



Daniela Krieg, BSc

**Stabilität von frisch-gepressten Fruchtsäften in
einem Zeitraum von 24 Stunden
Verschiedene Entsafter-Modelle im Vergleich**

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Biotechnologie

eingereicht an der
Technischen Universität Graz

Betreut durch:

Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Murkovic
Institut für Biochemie, Functional Food Group

Graz, November 2016

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Datum

Unterschrift

Danksagung

Als erstes möchte ich mich bei Herrn ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Murkovic bedanken, dass er mir es ermöglicht hat, meine Masterarbeit am Institut für Biochemie in seiner Arbeitsgruppe (Functional Food Group) durchzuführen. Ich fühlte mich hier sehr gut aufgehoben und schätzte am meisten die Balance zwischen selbstständigem Arbeiten und Hilfe, wenn man sie benötigte. Ich bewundere die Ruhe und Geduld, die Herr Prof. Murkovic für uns alle aufbringt.

Ich möchte auch der Firma Philips danken, besonders Herrn Holzbauer, dass ich an so einem interessanten Thema wie diesem arbeiten durfte und einen kleinen Beitrag für die weitere Entwicklung der Entsafter leisten konnte.

Des Weiteren möchte ich noch Frau Priv.Do. Ass. Prof. Barbara Sigmund vom Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie danken, dass Sie und Ihre geschulten Mitarbeiter meine Säfte verkostet haben. Zudem möchte ich Sandra Holzer für die Durchführung der Keimzahlbestimmung danken und dem Institut für Bioprozesstechnik an der TU Graz für die Ausführung der Sauerstoffmessungen und der Bereitstellung des Gerätes zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit.

Ein großes Dankeschön auch an meine Projektlaborantinnen Laura, Alma und Tamara für ihre Hilfe und Unterstützung und auch meinen anderen Laborkollegen Marini, Christopher, Katrin, Sandra, Manuela, Alma L. und Mark möchte ich großen Dank aussprechen. Ihr habt mich unterstützt, mir geholfen als ich eure Hilfe brauchte und wir hatten so manch interessante Gespräche, lustige Ausflüge und Feiern. Das werde ich nie vergessen!

Natürlich danke ich auch meinen Eltern Karl und Gertrude Krieg, sowie meiner Schwester Kerstin und Oma Rudolfine Friedl ohne ihre finanzielle und seelische Unterstützung mein Studium so nicht möglich gewesen wäre.

Zum Schluss danke ich noch meinen Studienkollegen, die inzwischen gute Freunde geworden sind, meinen Mitbewohnerinnen und meinen Freunden aus der Heimat (NÖ), die alle immer an mich geglaubt haben, mich gepusht haben, wenn es mal nicht so gut gelaufen ist und die mich wieder motiviert haben weiter zu machen. Vielen Dank Marina, Bettina, Elisabeth Sch., Stefan, Laura L., Verena & Katharina, Verena O., Karin, Sabrina, Andreas, Andrea, Heidi & Steffi & Elisabeth.

Kurzfassung

Ziel dieser Arbeit war es, ausgewählte Obst- und Gemüsesorten (Orangen, Erdbeeren, Äpfel, rote Weintrauben, Spinat und Tomaten) mit drei verschiedenen Entsafter-Modellen zu Saft zu verarbeiten und die Säfte auf wichtige Nährstoffe bzw. deren Stabilität, in einem Zeitraum von 24 h bei 4 °C im Kühlschrank, zu untersuchen. Von Interesse war, ob es auch Unterschiede zwischen den Entsafter-Modellen gibt, da sie unterschiedlich aufgebaut sind: eine Zentrifuge, ein Standmixer und eine Schneckenpresse. Die zu analysierenden Nährstoffe und Parameter waren: die Konzentrationen an Vitamin C, β -Carotin und Anthocyane, sowie der pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit und die Sauerstoffkonzentration. Darüber hinaus die totale anti-oxidative Kapazität in den Säften und die Koloniezahl (cfu = colony forming unit) an Bakterien, Hefen und Schimmel. Auch die sensorische Qualität wurde analysiert. Bis auf wenige Ausnahmen sind die gemessenen Parameter in den Säften von allen Entsaftern über den Beobachtungszeitraum von 24 h und unter den gegebenen Lagerbedingungen stabil. Es gibt keine optimale Entsaftungsmethode für alle Obst- und Gemüsesorten, jede hat ihre Vor- und Nachteile.

