse seines „Babys“ in Forschung und Lehre an den beteiligten Hochschulen einfließen. Hiermit möchte ich mich auch bei allen Projektbeteiligten für die gute Zusammenarbeit der letzten Jahre bedanken.

Dr. Christian von Wallbrunn
Koordinator des LOEWE-Schwerpunktes *AROMaplus*
Hochschule Geisenheim University



Projekthalte

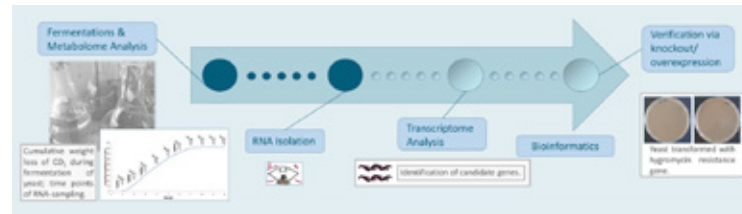
Wissenschaftlich-technische Ausgangslage

Aus pflanzlichen Substraten mikrobiell produzierten Aroma- und funktionellen Inhaltsstoffen wird eine große industrielle Bedeutung im Bereich der Lebensmittel-, Kosmetika- sowie Arzneimittelindustrie zugeschrieben. Beim in Hessen traditionellen Obst- und Weinbau spielen Aroma- und funktionelle Inhaltsstoffe in Bezug auf die Qualität ebenfalls eine herausragende Rolle. Auch der Klimawandel sowie gesellschaftliche und ökonomische Entwicklungen führen zur Suche nach neuen, nachhaltigen, regenerativen Wertschöpfungsmöglichkeiten.

Gesamtziel des LOEWE-Schwerpunktes AROMAplus war es, einen inhaltlich auf Aroma- und funktionelle Inhaltsstoffe auf Basis von Rebe und Obst(-Reststoffströmen) fokussierten Forschungsschwerpunkt zu bilden.

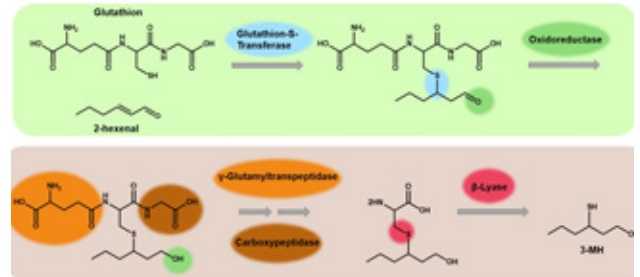
Trauben, Schwarze Johannisbeeren und die Rückstände aus deren Verarbeitung (Trester) waren das Ausgangsmaterial, um mithilfe unterschiedlicher Mikroorganismen, wie Hefen, Pilzen und Bakterien einerseits Biotransformationen der im pflanzlichen Ausgangsmaterial vorhandenen Präkusoren und andererseits *de novo*-Synthesen gewünschter Zielsubstanzen zu erforschen und nutzbar zu machen. Die Synthesewege dieser Prozesse sind zwar grundsätzlich bekannt, der systemische Kontext war/ist bisher aber oft nur unzureichend verstanden. Daher stand neben der Nutzung von Reststoffströmen der Erkenntnisgewinn über die Synthesemechanismen und die Regulation von Schlüsselenzymen innerhalb der Stoffsynthesen ebenso im Vordergrund des Projektes wie die mikrobielle Produktion selbst.

Dazu war der LOEWE-Schwerpunkt in vier Projektbereiche A bis D unterteilt, die sich jeweils entsprechend der jeweiligen Kompetenzen der Kooperationspartner mit den spezifischen Themenfeldern beschäftigten.



Work Flow zu den Metabolom- und Transkriptom-Analysen unkonventioneller Hefen.

Biosynthetic pathway of thiol formation



Biosynthese Wege der Thiolformation.

