HBLA und Bundesamt
Klosterneuburg
Wein- und Obstbau

Untersuchungen zur Stabilitätsverbesserung von Fruchtsäften

Impressum

Projektnehmer:in: Helen Murray, Cordula Klaffner, Monika Graf, Thomas Lauer, Theo Frings, Vicky Fischer, Andreas Schneider, Manfred Kickenweiz, Karin Korntheuer, Veronika Schober, Heidrun Halbwirth, Claudia Dietl-Schuller, Marlene Lindner, ….. siehe Publikationen
Department für HBLA und BA für Wein- und Obstbau, Abteilung Obstverarbeitung
Adresse: Wienerstrasse 74, 3400 Klosterneuburg
Projektleiter:in: Manfred Gössinger
Tel.: 0664 850 58 14
E-Mail: manfred.goessinger@weinobst.at
Kooperationspartner:in: TU Wien, Uni Parma, Uni Lublijana, SVZ, … siehe Publikationen
Finanzierungsstelle(n): BMLUK und EU (EID/ETN-Projekt: HiStabJuice – Projektnummer 956257 (1.11.2023 – 31.3.2025)
Projektlaufzeit: (2019 - 2025).
Fotonachweis: Cover: unplash.com/Ferdinand Stöhr

Wien, 2025. Stand: 5. Dezember 2025

Inhalt

Zusammenfassung 5
1. Vorhersage der potenziellen Farbstabilität von Erdbeernektar mithilfe eines Stabilitätsvorhersagewertes (SPV) 5
2. Leitfähigkeit bei unterschiedlichen Frequenzen als Methode zur Unterscheidung des Reifegrades von Erdbeeren und Zusammenhang mit der Farbakzeptanz von Erdbeernektaren 5
3. Entwicklung von Anthocyanen nach der Erdbeerernte zur Verbesserung der Farbstabilität von Erdbeernektaren 6
4. Farbstabilität und Aroma von Erdbeernektar: Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Reifegrad 7
5. Charakterisierung von Phenolverbindungen und Polysacchariden in Erdbeeren: Sorten- und Ernteeffekte und deren Korrelation mit der Nektarfarbstabilität 8
6. Vergleich der Auswirkungen von Hochdruck-, gepulsten elektrischen Feldern- und Wärmebehandlungen auf die Qualitätsmerkmale von Himbeersaft 8
7. Vergleichende Analyse von Aromastoffen und phenolischen Verbindungen in Erdbeernektar nach Behandlung mit äquivalenten thermischen, ohmschen, Hochdruck- und gepulsten elektrischen Feldern im Pilotmaßstab 9
8. Vergleich der Auswirkungen konventioneller und unkonventioneller Verarbeitungstechnologien auf wasserlösliche Vitamine und die Farbe in Erdbeernektar – eine Pilotstudie 10
Summary 11
1. Prediction of the potential colour stability of strawberry nectar by use of a Stability Prediction Value (SPV) 11
2. Conductivity at varying frequencies as a method for differentiating strawberry ripeness and association with colour acceptance of strawberry nectars 11
3. Strawberry Post-Harvest Anthocyanin Development to Improve the Colour Stability of Strawberry Nectars 12
4. Strawberry Nectar Colour Stability and Aroma: Influence of Cultivar, Harvest Time and Ripening Stage 13
5. Characterisation of phenolic compounds and polysaccharides in strawberry: Cultivar and harvest effects and their correlation with nectar colour stability 13
6. Comparing the impact of high pressure, pulsed electric field and thermal treatments on the quality attributes of raspberry juice 14

7. Comparative analysis of aroma and phenolic compounds in strawberry nectar subjected to equivalent thermal, ohmic heating, high pressure, and pulsed electric fields processes at pilot scale 14
8. Comparing the impact of conventional and non-conventional processing technologies on water-soluble vitamins and color in strawberry nectar – a pilot scale study 15
Literaturverzeichnis - Publikationen 16

Zusammenfassung

Die wichtigsten Ergebnisse des Projektes sind in 8 Publikationen veröffentlicht worden. Im Folgenden sind die 8 Publikationen mit Titel und Abstract angeführt.

