

7. Zusammenfassung:

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, durch Stufenkontrollen bei der Herstellung von Fruchtsäften zu klären, welchen Einfluss klassische und moderne Verfahrenstechnologien auf die antioxidativ wirksamen Inhaltsstoffe von Apfel- und Beerensäften haben. Bei diesen antioxidativ wirksamen Inhaltsstoffen handelt es sich in Fruchtsäften hauptsächlich um die komplexe Stoffgruppe der Polyphenole, der viele positive Effekt auf die menschliche Gesundheit nachgesagt werden. Neben der Verfahrenstechnik der Fruchtsaftherstellung werden der Einfluss der Sorte, des Reifezustandes und der Lagerung auf die antioxidative Kapazität und die Polyphenole im Fruchtsaft untersucht. Die wichtigsten antioxidativ wirksamen Inhaltsstoffe in Apfel- und Beerensäften sind die Polyphenole und bei einigen Beerensäften die L-Ascorbinsäure, vor allem beim schwarzen Johannisbeersaft. Die beiden hauptsächlich untersuchten Fruchtsäfte Apfel- und schwarzer Johannisbeersaft werden exemplarisch ausgewählt, da sie sich deutlich im Spektrum und Gehalt der Polyphenole sowie im L-Ascorbinsäuregehalt und im Herstellungsprozess unterscheiden. Weiterhin werden Stufenkontrollen bei der Herstellung von Holunder-, Brombeer-, Stachelbeer- und Sauerkirschsaft sowie bei der Herstellung von Fruchtweinen vorgenommen und die Veränderung von antioxidativ wirksamen Inhaltsstoffen bei der Reifung von Erdbeeren untersucht.

Zur Bestimmung der antioxidativen Kapazität in wässrigen Proben wurde der ABTS⁺-Radikalkationen-Test verwendet, der den Anforderungen entsprechend modifiziert wurde. Fehlerquellen der Bestimmung konnten erkannt und beseitigt werden. Das angewendete Messprinzip besitzt zur Bestimmung der antioxidativen Kapazität einen geringen Zeit- und Materialaufwand und erlaubt daher einen hohen Probendurchsatz.

Eine neue Methode zur Analytik der Polyphenole mittels HPLC an einer fluorierten RP-Phase und einer Detektion mittels DAD und ECD wurde entwickelt. Die Methode weist eine gute Reproduzierbarkeit und eine gute Trennung der Polyphenole auf, ermöglicht die gleichzeitige Analyse von Anthocyanen und anderen Polyphenolen und ist durch die Verwendung der beiden Detektionssysteme empfindlich und aussagekräftig.

Drei Anthocyane aus schwarzem Johannisbeersaft und zwei Polyphenole aus Apfelsaft, die kommerziell nicht erhältlich sind, konnten isoliert werden.

Es konnten klare Aussagen über die Einflüsse der Verarbeitungstechnik auf die antioxidative Kapazität von Apfel- und Beerensäften getroffen werden. Anhand der Ergebnisse können Empfehlungen für das Erhalten und Erreichen einer möglichst hohen antioxidativen Kapazität und die Optimierung des Polyphenolgehalt bei der Herstellung von Apfel- und Beerensäften ausgesprochen werden. Es zeigt sich grundsätzlich, dass Beerensäfte aufgrund der hohen Polyphenolgehalte eine deutlich bessere Quelle für Antioxidantien in der menschliche Ernährung sind, als Apfelsäfte mit vergleichsweise eher geringen Polyphenolgehalten. Als wichtigste Einflussgröße zum Erreichen einer hohen antioxidativen Kapazität im Endprodukt zeigte sich die Wahl der Rohware. Verschiedene untersuchte Apfel- bzw. schwarze Johannisbeersorten unterscheiden sich teilweise erheblich in ihren Gehalten an antioxidativ wirksamen Inhaltsstoffen. Bei der Herstellung von Apfelsaft wurden die Einflüsse auf die antioxidative Kapazität von Maischestandzeit, Entsaftung, fruchteigener Polyphenoloxidasen, industriellen Entsaftungssystemen, Separation, thermischer Belastung, Lagerung, Schönung mit Gelatine, Ultrafiltration, der Stabilisierung von ultrafiltriertem Saft mit PVPP oder Adsorberharz und Laccase/O₂-Behandlung mit anschließender Ultrafiltration untersucht und bewertet. Bei der Entsaftung werden nur 32% der antioxidativen Kapazität und 43% der Polyphenole von der Fruchtmaische in den Saft transferiert, was einen erheblichen Verlust darstellt. Es zeigte sich, dass eine Maischestandzeit von max. 1 Stunde oder eine Maischeerhitzung auf 60°C die Ausbeute an antioxidative wirksamen Substanzen deutlich erhöhen. Horizontalpresse und Dekanter ergaben bei der Entsaftung der gleichen Maische ähnliche Werte für die antioxidative Kapazität, unterschieden sich aber trotz ähnlichem Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu in den Gehalten an monomeren Polyphenolen. Bezogen auf den frischen Presssaft wurden bei der Herstellung von naturtrübem Apfelsaft ein Verlust an antioxidativer Kapazität und einzelnen Polyphenolen durch Separation und Oxidation von 20 – 40% festgestellt. Die drei Verfahren zur Herstellung von stabilem klarem