Im Rahmen des LOEWE-Projekts erreichte Erkenntnisse und getätigte Entwicklungen

Im Rahmen des Projektes wurden in Geisenheim drei Rebsorten sowie fünf Sorten Schwarze Johannisbeeren im Freiland kultiviert, geerntet und zu unterschiedlichen Ausgangssubstraten für die Verwendung in den anderen Teilprojekten verarbeitet. Die Rebsorten Gewürztraminer, Müller-Thurgau und Muscaris wurden in unterschiedlichen Erziehungssystemen angebaut und deren Früchte bzw. Most chemisch analysiert. Die fünf Sorten Schwarze Johannisbeeren („Bona“, „Tihope“, „Titania“, „Ben Alder“ und „Malling Jet“) wurden ebenfalls in Hinblick auf ausgewählte Inhaltsstoffe analysiert und charakterisiert.

Ein Geisenheimer Teilprojekt bestand in der Charakterisierung von Hefepopulationen auf Schwarzen Johannisbeeren und aromaintensiven Rebsorten. Hatten die Inhaltsstoffe der pflanzlichen Materialien einen Einfluss auf die Biodiversität der vorkommenden Hefen? Insgesamt wurden weit über 1.800 Hefen isoliert und zum Großteil identifiziert. Eine signifikante Beeinflussung der Hefebiodiversität konnte im Untersuchungszeitraum nicht beobachtet werden. Die Charakterisierung des Aromastoffwechsels und der Regulation unkonventioneller Hefen, wie beispielsweise *Hanseniaspora uvarum*, zur Bildung höherer Alkohole und Ester zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Fermentation, anhand von Metabolom- und Transkriptom-Studien wurde in einem weiteren Teilprojekt bearbeitet. Dafür war auch die erfolgreiche



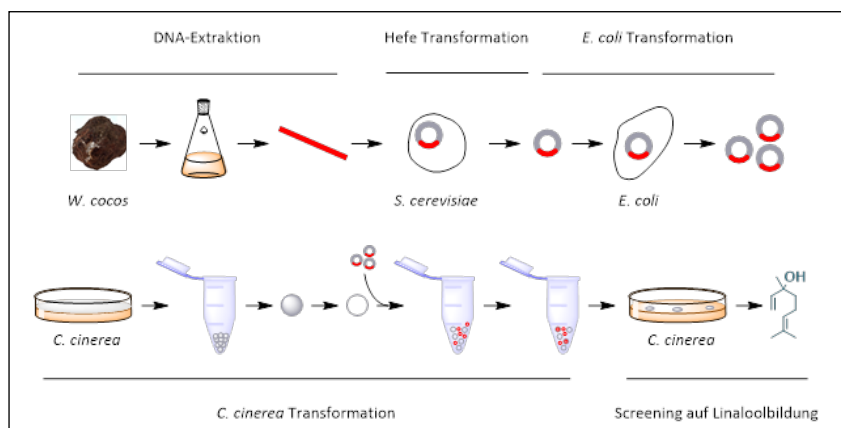
Doktorandin der HGU während der Messung von Thiolen mittels GC-MS.

Etablierung eines Transformationsprotokolls für die in den Experimenten verwendete Hefe *H. uvarum* notwendig.