1. Vorhersage der potenziellen Farbstabilität von Erdbeernektar mithilfe eines Stabilitätsvorhersagewertes (SPV)

Die Farbstabilität von 169 verschiedenen, im Labormaßstab hergestellten Erdbeernektarproben wurde über 12 Wochen gemessen. Um die Verbraucherakzeptanz zu festgelegten Zeitpunkten und damit die Haltbarkeit abzuschätzen, wurde ein Stabilitätsvorhersagewert (SPV) anhand der Farbkomponenten L*, a* und b* am Produktionstag berechnet. Der SPV ist der erste einfach zu messende Wert, mit dem sich der Akzeptanzfaktor (AF) – ein Maß dafür, wie wahrscheinlich die Farbe eines Erdbeernektars von den Verbrauchern akzeptiert wird – nach 12 Wochen vorhersagen lässt. Er kann außerdem vorhersagen, wie viele Tage vergehen, bis die Farbe des Nektars nicht mehr akzeptabel ist, und somit die Haltbarkeit prognostizieren. Die SPV-Werte wurden auch für 21 industriell hergestellte Proben berechnet, und es zeigte sich, dass der SPV auch nach 12 und 36 Wochen den AF vorhersagen kann. SPV bietet erstmals eine schnelle und einfache Methode zur Untersuchung von Rohstoffen für die Nektarproduktion und kann daher von Herstellern zur Herstellung farbstabilerer Nektare und von Züchtern zur Entwicklung neuer Sorten eingesetzt werden. Zusätzlich wurde das Potenzial der Farbkomponente L* und die Anthocyankonzentration zur Vorhersage der Farbstabilität untersucht.

2. Leitfähigkeit bei unterschiedlichen Frequenzen als Methode zur Unterscheidung des Reifegrades von Erdbeeren und Zusammenhang mit der Farbakzeptanz von Erdbeernektaren

HINTERGRUND: Die Identifizierung der besten Erdbeeren für die Herstellung farbstabiler Nektare ist für die Saftindustrie von höchster Priorität. Obwohl reifere Erdbeeren Nektare mit besserer Farbstabilität liefern, kann die Oberflächenfarbe aufgrund der Variabilität zwischen den Sorten nicht als alleiniges Qualitätsmerkmal zur Bestimmung der Stabilität herangezogen werden. Leitfähigkeits- und Bioimpedanzmessungen können zur

Unterscheidung des Reifegrades von Erdbeeren eingesetzt werden. Das kommerziell erhältliche PEF-Kontrollsystem (ELEA) kann die Zellaufschließung durch Messung der Leitfähigkeit bei verschiedenen Frequenzen erfassen. Eine aktualisierte Software maß die Leitfähigkeit von Erdbeeren bei 121 Frequenzen zwischen 100 Hz und 1 MHz, um festzustellen, ob die Leitfähigkeit bei diesen Frequenzen den Reifegrad differenzieren und ob sie mit der Farbakzeptanz und -stabilität der aus diesen Erdbeeren hergestellten Nektare verglichen werden kann.

ERGEBNISSE: Ein Hoch-Niedrig-Verhältnis (HLR) wurde berechnet, indem die Leitfähigkeit bei 1 MHz durch die Leitfähigkeit bei 1 kHz dividiert wurde. Die HLR-Werte konnten zur Unterscheidung von fünf Reifestadien bei Erdbeeren herangezogen werden, wobei ein sinkender HLR-Wert mit zunehmender Reife einherging. Anschließend wurde der HLR-Wert mit der Farbe des aus diesen Erdbeeren gewonnenen Nektars verglichen. Obwohl eine gute Korrelation zwischen dem HLR-Wert und einer für Verbraucher akzeptablen Farbe sowohl sofort nach der Produktion ($r = -0{,}823$, $P < 0{,}001$) als auch nach 12 Wochen Lagerung ($-0{,}759$, $P < 0{,}001$) bestand, unterschieden sich die Sorten deutlich sowohl im HLR-Wert als auch in der Farbstabilität. Darüber hinaus korrelierte der HLR-Wert stark mit der Festigkeit.

FAZIT: Das PEF-Kontrollsystem konnte zur Unterscheidung des Reifegrades von Erdbeeren anhand des HLR-Wertes genutzt werden und stand somit in Zusammenhang mit der Farbstabilität. Allerdings lieferte die Leitfähigkeit keine zusätzlichen Informationen zur Farbstabilität, die über die bereits durch die Unterscheidung des Reifegrades anhand der Oberflächenfarbe ableitbaren Informationen hinausgingen.