Apfelsaft in Verbindung mit der Ultrafiltration zeigten hohe Verluste an antioxidativer Kapazität von 45 – 75% und waren der klassischen Gelatine-Schönung mit Verlusten von 25 - 40% unterlegen. Bei der Herstellung von schwarzem Johannisbeersaft wurden die Einflüsse auf die antioxidative Kapazität von Entsaftung, Separation, thermischer Belastung, Schönung mit Gelatine, Behandlung mit PVPP oder Bentonit und Konzentratherstellung untersucht und bewertet. Bei allen untersuchten Verarbeitungsschritten zur Herstellung von schwarzem Johannisbeersaft lag die prozentuale Abnahme der antioxidativen Kapazität und der Polyphenole um 10 – 15% und damit geringer als beim Apfelsaft. Die Maischeerwärmung und –enzymierung erweist sich als günstig, da die Extraktion der Polyphenole verbessert wird und durch die Temperatur fruchteigene Polyphenoloxidasen inaktiviert werden. Holunder-, Brombeer- und Sauerkirschsafft zeigt sich während der Herstellung ähnlich stabil (prozentuale Abnahmen < 20%). Auch bei diesen stark rot gefärbten Säften ist die Schönung mit Gelatine die günstigste Methode zur Klärung des Saftes. Höhere Gehalte an antioxidativ wirksamen Substanzen und der dadurch bedingte geringere Einfluss einer mengenmäßig gleichen Abnahme sowie eine geringere Aktivität von fruchteigenen Polyphenoloxidasen sind der Grund für diesen Unterschied zwischen den untersuchten stark rot gefärbten Säften und dem Apfelsaft.

Thermische Belastung verändert die antioxidative Kapazität trotz Abnahme von Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und den Gehalten an monomeren Polyphenolen nicht. Als Grund hierfür wird vermutet, dass sowohl durch Wärmeeinwirkung entstehende polymere oder kondensierte Polyphenole, wie auch bei längerer Wärmeeinwirkung im Saft entstehende Produkte aus Zuckern, Eiweißen und eventuell auch Polyphenolen, wie Maillard-Produkte oder Reduktone, eine hohe antioxidative Kapazität besitzen.

Die Lagerung verringert die antioxidative Kapazität von trübem Apfelsaft und trübem Holundersaft vor allem durch das Ausfallen des Trubes, verändert sich bei klarem Apfelsaft aber nicht, obwohl deutlich Veränderungen bei den Polyphenolen festgestellt werden. Dafür werden ähnliche Gründe wie bei Wärmeeinwirkung angenommen.

Bei der Herstellung von Fruchtweinen verändert sich während der Vergärung die antioxidative Kapazität kaum, während die Gehalte an monomeren Polyphenolen stark absinken. Die bei der Vergärung entstehenden Kondensations- und Polymerisationsprodukte müssen daher eine mit der Summe der monomeren Bausteinen vergleichbare antioxidative Kapazität aufweisen.

Unter Berücksichtigung der Bioverfügbarkeit ist ein Verlust an monomeren Polyphenolen durch Behandlungsmaßnahmen oder eine Vergärung, auch wenn keine Abnahme der antioxidativen Kapazität beobachtet wird, als negativ zu beurteilen und daher zu vermeiden. Speziell die thermische Belastung sollte daher so gering wie möglich gehalten werden.

Basierend auf den Ergebnissen konnten klare Empfehlungen für die Herstellung von Fruchtsäften mit möglichst hoher antioxidativer Kapazität und einem hohen Gehalt an monomeren Polyphenolen ausgesprochen werden:

1. Die Wahl der richtigen, polyphenolreichen Rohware.
2. Eine Erhitzung des frischen Presssaftes zur Inaktivierung fruchteigener Polyphenoloxidasen
3. Möglichst wenig Prozessschritte für die Herstellung eines Fruchtsaftes oder –nektars,
4. Ein zügiger und logistisch gut durchdachter Herstellungsprozess, um unnötige Standzeit des Fruchtsaftes möglichst zu vermeiden.
5. Vermeidung von Prozessschritten und Behandlungsmaßnahmen, die eine starke Abnahme der antioxidativen Kapazität verursachen.

Es konnte die Möglichkeit zur Entwicklung eines Antioxidansgetränkes auf Basis von Beerensäften aufgezeigt werden.

Die Fruchtsaftinhaltsstoffe Polyphenole wurden auf eine neue Art betrachtet und ihre Veränderungen im Herstellungsprozess beurteilt. Die Ergebnisse können der Fruchtsaftindustrie zur Hinterfragung von Herstellungsprozessen im Hinblick auf die antioxidative Kapazität und zur Entwicklung neuartiger Produkte in Richtung „Antioxidansgetränk“ dienen.