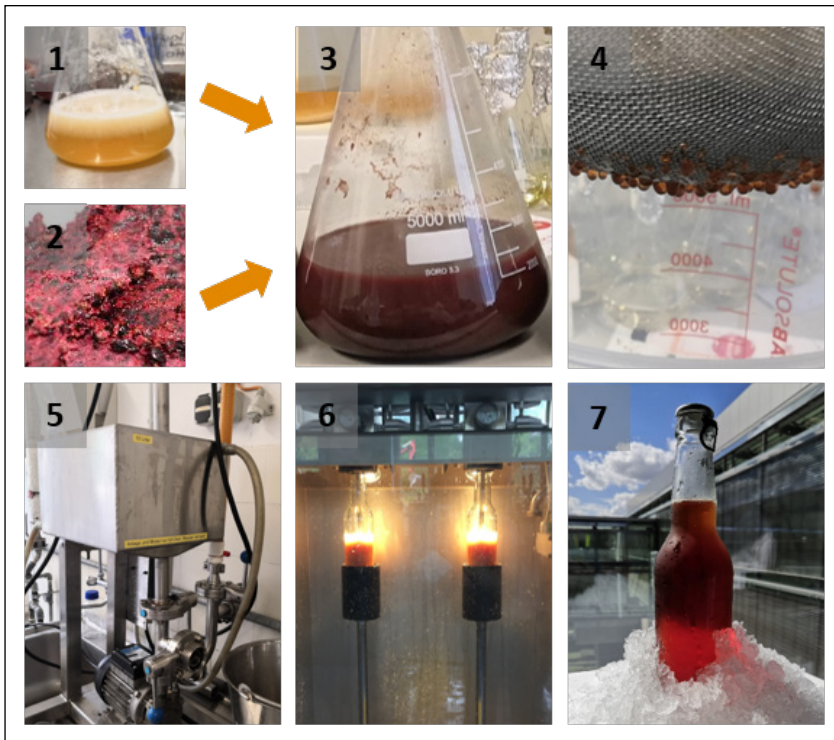
In einem dritten Teilprojekt in Geisenheim ging es darum, Methoden zum Nachweis von Aromastoffen in Wein aus Trauben- bzw. Schwarzen Johannisbeeren sowie anderen Matrices unter Anwendung der Gaschromatographie und Massenspektrometrie (GC-MS) zu etablieren. Bereits bestehende Methoden wurden dabei verbessert oder auf andere Analysensysteme umgestellt. Im Fokus lag vor allem die Optimierung der Analyse sehr aromaaktiver Thiole, die im ng/L Bereich vorkommen und für ihren Geruch nach Grapefruit, Passionsfrucht oder Schwarzen Johannisbeeren bekannt sind. Mit den optimierten Methoden wurden unterschiedlichste Fragestellun-

gen zu Substraten, wie Schwarzen Johannisbeeren oder dem Einsatz von Hefen in Fermentationen untersucht.

An der Justus-Liebig-Universität wurden 20 Pilze der Abteilung Basidiomycota in einem Screening in Submers- und Oberflächenkultivierung mit unterschiedlichen Substraten (Trestern der Weinreben sowie auf Blättern und Früchten der Johannisbeere) auf eine besonders interessante Aromenbildung hin untersucht. Insbesondere die Kultivierung des Braunfäulepilzes *Wolfiporia cocos* auf Johannisbeertrester der Sorte „Titania“ lieferte einen blumigen und fruchtigen Geruch, der an Walderdbeeren erinnerte. Die als charakteristisch für den Geruch wahrgenommenen Aromastoffe wurden im Weiteren identifiziert. Zur Aufklärung der Biosynthesewege dieser aromarele-



Schema der Transformation spezifischer Gene aus dem Pilz *Wolfiporia cocos* in den Modellpilz *Coprinopsis cinerea*, Plasmidbildung in der Hefe *Saccharomyces cerevisiae* und Plasmidvervielfältigung im Bakterium *Escherichia coli*.



Herstellung des Getränks auf Basis von *Johannisbeertrester*:

1. Vorkultur von *Wolfiporia cocos* in Malzextrakt
2. *Johannisbeertrester*
3. Submerskultur des Pilzes in *Johannisbeertrestermedium*
4. Filtration
5. Technische Filtration an der Hochschule Geisenheim University
6. Flaschenabfüllung
7. Fertiges Getränk

vanten Substanzen wurden kinetische Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse bildeten die Grundlage für weitere Arbeiten zur Aufklärung der Biosynthesewege der Aromastoffe und zur Optimierung der Aromaproduktion in Submerskulturen von *W. cocos* auf *Johannisbeertrester*. Auf Basis dieser Experimente wurde unter Verwendung des Pilzes des Weiteren an der Herstellung eines fermentierten Erfrischungsgetränks auf Basis von *Johannisbeertrestern* gearbeitet. In Zusammenarbeit mit dem DECHEMA-Forschungsinstitut wurden methylierte Homo-, Mono- und Sesquiterpene im Hinblick auf ihre Eignung als Aromastoffe untersucht. Substrate, welche erfolgreich zur Genese von Aromastoffen eingesetzt wurden, wurden umfassend hinsichtlich ihrer lebensmittelchemischen Zusammensetzung analysiert. Eine Methode zur Extraktion und Analyse nicht flüchtiger Verbindungen aus dem Trester von Weinreben sowie aus Blättern und Früchten der Schwarzen Johannisbeere wurde entwickelt. Neben dem Recycling von *Johannisbeertrester* wurde auch nach einer Methode gesucht, um die bei der Safranproduktion anfallenden Blütenblätter von *Crocus sativus* mit Hilfe eines Speisepilzes weiter zu verwerten. In einem resultierenden Getränk, das als nach Pfirsich, Honig und Blumen riechend und süß, sauer und fruchtig schmeckend beschrieben wurde, wurden einige Aromastoffe nachgewiesen, die auch für Safran charakteristisch sind.