3. Entwicklung von Anthocyanen nach der Erdbeerernte zur Verbesserung der Farbstabilität von Erdbeernektaren

Erdbeernektar weist eine höhere Farbstabilität auf, wenn er aus überreifen, dunkleren und rötlicheren Erdbeeren mit hohem Anthocyangehalt hergestellt wird. Es hat sich gezeigt, dass die Lagerung von Erdbeeren nach der Ernte diese Eigenschaften fördert. Häufig wird Nektar aus Erdbeeren gewonnen, die aufgrund ihrer schlechten Farbe für den Frischverkauf aussortiert werden, da sie nicht reif genug sind, um farbstabilen Nektar zu produzieren. Diese Studie untersuchte die Anthocyanbildung in Erdbeeren nach der Ernte, um die Farbe und Farbstabilität von Nektar zu verbessern. Dies ist die erste Studie, die diese Entwicklung im Zusammenhang mit der Getränkeherstellung untersucht. Erdbeeren in fünf Reifestadien wurden vor der Nektarherstellung ein bzw. zwei Tage bei 20 °C gelagert. Der

Anthocyangehalt des Nektars wurde mittels pH-Differenzmethode bestimmt, und die Farbstabilität wurde über 12 Wochen anhand eines Verbraucherakzeptanzfaktors, abgeleitet aus den CIELAB-Farbkomponenten, verfolgt. Der Anthocyangehalt und die Farbstabilität korrelierten stark miteinander und waren beide vom Reifegrad abhängig. Bei unreifen Erdbeeren wurde ein stärkerer Anstieg beobachtet, während bei überreifen Proben nur eine geringe oder gar keine Verbesserung festzustellen war. Gelagerte, teilweise gefärbte Erdbeeren ergaben Nektare mit der gleichen Farbstabilität wie nicht gelagerte Erdbeeren normalen Reifegrades. Dadurch konnten Erdbeeren, die zuvor weder für den Frischverkauf noch für die Nektarproduktion geeignet waren, als Rohstoff für die Nektarherstellung verwendet werden, wodurch die Lebensmittelverschwendung reduziert wurde.

4. Farbstabilität und Aroma von Erdbeernektar: Einfluss von Sorte, Erntezeitpunkt und Reifegrad

Diese Studie untersuchte den Einfluss von Erdbeersorte, Erntezeitpunkt und Reifegrad auf die Aromakonzentration und das Aromaprofil sowie die Farbstabilität des daraus gewonnenen Nektars. Analysiert wurden Pürees von zwölf verschiedenen Sorten aus zwei Ländern, die zu unterschiedlichen Reifegraden und Erntezeitpunkten geerntet wurden. Der Furaneol- und Mesifurangehalt wurden mittels Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektor (GCFID) bestimmt, während die Konzentration von zwölf Aromastoffen, darunter Ester, C6-Verbindungen und Lactone, mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) ermittelt wurden. Die Farbstabilität des aus diesen Pürees hergestellten Nektars wurde über zwölf Wochen gemessen. Sowohl Farbe als auch Aroma wurden maßgeblich von der Erdbeersorte beeinflusst. Innerhalb der einzelnen Sorten wiesen Nektare von überreifen Erdbeeren eine höhere Farbstabilität und höhere Konzentrationen an Aromastoffen auf als solche von reifen, früher geernteten Erdbeeren. Allerdings reagierten einige Sorten stärker auf den Erntezeitpunkt als auf den Reifegrad. Aromastoffe, die signifikant ($p < 0,05$) mit einer guten Farbe nach der Lagerung korrelierten, waren Furaneol, Ethylbutanoat, Hexanal, γ-Decalacton und γ-Dodecalacton sowie die Gesamtkonzentration der Aromastoffe. Lediglich die γ-Decalacton-Konzentration korrelierte signifikant mit der allgemeinen Farbstabilität des Nektars, was jedoch auf Sortenunterschiede zurückzuführen sein könnte.

5. Charakterisierung von Phenolverbindungen und Polysacchariden in Erdbeeren: Sorten- und Ernteeffekte und deren Korrelation mit der Nektarfarbstabilität

Die geringe Farbstabilität von Erdbeernektar während der Lagerung war die Ursache der Untersuchung von Polyphenolen und Polysacchariden in den Früchten und deren potenzieller Rolle für die Farbe nach der Verarbeitung in Abhängigkeit von Sorte, Reifegrad und Erntezeitpunkt. Die Sorte hatte einen signifikanten Einfluss sowohl auf die Polyphenole als auch auf die Zellwandpolysaccharide. Anthocyane und Proanthocyanidine (PACs), darunter Procyanidin und Propelargonidin, waren die Hauptpolyphenole in Erdbeeren. Reife und späte Ernte erhöhten den Anthocyangehalt und reduzierten den PAC-Gehalt, während die Veränderungen anderer Polyphenole gering waren. Die Zellwände bestanden hauptsächlich aus Cellulose, hochmethylierten Pektinen mit hohem Gehalt an Arabinan- und Galactan-Seitenketten sowie Xyloglucan. Reife und späte Ernte erhöhten den Verlust von Pektin-Seitenketten, wobei diese Effekte sortenabhängig waren. Überreife Proben aus später Ernte zeigten eine höhere Farbstabilität nach der Nektargewinnung. Erdbeeren mit einem hohen Gehalt an Anthocyanen, einem niedrigen Gehalt an PACs und Pektinen mit einem hohen Galactosegehalt wiesen eine höhere Farbstabilität auf.