Die höchsten **Vitamin C-Konzentrationen** befinden sich im frischen Orangen- und Erdbeersaft mit 39 mg/100 mL bzw. 42 mg/100 mL, sowie in den 24 h gelagerten Säften des Zentrifugen-Entsafters. Im Tomatensaft, aus dem gleichen Entsafter, sinkt der Gehalt nach 24 h von 20 mg/100 mL um fast 51 % ab. Der Spinatsaft aus der Schneckenpresse hat die höchste Konzentration mit 24 mg/100 mL. Die niedrigsten Konzentrationen befinden sich in allen Säften des Standmixers.

Die **β -Carotin Konzentration** ist in den Orangensäften (frisch und 24h) aller Entsafter-Modelle relativ gleich mit 4 - 5 mg/100 mL. Der Tomatensaft des Zentrifugen-Entsafters zeigt mit 12,4 mg/100 mL (frisch) und 18,3 mg/100 mL (24 h) die höchsten Ergebnisse. Im frischen Spinatsaft, hergestellt durch den Standmixer, ist mit fast 40 mg/100 mL die Konzentration um 77 % höher als im Saft aus der Schneckenpresse, die den niedrigsten Gehalt aufweist.

Der Gehalt an **Anthocyanen** ist im Erdbeersaft der Schneckenpresse, doppelt bis dreifach so hoch, je nach Glykosid, als im Erdbeersaft des Zentrifugen-Entsafters. Der Traubensaft des Standmixers hat die höchste Konzentration an Anthocyanen und die Schneckenpresse hat derart niedrige Konzentrationen, dass nur mehr zwei von vier Anthocyanen analysiert werden konnten.

Der **pH-Wert**, die **elektrischen Leitfähigkeit**, sowie des **Sauerstoffgehaltes** sind unabhängig von der Zubereitungsart. Der **pH-Wert** befindet sich bei allen Säften zwischen 3 und 4, einzig bei Spinatsaft liegt er bei 6,8. Die niedrigste Leitfähigkeit ist in den Apfelsäften mit 2 mS/cm und die höchste in den Spinatsäften mit 13 mS/cm, jeweils bezogen auf alle Entsafter.

Die niedrigsten Sauerstoffkonzentrationen befinden sich im Tomatensaft des Zentrifugen-Entsafters, sowie in den Apfelsäften des Standmixers und der Schneckenpresse mit jeweils ca. 2 mg/L Sauerstoff. Die höchsten Werte sind in den Spinatsäften aller Entsafter mit 7 - 8 mg/L Sauerstoff.

Die höchste **anti-oxidative Kapazität** hat der frisch gepresste Erdbeersaft aus der Schneckenpresse mit 17,8 mmol/L Troloxäquivalent. Der Tomatensaft aus dem gleichen Entsafter hat mit 5,4 mmol/L Troloxäquivalent den höchsten Wert. Frischer Orangen- und Apfelsaft aus dem Zentrifugen-Entsafter haben mit 13,5 mmol/L bzw. 9,2 mmol/L Troloxäquivalent die höchsten Werte und bei Spinat- und Traubensaft, haben die Säfte aus dem Standmixer mit 13,0 mmol/L bzw. 13,6 mmol/L Troloxäquivalent die höchsten Werte.

Die meisten **Bakterien** befinden sich in den Säften aus dem Standmixer. Im frischen Apfelsaft sind bis zu 88.000 cfu/mL. Nach 24 h hat keiner der Spinatsäfte eine Bakterienkoloniezahlanzahl unter 50.000 Kolonien/mL und ist dadurch der meist belastete Saft bei allen Entsaftern. Die Orangen-, Erdbeer-, Apfel- und Traubensäfte aus der Schneckenpresse haben die höchsten Werte bezüglich der Hefekolonien, wobei der Orangensaft mit 8.000 bzw nach 24 h mit 9.000 an oberster Stelle liegt.