In einem Teilprojekt des DECHEMA-Forschungsinstitutes ging es um die Etablierung von Methoden zur Kultivierung Vitamin B₁₂ produzierender Mikroorga-

nismen sowie Kultivierungsbedingungen für die Vitamin B₁₂-Produktion. Mit verschiedenen Herangehensweisen konnten zudem Bakterienstämme mit hohen Vitamin B₁₂-Gehalten entdeckt werden, die viel Potenzial für neuartige Lebensmittel-Entwicklungen beinhalten.

Die nicht-kanonische Prenylierung von Flavonoiden zur Herstellung neuer funktionaler Inhaltsstoffe war ein weiteres Arbeitsgebiet. Mindestens 20 neue Prenylpyrophosphate wurden entdeckt, von denen die meisten zuvor unbekannt waren und die die Grundlage für Dutzende neuer Geruchsstoffe bilden. Diese Substanzgruppe stellt ein großes Potenzial für mögliche zukünftige Aromachemikalien oder pharmazeutische Synthesebausteine dar.

Am Anfang eines weiteren Teilprojektes standen umfangreiche Screenings mit Hefestämmen, die hinsichtlich ausgewählter, aromaaktiver Enzymaktivitäten charakterisiert wurden. In Zusammenarbeit mit der Hochschule Geisenheim konnten Einflüsse der ausgewählten Hefestämmen auf die Zusammensetzung aromaaktiver Komponenten nach der Fermentation nachgewiesen und potenzielle Anwendungsmöglichkeiten im Weinherstellungsprozess untersucht werden. Ein weiterer Schwerpunkt war die Identifizierung und Konstruktion von Mikroorganismen, die in der Lage sind, aromaaktive Thiole zu synthetisieren oder diese während der Herstellung von Wein oder anderen Getränken aus pflanzeigenen Vorstufen freizusetzen.

Erreichte Strukturentwicklung

Generell ist das Thema Nachhaltigkeit in allen Facetten an der Hochschule Geisenheim University weiter in den Fokus gerückt. Das LOEWE-Projekt fügt sich in den Forschungsschwerpunkt „Qualität, Vermarktung und Bioökonomie“ ein. Neubesetzungen von Professuren waren dabei ein Mittel zur Etablierung der fachübergreifenden Themen von AROMAplus. Beispielhaft seien die Professuren für Analytik & Technologie pflanzlicher Lebensmittel – Schwerpunkt Getränke, für nachhaltigen Ressourceneinsatz und Stoffstromanalysen bei Sonderkulturen und für Wein- und Getränkechemie genannt. Der Neubau eines Getränketechnologischen Zentrums steht zukünftig zur Bearbeitung nachhaltiger Fragestellungen auf dem Gebiet der Nutzung und Verwertung von Sonderkulturen und deren Reststoffen zur Verfügung.

An der Justus-Liebig-Universität war der LOEWE-Schwerpunkt ein wesentlicher Baustein zum Ausbau und weiteren Verstetigung der bereits vorhandenen Forschungsrichtung zur Analytik und biotechnologischen Produktion von Aromastoffen. Mit der Schaffung einer Professur für Systembiologie wurde der Bereich aus „klassischen“ chromatographischen und elektrophoretischen Analysetechniken um moderne biochemische und molekularbiologische Verfahren unter konsequenter Ausnutzung der Bioinformatik ergänzt, um so dieses wichtige Forschungsfeld dauerhaft zu besetzen.