6. Vergleich der Auswirkungen von Hochdruck-, gepulsten elektrischen Feldern- und Wärmebehandlungen auf die Qualitätsmerkmale von Himbeersaft

Himbeersaft ist ein nährstoffreiches Getränk, das aufgrund seiner hohen Konzentrationen an Anthocyanen, Vitamin C und flüchtigen Aromastoffen geschätzt wird, welche zu seinen gesundheitlichen Vorteilen und seinem sensorischen Reiz beitragen. Die Verarbeitungsmethoden können diese Qualitätsmerkmale jedoch erheblich beeinflussen. In dieser Studie wurden die Auswirkungen von thermischer Pasteurisierung (TT), Hochdruckbehandlung (HPP) und gepulsten elektrischen Feldern (PEF) – jeweils in zwei Intensitätsstufen – auf die physikalisch-chemischen und sensorischen Eigenschaften von Himbeersaft verglichen. Zu den untersuchten Parametern gehörten Farbe, Viskosität, Trübung, Bräunungsindex (BI), Anthocyanstabilität, Ascorbinsäuregehalt und flüchtige Aromastoffe. Thermische Behandlungen führten zu deutlichen Farbveränderungen, beschleunigten Bräunungsreaktionen und führten zum Abbau von Anthocyanen und blumigen Aromastoffen. Eine höhere Temperatur (80 °C) resultierte in der stärksten Bräunung und dem größten Farbverlust, was die sensorische Qualität beeinträchtigte. HPP-Behandlungen zeigten druckabhängige Effekte:

Eine HPP-Behandlung mit niedriger Intensität verursachte aufgrund der Enzymaktivierung den höchsten BI, während eine HPP-Behandlung mit hoher Intensität die Bräunung dämpfte. Die Hochdruckbehandlung (HPP) reduzierte Viskosität und Trübung, vermutlich aufgrund des Pektinabbaus. Im Gegensatz dazu zeigten PEF-behandelte Proben nur minimale Farb- und Bräunungsveränderungen, wiesen aber die niedrigsten Ascorbinsäurewerte auf, wahrscheinlich bedingt durch Temperaturspitzen während der Verarbeitung. Eine multifaktorielle Analyse identifizierte flüchtige Aromastoffe, insbesondere α-Ionon und β-Ionon, sowie Viskosität, Trübung und Bräunungsindex (BI) als die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale zwischen den Behandlungen. Ascorbinsäure trug im Modell nicht wesentlich bei, was ihre begrenzte Rolle bei der Unterscheidung der Behandlungen unterstreicht. Die Ergebnisse legen nahe, dass die hochintensive PEF-Behandlung ein optimales Gleichgewicht zwischen Nährstofferhalt und sensorischer Qualität bietet, während die TT- und HPP-Behandlungen optimiert werden müssen, um Qualitätsverluste zu minimieren.

7. Vergleichende Analyse von Aromastoffen und phenolischen Verbindungen in Erdbeernektar nach Behandlung mit äquivalenten thermischen, ohmschen, Hochdruck- und gepulsten elektrischen Feldern im Pilotmaßstab

Diese Studie untersucht die Auswirkungen von vier Konservierungsverfahren – thermische Pasteurisierung (TP), ohmsche Erhitzung (OH), Hochdruckbehandlung (HPP) und gepulste elektrische Felder (PEF) – auf das Aroma und die phenolischen Verbindungen von Erdbeernektar unter vergleichbaren Bedingungen der mikrobiellen Inaktivierung (5-log-Reduktion) in Pilotanlagen. Zusätzlich wurden die Veränderungen während einer 60-tägigen Lagerung bei 4 °C untersucht. HPP erwies sich als effektivste Methode zur Erhaltung der Aromastoffe mit Ausgangswerten von 5,29 ± 0,03 mg/L, die nahe an den Werten der unbehandelten Proben lagen. TP zeigte die geringste Erhaltung (2,94 ± 0,13 mg/L). Während der Lagerung reduzierten sich die Aromastoffe in den HPP-behandelten Proben um 41,6 %, die Restkonzentrationen blieben jedoch nach der Lagerung im Vergleich zu den anderen Behandlungen am höchsten. Wichtige Aromamarker wie Mesifuran, Methyl- und Ethylbutyrat blieben in HPP- und PEF-behandelten Proben deutlich besser erhalten als in TP- und OH-behandelten Proben. Der Phenolgehalt zeigte einen ähnlichen Trend: Unmittelbar nach der Behandlung wiesen HPP- und PEF-Proben den höchsten Gesamtphenolgehalt (TPC) auf, darunter Anthocyane wie Pelargonidin-3-glucosid, das bis zu 81 % der Gesamtanthocyane ausmachte. Nicht-thermische Verfahren (HPP und PEF) bewahrten Phenole besser als TP, obwohl die Unterschiede zwischen den Behandlungen nach 60 Tagen Lagerung nicht mehr