Sensorisch am besten beurteilt wurden: der Orangen-, Trauben- und Tomatensaft aus dem Zentrifugen-Entsafter, der Erdbeer- und Apfelsaft aus der Schneckenpresse, sowie der Spinatsaft und nochmals der Traubensaft aus dem Standmixer. Die Apfelsäfte aller Entsafter wurden sensorisch als am besten eingestuft.

Abstract

The aim of this project was, to analyse the nutrients of different fruit and vegetable juices (oranges, strawberries, apples, grapes, spinach and tomatoes), which were produced by different types of juice extractors. The juices were analysed immediately after squeezing and after 24 h, stored in the fridge at 4 °C. The stability of the fruit juices, produced using three different technologies, was analysed during a 24 h period. The three juice extractors have different kinds of setup. The first one works like a centrifuge with sharp knives, the second one is a blender and the third one is an extruder.

The concentration of vitamin C, β -carotene and anthocyanins plus the pH-value, the electric conductivity and the concentration of oxygen were analysed. The total anti-oxidative capacity of the juices and the number of bacterial, yeast and fungal colonies (cfu = colony forming unit) were also tested. The institute of analytical chemistry and food-chemistry analysed the sensory quality of the produced juices.

In summary, it can be said, that all nutrients and the other parameters, expect a few juices, were stable during the storage conditions of 24 hours and 4 °C. There was no ideal juice extractor for all fruits and vegetables, because every machine has its own advantages and disadvantages.

The highest concentrations of **vitamin C** were found in fresh and stored orange and strawberry juice produced by the centrifugal extractor. In the fresh products, the concentrations were being 39 mg/100 mL and 42 mg/100 mL, respectively. The tomato juice, produced by the same extractor, had a concentration of 20 mg/100 mL. After 24 h, the content is reduced by 51 %. The spinach juice, produced from the extruder had the highest vitamin c concentration with 24 mg/ 100 mL.

The **β -carotene** concentration in the fresh and stored orange juices was pretty much the same from all extractors with 4 - 5 mg/100 mL. The tomato juice from the centrifuge extractor had the highest concentration with 12.4 mg/100 mL (fresh) and 18.3 mg/100 mL (stored). The fresh spinach juice produced by the blender had a concentration at about 40 mg/100 mL and this result is about 77 % higher compared to the lowest content of β -carotene from the extruder.

The content of **anthocyanins** in strawberry juice from the extruder was two to three times higher (depending on the glycosides) compared with the lowest results from the centrifuge extractor. The highest concentration of anthocyanins in grape juice was obtained from the blender. The juice from the extruder had a very low content of anthocyanins. Two of the four anthocyanins had a concentration below the limit of detection. The values of the **pH**, the **electric conductivity** and the **oxygen concentration** were independent of the way of preparation. The pH-value was between 3 and 4 in all juices, except the spinach juice with a pH-value of 6.8. The lowest values of the electric conductivity were in the apple juices with 2 mS/cm and the highest values were in the spinach juices with 13 mS/cm, respectively all extractors.

The lowest concentration of oxygen is in the tomato juice produced by the centrifuge extractor and the apple juices produced by the blender and the extruder with 2 mg/L respectively. The highest concentrations are in the spinach juices with 7 - 8 mg/L oxygen.

The highest **anti-oxidative capacity** is in the strawberry juice from the extruder with 17.8 mmol/L troloxequivalents. The tomato juice from the same extractor had the highest value at 5.4 mmol/L troloxequivalents. Fresh orange and apple juice from the centrifuge extractor contained the highest concentration with 13.5 mmol/L and 9.2 mmol/L troloxequivalents and spinach and grape juice from the blender had a concentration of 13.0 mmol/L and 13.6 mmol/L troloxequivalents.