Am DECHEMA-Forschungsinstitut wurde mithilfe des LOEWE-Schwerpunkts das Fokusthema Aromastoffe deutlich intensiviert. Die aus der Gruppe „Industrielle Biotechnologie“ hervorgegangene „Mikrobielle Biotechnologie“ konnte die mikrobiologische Expertise und die Möglichkeiten zur Stamm-Herstellung und -Optimierung sehr erfolgreich im Bereich der Lebensmittel-Industrie, v. a. dem Wein-Sektor, positionieren.

Erreichte Bedeutung/Stellung im Themen-/Forschungsfeld

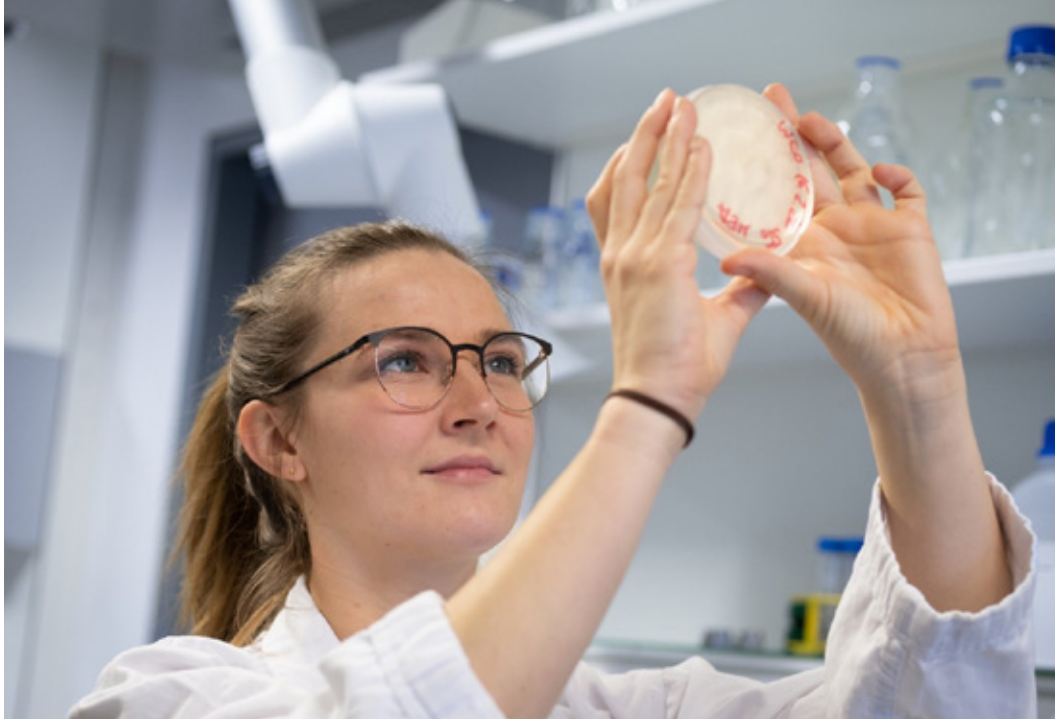
Mit einer hohen Zahl von Publikationen in international etablierten Fachzeitschriften und Konferenzbeiträgen hat der LOEWE-Schwerpunkt AROMAplus einige Erfolge demonstriert und viele Anfragen aus Akademia und Industrie generiert.

Durch die im Rahmen von AROMAplus an der HGU erfolgten Entwicklungsarbeiten zur vertieften Analytik (schwefelhaltiger) Aromakomponenten und molekularen Grundlagen zu unkonventionellen Hefen können zukünftig in Kooperation mit internen und externen Partnern umfassend Fragestellungen zu Aromastoffen und ihrer mikrobiologischen Bildung in Produkten agrarischer Sonderkulturen bearbeitet werden.

An der JLU fügte sich der LOEWE-Schwerpunkt in die bereits vorhandene Forschungsrichtung zur Analytik und biotechnologischen Produktion von Aromastoffen ein und war ein wesentlicher Baustein zum Ausbau dieses Forschungsschwerpunktes. Eine langfristige Kooperation zwischen dem LCB und dem Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (IME) in Gießen ist ein weiterer Baustein. Des Weiteren konnten großvolumige Anschlussprojekte im Bereich der Aromaforschung durch die JLU (z. B. MaltFungiProtein) und das Fraunhofer-Institut (u. a. Attract-Gruppe MR) eingeworben werden.