signifikant waren. OH zeigte eine mittlere Leistung aufgrund des gleichmäßigen Erhitzungsprozesses, der den thermischen Abbau minimierte. Insgesamt erwiesen sich nicht-thermische Verfahren als am effektivsten für die Erhaltung von Aroma und Phenolprofilen, gefolgt von OH, während TP die größten Verluste verursachte. Diese Ergebnisse unterstreichen das Potenzial nicht-thermischer und alternativer thermischer Technologien gegenüber der thermischen Pasteurisierung zur Erhaltung der sensorischen und ernährungsphysiologischen Qualität von Fruchtgetränken.

8. Vergleich der Auswirkungen konventioneller und unkonventioneller Verarbeitungstechnologien auf wasserlösliche Vitamine und die Farbe in Erdbeernektar – eine Pilotstudie

Es wurde ein umfassender Vergleich der Auswirkungen konventioneller thermischer Verfahren (TT), Hochdruckbehandlung (HP), gepulster elektrischer Felder (PF) und ohmscher Erwärmung (OH) auf den Gehalt an wasserlöslichen Vitaminen und die Farbstabilität in Erdbeernektar durchgeführt. Der Ascorbinsäuregehalt (AA) stieg nach TT- bzw. PF-Behandlung um das 15- bzw. 9-Fache an, bedingt durch das Aufbrechen der Zellen unter Hitzestress und die Freisetzung intrazellulärer AA. Der Dehydroascorbinsäuregehalt (DHA) veränderte sich nach TT- und PF-Behandlung nicht wesentlich, sank jedoch nach HP- und OH-Behandlung signifikant. Die TT-Behandlung führte zur höchsten Gesamterhaltung von Vitamin C. Die B-Vitamine blieben nach der Verarbeitung weitgehend unverändert, wobei der höchste Verlust von 34 % für Riboflavin in OH-behandelten Proben beobachtet wurde. Alle Verfahren führten zu einer vergleichbaren Farbstabilität nach der Verarbeitung. Die Studie schließt mit einem standardisierten Vergleich gängiger Konservierungstechnologien mithilfe von Pilotanlagen. Dieser Ansatz erhöht die Anwendbarkeit der in der Studie präsentierten Ergebnisse erheblich.

Summary

The main project results have been published in 8 publications. The following are the titles and abstracts of these 8 publications.

1. Prediction of the potential colour stability of strawberry nectar by use of a Stability Prediction Value (SPV)

The colour stabilities of 169 different samples of strawberry nectars produced on a lab-scale were measured over 12 weeks. To find a prediction for consumer acceptance at set times, and therefore a shelf-life estimation, a Stability Prediction Value (SPV) was calculated using colour components L*, a* and b* on day of production. The SPV is the first easily measurable calculated value that can be used to predict the Acceptance Factor (AF) – a measure of how likely a strawberry nectar's colour is accepted by consumers – after 12 weeks. It also can predict how many days have elapsed for a nectar's colour to become unacceptable, giving a shelf-life prediction. The SPV values were also calculated for 21 samples produced industrially, and SPV was found to also predict AF after 12 and 36 weeks. SPV, for the first time, gives a quick and simple method to screen raw materials for nectar production, and so could be used by producers to make more colour stable nectars, and breeders to guide development of cultivars. Additionally the potential of the colour component L*, and the concentration of anthocyanins to predict colour stability was evaluated

2. Conductivity at varying frequencies as a method for differentiating strawberry ripeness and association with colour acceptance of strawberry nectars

BACKGROUND: Identifying the best strawberries to produce colour stable nectars is a priority for the juice industry. Although riper strawberries produce nectars with better colour stability, variability between cultivars means that surface colour cannot be used as a single quality attribute to determine stability. Conductivity and bio-impedance measurements can be used to differentiate ripeness of strawberries. The commercially available PEF Control System (ELEA) can measure cell disruption by measuring conductivity at different frequencies. Updated software measured strawberry conductivity at 121 frequencies between 100

Hz and 1 MHz to determine whether conductivity at these frequencies could differentiate ripeness, and be compared with the colour acceptance and stability of nectars produced from these strawberries. RESULTS: A high-low ratio (HLR) was calculated by dividing the conductivity at frequency 1 MHz by conductivity at 1 kHz. HLR could be used to separate five strawberry ripeness stages, with decreasing HLR associated with increasing ripeness. HLR was then compared with the colour of nectars produced from these strawberries. Although there was a good correlation between HLR and an acceptable colour to consumers on initial production ($r = -0.823$, $P < 0.001$) and after 12 weeks of storage (-0.759, $P < 0.001$), cultivars differed greatly in both HLR and colour stability. Additionally, HLR had a strong correlation with firmness. CONCLUSION: The PEF Control System could be used to differentiate ripeness of strawberries by HLR, and therefore was associated with colour stability. However, no additional information on colour stability was gained from conductivity beyond what could already be deduced from differentiating ripeness based on surface colour.