Bacterial contamination was highest in the juices from the **blender**. In the fresh apple juice were 88.000 cfu/mL. In the spinach juices were more than 50.000 cfu/mL after 24 h, produced by all extractors. The highest values of yeast were in the orange, strawberry, apple and grape juices from the extruder. In this case, the orange juice had the most cfu with 8.000 and 9.000 after 24 h.

After the **organoleptic test**, it turned out, that the orange, grape and tomato juice produced by the centrifuge extractor and the strawberry and apple juice from the extruder tasted best. The best juices from the blender were the spinach juice and the grape juice, too. The most positive result had the apple juice, from every extractor.

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung	11
A. Obst & Gemüse	11
1. Orange	13
2. Erdbeere	14
3. Apfel	15
4. Weintraube	16
5. Spinat	17
6. Tomate	18
B. Vitamin C (Ascorbinsäure)	19
1. Vorkommen und Bedarf an Vitamin C	19
2. Chemische Struktur	19
3. Aufgaben der Ascorbinsäure	20
C. Carotinoide - β-Carotin	22
1. Vorkommen und Bedarf	22
2. Chemische Struktur	23
3. Aufgaben von β -Carotin	24
D. Anthocyane	25
1. Vorkommen und Aufgaben der Anthocyane	25
2. Chemische Struktur	26
E. pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Sauerstoff	28
1. pH-Wert	28
2. Elektrische Leitfähigkeit	28
3. Sauerstoff	28
F. Totale anti-oxidative Kapazität - Assay	29
G. Bakterien, Hefen, Schimmel	31
H. Sensorik	32
II. Material und Methoden	33
A. Material	33
B. Methoden	35
1. Entsafter	35
a) Philips Avance Collection	35
b) Philips ProBlender 6	36
c) Philips Avance Juicer	37
2. Arbeitsablauf	38

3.	Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC)	40
a)	<i>Messung der Vitamin C Konzentration in Orangen-, Erdbeer-, Spinat- und Tomatensaft</i>	40
b)	<i>Messung der Anthocyane im Erdbeer- und Weintraubensaft</i>	40
4.	Hochleistungsdünnschichtchromatographie (HPTLC)	41
a)	<i>Messung der β-Carotin Konzentration in Orangen-, Spinat- und Tomatensaft</i>	42
5.	pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration	43
a)	<i>pH-Wert Messung</i>	43
b)	<i>Elektrische Leitfähigkeit</i>	44
c)	<i>Sauerstoffkonzentration</i>	44
6.	Messung der totalen anti-oxidativen Kapazität der Fruchtsäfte	46
7.	Bakterien, Hefen, Schimmel	48
8.	Sensorische Beurteilung der Obst- und Gemüsesäfte.....	48
III.	Ergebnisse & Diskussion	51
A.	<i>Vitamin C</i>	51
1.	Orangensaft.....	51
2.	Erdbeersaft	52
3.	Spinatsaft.....	53
4.	Tomatensaft.....	55
5.	Gesamtergebnis Vitamin C in Orangen-, Erdbeer-, Spinat-, Tomatensaft	56
B.	<i>β-Carotin</i>	59
1.	Orangensaft.....	59
2.	Spinatsaft.....	60
3.	Tomatensaft.....	61
4.	Gesamtergebnis β -Carotin in Orangen-, Spinat-, und Tomatensaft.....	62
C.	<i>Anthocyane</i>	65
1.	Erdbeersaft	65
2.	Weintraubensaft.....	67
3.	Gesamtergebnis Anthocyane in Erdbeeren- und Traubensaft.....	68
D.	<i>pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration</i>	70
1.	pH-Wert in den Säften	70
a)	<i>Gesamtergebnis der pH-Wert Messung in allen Säften</i>	73
2.	Elektrische Leitfähigkeit in den Säften	74
a)	<i>Gesamtergebnis elektrische Leitfähigkeit in allen Säften</i>	76
3.	Sauerstoffkonzentration in den Säften.....	78
a)	<i>Gesamtergebnisse Sauerstoffkonzentration in allen Säften</i>	81
E.	<i>Totale anti-oxidative Kapazität (TAC)</i>.....	83