Die Beteiligung des DFI unterstützte die Profilbildung in der Biotechnologie und die Verstetigung der Forschung im Bereich der Aroma- und funktionellen Inhaltsstoffe. Trotz Neuausrichtung des DFI seit 2021 bleibt die „Industrielle Biotechnologie“ weiter bestehen.

Wichtigste Meilensteine des Projekts



Doktorandin vom LCB der JLU prüft das Wachstum einer Pilzkultur, 2018.



Schüttelkulturen von *Wolfporia cocos* mit Trester der Schwarzen Johannisbeere, 2019.



Doktorandin vom LCB der JLU riecht Aromastoffe einer Probe am Schnüffeldetektor eines Gaschromatographen ab, 2020.



Doktorand der DECHEMA bei der Probenvorbereitung eines Enzymtestes, 2021.



Doktorand vom DFI bei der Analyse von nicht-kanonischer Prenylierung von Flavonoiden, 2021.



Vorbereitung der Messung von Aromastoffen mittels GC-MS, 2022.

Weitere Informationsmöglichkeiten

- <https://www.hs-geisenheim.de/forschung/institute/mikrobiologie-und-biochemie/ueberblick-institut-fuer-mikrobiologie-und-biochemie/aromaplus>
Homepage des Projektes.
- <https://biooekonomie.de/themen/multimedia-stories/lebensmittel-der-zukunft/aromenjagd-mikroorganismen-fuer-mehr-geschmack>
AromenJagd ist eine von acht Geschichten aus der Multimedia-Story „Lebensmittel der Zukunft“ von bioökonomie.de.
- <https://proloewe.de/de/aktuelles/nachrichten/loewe-aromaplus-stellt-ergebnisse-auf-der-bioflavour-konferenz-vom-27-30-2022-in-frankfurt-am-main-vor/>
Vorstellung von Ergebnissen des LOEWE-Schwerpunktes AROMAplus auf der internationalen Konferenz Bioflavour im September 2022 in Frankfurt.
- <https://proloewe.de/de/proloewe-wissenschaftsrallye/aufgabe/loewe-schwerpunkt-aromaplus/fermentierte-lebensmittel/>
Beitrag von AROMAplus zur ProLoewe Wissenschaftsrallye im Jahr 2021.
- <https://idw-online.de/en/news677924>
Pressemitteilung zum LOEWE-Schwerpunkt AROMAplus.

Zahlen und Fakten¹

Förderzeitraum	01.01.2018 – 31.12.2022
Bewilligte LOEWE-Mittel in Euro	4.310.898
Bewilligte Drittmittel in Euro	4.202.117
Beschäftigte insgesamt ²	8
darunter LOEWE-finanziert	2
Erfolgreich abgeschlossene Promotionen	16
Erfolgreich abgeschlossene Habilitationen	–
Wissenschaftliche Publikationen	110
Fachvorträge auf wissenschaftlichen Tagungen/Konferenzen	57
Angemeldete Patente	11
darunter bereits erteilt	5

¹ Die Angaben beziehen sich mit Ausnahme der Beschäftigten auf die gesamte Projektlaufzeit.

² Die Anzahl der Beschäftigten bezieht sich auf alle Beschäftigten, die an dem LOEWE-Projekt mitgearbeitet haben, in Vollzeitäquivalenten, unabhängig von ihrer Finanzierung, Stichtag 31.12. des letzten Förderjahres.