3. Strawberry Post-Harvest Anthocyanin Development to Improve the Colour Stability of Strawberry Nectars

Strawberry nectars have increased colour stability when produced from overripe, darker, and redder strawberries, with a high anthocyanin concentration. The post-harvest storage of strawberries has been shown to develop these properties. Nectars are frequently produced from strawberries rejected for fresh sale due to poor colour, which are insufficiently ripe to produce colour-stable nectars. This study investigated post-harvest anthocyanin development in strawberries to improve the colour and colour stability of nectars, which is the first time these developments were studied for beverage production. Strawberries at five ripeness stages were stored at 20 °C for 1 and 2 days prior to nectar production. The anthocyanin content of nectars was determined by a pH-differential method, and the colour stability was tracked for 12 weeks using a consumer Acceptance Factor, derived from CIELAB colour components. The anthocyanin content and colour stability were highly correlated, and both were dependent on ripening, with larger increases observed in under-ripe strawberries, and small to no improvement in overripe samples. Stored partially coloured strawberries produced nectars with equivalent colour stability to non-stored strawberries of normal ripeness. This allowed strawberries that were previously unsuitable for both fresh sale and nectar production to be used as a feedstock for nectar production, reducing food waste.

4. Strawberry Nectar Colour Stability and Aroma: Influence of Cultivar, Harvest Time and Ripening Stage

This study investigated the impact of cultivar, harvest time, and ripening stage of strawberries on their aroma concentration and profile, and colour stability of nectars produced from these strawberries. Purees from 12 different cultivars from two countries, collected at different ripening stages and harvest times, were analysed. Furaneol and mesifuran content was analysed using a gas chromatography–flame ionisation detector (GCFID), and gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) was used to determine the content of 12 aroma compounds, including esters, C6 compounds, and lactones. Nectars produced from these purees had their colour stability measured over 12 weeks. Both the colour and aroma were greatly influenced by strawberry cultivar. Within cultivars, nectars produced from strawberries that had been harvested overripe showed higher colour stability and higher concentrations of aroma compounds than those harvested ripe from an earlier harvest, although some cultivars were more affected by harvest time than ripening stage. Aroma compounds that correlated significantly ($p < 0.05$) with a good colour after storage included furaneol, ethyl butanoate, hexanal, γ-decalactone and γ-dodecalactone, as well as the total concentration of aroma compounds. Only γ-decalactone concentrations correlated significantly with overall nectar colour stability, although this could be due to cultivar effects.

5. Characterisation of phenolic compounds and polysaccharides in strawberry: Cultivar and harvest effects and their correlation with nectar colour stability

Low colour stability in strawberry nectar during storage led to the study of polyphenols and polysaccharides in fruit and their potential role in colour after processing in relation with cultivar, ripening stage and harvest time. Cultivar had a significant effect on both polyphenols and cell wall polysaccharides. Anthocyanins and proanthocyanidins (PACs), including procyanidin and propelargonidin, were the main polyphenols in strawberry. Ripening and late harvest increased anthocyanin contents and reduced PACs contents whereas changes in other polyphenols were minor. Cell walls were mainly composed of cellulose, highly methylated pectins rich in arabinan and galactan side chains, and xyloglucan. Ripening and late harvest increased the loss of pectin side chains, yet these effects were cultivar-dependent. Overripe samples from late harvest exhibited greater colour stability after nectar production. Strawberries with a high content in anthocyanins, low content of PACs, and with pectins rich in galactose, were correlated with nectars of higher colour stability.