F.	<i>Bakterien, Hefen und Schimmel in den Obst- und Gemüsesäften</i>	88
G.	<i>Sensorische Beurteilung der Obst- und Gemüsesäfte</i>	96
	1. Orangensaft.....	97
	2. Erdbeersaft.....	99
	3. Apfelsaft.....	100
	4. Weintraubensaft.....	101
	5. Spinatsaft.....	102
	6. Tomatensaft.....	103
	7. Gesamtergebnis: Sensorische Beurteilung der Obst- und Gemüsesäfte.....	104
IV.	Ausblick	105
V.	Anhang	106
	A. <i>Sensorisches Prüfprotokoll</i>	106
	B. <i>Chromatogramme</i>	113
	1. Vitamin C Messung mittels HPLC.....	113
	2. β -Carotin Messung mittels HPTLC.....	113
	3. Messung der Anthocyane mittels HPLC.....	115
VI.	Abbildungsverzeichnis	116
VII.	Tabellenverzeichnis	119
VIII.	Literatur	121

I. Einleitung

A. *Obst & Gemüse*

In dieser Arbeit wurden vier verschiedene Obstarten (Orange, Erdbeere, Weintraube, Apfel) und zwei verschiedene Gemüsearten (Spinat, Tomate) verwendet. Dabei ist eine klare Abgrenzung manchmal schwer zu treffen.

Gemüse wird vor dem Verzehr meist gekocht, wohingegen Obst meist roh verzehrt wird und einen höheren Zuckergehalt aufweist. Aus botanischer Sicht zählt die Tomate zu den Früchten, da sie aus einer befruchteten Blüte entsteht. Aufgrund der fehlenden Süße und Säure zählt sie jedoch zu den Fruchtgemüsearten, wie auch etwa Zucchini oder Kürbis.

Allgemein besteht Gemüse zu 80 - 95 % aus Wasser. Die restlichen Bestandteile setzen sich aus unterschiedlichen Mengen an Proteinen bzw. Stickstoffverbindungen und geringe Mengen (<1 %) an Lipiden zusammen. Abhängig von der Gemüseart, Anbau und Zubereitung, sind hohe Mengen an Vitaminen, Mineralstoffen und Ballaststoffen, sowie Geschmacks-, Aroma- und Farbstoffe enthalten. Unter Ballaststoffen versteht man alle Nahrungsbestandteile, die von menschlichen Verdauungsenzymen nur teilweise abgebaut werden können. Es können auch unerwünschte Substanzen wie Nitrat oder Oxalsäuren vorkommen, wie beispielsweise im Spinat.

Obst kann nach verschiedenen morphologischen Eigenschaften und nach Herkunft eingeteilt werden. Der Apfel zum Beispiel gehört zum Kernobst, die Weintraube und Erdbeere zum Beerenobst, wobei die Weintraube eine echte Beere ist und die Erdbeere zur Gruppe der falschen Beeren gehört. Die Orange zählt zu den Zitrusfrüchten. Der Hauptbestandteil von Obst ist zu 80 - 85 % Wasser und die restlichen Bestandteile sind aufgeteilt in unterschiedlichen Mengen an Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten. Diese Bestandteile, sowie der Gehalt an Vitaminen und Mineralstoffen können aufgrund des Erntezeitpunktes, Anbauklimas oder der Lagerung, schwanken.

Einige Vitamine reagieren empfindlich auf Hitze, Licht und Sauerstoff. Die Mineralstoffe befinden sich im Gemüse in den Zellstrukturen und sind dort fest eingebettet. Je stärker Gemüse zerkleinert wird, desto höher steigt die Bioverfügbarkeit der Mineralstoffe. Beim Kochen aber können große Mengen an Mineralstoffen verloren gehen, da sie in das Kochwasser abgegeben werden.

In Erdbeeren und Orangen ist der Gehalt an Vitamin C am höchsten (Tab. 1). Orangen und Tomaten haben zusätzlich noch einen hohen Anteil an β -Carotin. Generell sind Obst und Gemüse gute Lieferanten für Kalium.