Kurzvorstellung der beteiligten Hochschulen und außeruniversitären Forschungsinstitute

Hochschule Geisenheim University

<https://www.hs-geisenheim.de/>

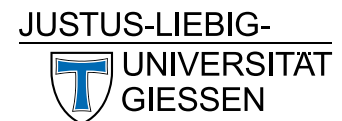
Ursprünglich 1872 als Königlich Preußische Lehranstalt für Obst- und Weinbau gegründet, ist sie mit dem Gründungsdatum 01. Januar 2013 die 13. und jüngste Hochschule Hessens. Als erste Hochschule neuen Typs in Deutschland verbindet sie in Bildung und Forschung die Stärken von Universitäten und Hochschulen für Angewandte Wissenschaften. Im Fokus liegt der Bereich der Spezialkulturen im Wein- und Gartenbau und deren vielfältigen Produktions- und Verarbeitungsbereichen (vor allem Getränke), verbunden mit der Logistik für Frischprodukte und der Lebensmittelsicherheit, der Betriebswirtschaft und der Vermarktung. Weitere inhaltliche Schwerpunkte liegen in den Planungs- und Gestaltungsbereichen der Landschaftsarchitektur, des Landschaftsbaus und des Naturschutzes.



Justus-Liebig-Universität Gießen

<https://www.uni-giessen.de/de>

Die 1607 gegründete Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU) ist eine traditionsreiche Forschungsuniversität, mit rund 28.000 Studierenden. Neben einem breiten Lehrangebot – von den klassischen Naturwissenschaften über Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, Gesellschafts- und Erziehungswissenschaften bis hin zu Sprach- und Kulturwissenschaften – bietet sie ein großes lebenswissenschaftliches Fächerspektrum: Human- und Veterinärmedizin, Agrar-, Umwelt- und Ernährungswissenschaften sowie Lebensmittelchemie. Das Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmittelbiotechnologie (LCB) in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (IME) in Gießen betreibt seit Jahren einen stark praxisorientierten Forschungsschwerpunkt zur Analytik und biotechnologischen Produktion von Aromastoffen.



DECHEMA e. V.

<https://dechema.de/>

Das DECHEMA-Forschungsinstitut, seit 2012 als gemeinnützige Stiftung organisiert, verbindet seit fast 60 Jahren die Stärken unterschiedlicher Fachgebiete, wie Materialwissenschaften, Chemie, Energie und Biotechnologie. In Kooperation mit Hochschulen oder als Forschungspartner von Unternehmen erfolgt auch Grundlagenforschung immer anwendungsorientiert. Dahinter steht die DECHEMA e. V. als kompetentes Netzwerk für chemische Technik und Biotechnologie mit über 5.800 Einzel- und Fördermitgliedern in Deutschland. Sie vertritt als gemeinnützige Fachgesellschaft diese Gebiete in Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft und fördert den technisch-wissenschaftlichen Austausch von Fachleuten unterschiedlicher Disziplinen, Organisationen und Generationen.



HESSEN



Das Forschungsförderungsprogramm LOEWE ist eine Förderinitiative des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Forschung, Kunst und Kultur.

Impressum

Herausgeber:

Hessisches Ministerium
für Wissenschaft und Forschung, Kunst und Kultur
Rheinstraße 23 – 25
65185 Wiesbaden

Inhalt:

LOEWE-Schwerpunkt *AROMApus* – Von pflanzlichen Rohstoffen zur mikrobiologischen Produktion – Aroma- und funktionelle Inhaltsstoffe aus Reben und Obst

Redaktion:

LOEWE-Geschäftsstelle im Hessischen Ministerium
für Wissenschaft und Forschung, Kunst und Kultur

Layout:

Christiane Freitag, Idstein

Fotos und Grafiken:

LOEWE-Schwerpunkt *AROMApus* – Von pflanzlichen Rohstoffen zur mikrobiologischen Produktion – Aroma- und funktionelle Inhaltsstoffe aus Reben und Obst

Titel, S. 4 Abb. 1, S. 8 Abb. 4: © Sascha Mannel; S. 3 Abb. 1: © Jennifer Badura; S. 3 Abb. 2: © Markus Buchhaupt, Felix Maria Graf; S. 4 Abb. 2: © Holger Zorn, Julia Büttner; S. 5: © Tina Kissinger, Christine Schlering, Janine Hoffmann und Svenja Sommer; S. 7 Abb. 1, S. 8 Abb. 1: © Rolf Wegst; S. 7 Abb. 2: © Svenja Sommer; S. 8 Abb. 2 und 3: © Felix Graf