6. Comparing the impact of high pressure, pulsed electric field and thermal treatments on the quality attributes of raspberry juice

Raspberry juice is a nutrient-rich beverage valued for its high concentrations of anthocyanins, vitamin C, and volatile aroma compounds, which contribute to its health benefits and sensory appeal. However, processing methods can significantly impact these quality attributes. This study compared the effects of thermal pasteurization (TT), high-pressure processing (HPP), and pulsed electric fields (PEF), each at two intensity levels, on the physicochemical and sensory properties of raspberry juice. Evaluated parameters included colour, viscosity, turbidity, browning index (BI), anthocyanin stability, ascorbic acid retention, and volatile aroma compounds. Thermal treatments caused significant colour changes, accelerating browning reactions and degrading anthocyanins and floral aroma compounds. Higher thermal treatment (80 ◦C) resulted in the most pronounced browning and colour loss, reducing sensory quality. HPP treatments demonstrated pressure-dependent effects, with low-intensity HPP treatment causing the highest BI due to enzyme activation, while high-intensity HPP moderated browning. HPP also reduced viscosity and turbidity likely due to pectin degradation. In contrast, PEF-treated samples exhibited minimal changes in colour and browning but retained the lowest ascorbic acid levels, likely due to temperature spikes during processing. Multifactorial analysis identified volatile aroma compounds, particularly α-ionone and β-ionone, along with viscosity, turbidity, and BI, as the key differentiating factors among treatments. Particularly, ascorbic acid was not a primary contributor to the model, highlighting its limited role in treatment differentiation. The findings suggest that high-intensity PEF treatment offers the appropriate balance between nutrient retention and sensory quality, while TT and HPP treatments require optimization to minimize quality losses.

7. Comparative analysis of aroma and phenolic compounds in strawberry nectar subjected to equivalent thermal, ohmic heating, high pressure, and pulsed electric fields processes at pilot scale

This study investigates the effects of four preservation treatments: thermal pasteurization (TP), ohmic heating (OH), high-pressure processing (HPP), and pulsed electric fields (PEF), on the aroma and phenolic compounds of strawberry nectar, under equivalent microbial inactivation conditions (5-log reduction) on pilot-scale systems. Changes during 60 days of storage at 4 ◦C were also evaluated. HPP was the most effective method for retaining aroma compounds, with initial levels of 5.29 ± 0.03 mg/L, closely to the untreated samples, while

TP showed the lowest retention (2.94 ± 0.13 mg/L). During storage, HPP-treated samples had a 41.6 % reduction in aroma compounds but still the highest remaining concentrations after storage compared to the other treatments. Key aroma markers, such as mesifurane, methyl and ethyl butyrate, were significantly better preserved in HPP and PEF treated samples compared to TP and OH. Phenolic content followed a similar trend: immediately after treatment HPP and PEF samples exhibited the highest total phenolic content (TPC), including anthocyanins like pelargonidin-3-glucoside, which constituted up to 81 % of total anthocyanins. Non-thermal methods (HPP and PEF) preserved phenolics better than TP, although differences between treatments were not significant after 60 days of storage. OH demonstrated intermediate performance due to its uniform heating process that minimized thermal degradation. Overall, non-thermal methods emerged as the most effective for preserving both aroma and phenolic profiles, followed by OH, while TP resulted in the greatest losses. These findings highlight the potential of non-thermal and alternative thermal technologies over thermal pasteurization to maintain the sensory and nutritional quality of fruit-based beverages.

8. Comparing the impact of conventional and non-conventional processing technologies on water-soluble vitamins and color in strawberry nectar – a pilot scale study

A comprehensive comparison was conducted on the effect of conventional thermal processing (TT), highpressure processing (HP), pulse electric field (PF), and ohmic heating (OH) on water-soluble vitamins and color retention in strawberry nectar. The ascorbic acid (AA) content increased by 15- and 9-fold after TT and PF treatment, respectively, due to rupturing of cells under heat stress and release of intracellular AA. Dehydroascorbic acid (DHA) content did not change considerably after TT and PF treatment but significantly decreased after HP and OH treatment. TT treatment offered the highest total vitamin C retention. The B vitamins remained largely unchanged after processing, with the highest loss of 34 % for riboflavin in OH-treated samples. All the technologies resulted in similar color retention after processing. The study concludes with a standardized comparison of mainstream preservation technologies using pilot-scale equipment. Such an approach significantly increases the applicability of the results presented in the study.

Literaturverzeichnis - Publikationen

1) **Murray, H., Dietl-Schuller, C., Lindner, M., Korntheuer, K., Halbwirth, H. und Gössinger, M. 2023:** Prediction of the potential colour stability of strawberry nectar by use of a Stability Prediction Value (SPV), LWT - Food Science and Technology 173, 114233, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114233 R
2) **Murray, H., Stipkovits, F., Lindner, M., Wühl, J., Halbwirth, H. und Gössinger, M. 2024:** Conductivity at varying frequencies as a method for differentiating strawberry ripeness and association with colour acceptance of strawberry nectars, Journal of the Science of Food and Agriculture, 104 (15) : 9630 – 9639, https://DOI 10.1002/jsfa.13787
3) **Murray, M., Stipkovits, F., Wühl, J., Halbwirth, H. und Gössinger, M. 2024**: Strawberry Post-Harvest Anthocyanin Development to Improve the Colour Stability of Strawberry Nectars, Beverages 10, 36, https://doi.org/10.3390/beverages10020036
4) **Murray, H., Brandes, W., Sari, S., Eder, P., Dietl-Schuller, C., Lindner, M., Philipp, C., Halbwirth, H., Haselmair-Gosch, C., Gössinger, M. 2025:** Strawberry Nectar Colour Stability and Aroma: Influence of Cultivar, Harvest Time and Ripening Stage, Horticulturae, 11, 617, https://doi.org/10.3390/horticulturae11060617
5) **Ricon, S., Murray, H., Gössinger, M., Ginies, C., Goupy, P., Dufour, C., Dangles, O. und Le Bourvellec, C. 2025:** Characterisation of phenolic compounds and polysaccharides in Strawberry: Ripeness and harvest effects and their correlation with colour stability in nectar, Food Chemistry 473, 143112, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143112
6) **Troung, NQA., Puzovic, A., Parvon-Vargas, D., Simkova, K., Rabeeah, I., Murray, H., Grohar, MC., Mikulic-Petkovsek, M., Mandl, K., Gössinger, M., Rainieri, S., Halbwirth, H., Cattani, L., Rinaldi, M. 2025:** Comparing the impact of high pressure, pulsed electric field and thermal treatments on the quality attributes of raspberry juice, Innovative Food Science and Emerging Technologies 104, 104101, https://doi.org/10.1016/j.ifset.2025.104101 R
7) **Parvon-Vargas, D., Simkova, K., Puzovic, A., Moreno-Barreto, A., Gedas, A., Murray, H., Rabeeah, I., Rincon, S., Troung, NQA., Zavarise, A., Zia, H., Sandei, L., Rinaldi, M., George, S., Gozzi, M., Gössinger, M., Guski, S., Humel, S., Jacopic, J., Le Bourvellec, C., Rainieri, S., Mikulic-Petkovsek, M., Weiss, A., Schmidt, M., Guareschi, F., Molitorf, C., Hofsommer, M., Slatnar, A., Halbwirth, H., Cattani, L. 2025**: Comparative analysis of aroma and phenolic compounds in strawberry

nectar subjected to equivalent thermal, ohmic heating, high pressure, and pulsed electric fields processes at pilot scale, LWT - Food Science and Technology 228, 118066, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118066

8) **Hassan, Z., Murray, H., Hofsommer, M., Barreto, AM., Pavon-Vargas, D., Puzovic, A., Gędas, A., Rincon, S., Gössinger, M., Slatnar, A., 2025:** Comparing the impact of conventional and non-conventional processing technologies on water-soluble vitamins and color in strawberry nectar – a pilot scale study, Food Chemistry 463, 141078, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141078

Weitere Publikationen:

Gössinger, M., Skoff, A., Hejret, M., Bock, C., Lindner, M., Murray, H., Klaffner, C. und Graf, M. 2023: Nutzung der Impedanz-Messung zur Reifebestimmung, Tagungsbericht, 77. ALVA-Jahrestagung, 22.-23.5.2023, Linz, S 329-332

Murray, H., Dietl-Schuller, C., Lindner, M., Korntheuer, K., Halbwirth, H. und Gössinger, M. 2023: Vorhersage der potentiellen Farbstabilität von Erdbeernektar durch Verwendung eines Stability Prediction Value (SPV), Tagungsbericht, 77. ALVA-Jahrestagung, 22.-23.5.2023, Linz, S 339-343

Skoff, A., Hejret, M., Bock, C. 2023: Einfluss des Reifegrades auf die Farbstabilität von Erdbeernektar, Diplomarbeit HBLA und BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg

Lindner, M. 2022: Einfluss des Frierens auf die Farbstabilität von Erdbeernektare, Tagungsbericht, 76. ALVA Tagung, Graz, 2022: 243-246

Dietl-Schuller, C. 2022: Untersuchungen von Erdbeeren hinsichtlich ihrer Farbstabilität in der Nektarproduktion, Tagungsbericht, 76. ALVA Tagung, Graz, 2022: 238-242

Murray, H. 2025: Key parameters of strawberry for the production of colour stable nectars, Dissertation TU Wien

Dietl-Schuller, C. 2022: Untersuchungen von Erdbeersorten auf deren Potential zur Herstellung farbstabiler Nektare, Masterarbeit BOKU Wien

Wühl, J. 2024: Einfluss von Einfrieren und Fruchtgröße auf die Farbstabilität von Erdbeernektar, Masterarbeit BOKU Wien