Tabelle 1: Vitamine und Mineralstoffe: Gehalt in den Obst- und Gemüsesorten sowie der tägliche Bedarf für 10 bis 65-jährige Menschen. K = Kalium, Na = Natrium, Ca = Calcium, Mg = Magnesium, P = Phosphor, k.A. = keine Angaben. Werte für Spinat [LM-Warenkunde] beziehen sich auf Tiefkühlware. [Rimbach 2015; ¹Ebermann 2011; ²LM-Warenkunde, ³Belitz 2008]

	Vitamine				Mineralstoffe				
	C	Niacin	Fol-säure	β -Carotin	K	Na	Ca	Mg	P
Tagesbedarf ³ :	Vitamine [mg]				Mineralstoffe [g/kg Körpergewicht]				
	100	mind.13	0,4	5,4-6,6	0,8	1,3-1,6	1,0-1,5	0,3-0,4	0,8-1,2
OBST	Vitamine [mg/100 g]				Mineralstoffe [mg/100 g]				
Apfel	12	0,3	0,007	0,03	119	1,2	5,3	5,4	119
Erdbeere	57	0,5	0,04	0,02	164	1,4	19	13	25
Orange	45	0,3	0,03	0,05-0,07 ¹	164	1,4	40	12	20
Traube	4,2	0,23	0,04	0,03-0,06 ¹	198	2,0	12	7,3	19
GEMÜSE									
Tomate	19	0,53	0,02	0,6	235	3,3	8,9	11	22
Spinat	28 ¹ -51 ²	k.A.	0,19 ¹	5,6 ¹	320 ²	40 ²	120 ²	46 ²	45 ²

Für den Geschmack des Obstes sind hauptsächlich Fruchtsäuren und verschiedenen Zucker verantwortlich. Im Apfel zum Beispiel dominiert die Apfelsäure. In den Zitrus- und Beerenfrüchten hat die Zitronensäure den höchsten Anteil. In den Weitrauben wiederum die Weinsäure, aber auch die Apfelsäure. Das Aroma der Gemüsearten setzt sich aus verschiedenen Verbindungen zusammen. Diese können entweder bereits vorhanden sein, oder erst durch die Zubereitung, wie zum Beispiel beim Zerkleinern entstehen, da dadurch enzymatische Vorgänge ausgelöst werden. Für die Farben im Gemüse sind hauptsächlich Carotinoide, Chlorophyll, Phenole, Anthocyane und

Betalaine verantwortlich. Diese sekundären Metaboliten haben auch noch andere Aufgaben in der Pflanze. So dienen sie als Lichtschutzfaktoren, Signalstoffe oder Antioxidantien [Ebermann 2011, Rimbach 2015, Baltés 2011, Belitz 2008].

1. Orange

Die Orange (Süßorange, *Citrus sinensis*) zählt zu den beliebtesten Obstsorten und ist eine Zitrusfrucht. Ihre Kultivierung startete bereits vor über 4.000 Jahren in Südostasien. Von dort aus wurde sie von Händlern und Siedlern verbreitet, wo sie bis heute in fast allen Ländern mit Temperaturen über -7 °C wachsen kann. Die Orange wächst sowohl im tropischen als auch in subtropischen Klima, aber auch bei kühlen und trockenen Bedingungen.

Es gibt Früh-, Mittel- und Spätsorten. In dieser Arbeit wurde die Sorte „Valencia“ verwendet, die zu den Spätsorten zählt und die am meisten gepflanzte Orange weltweit ist. Ihr hoher Zuckergehalt und Saftanteil machen sie sehr beliebt und außerdem 4 bis 6 Monate lagerfähig. Die größten Orangenproduzenten sind Brasilien, USA und Indien [Otmani 2011, Ebermann 2011, Belitz 2008, Frede 2010]. In Europa werden Orangen im Zeitraum von Oktober bis August geerntet. Besonders beliebt sind Früchte aus dem Süden Spaniens [LM-Warenkunde 2016].

Die Orange besteht zum Hauptteil aus Wasser (80 - 90 %), sowie aus Kohlenhydraten (8 - 12 %) und der Rest teilt sich auf Proteine, Säuren und Fette auf. Für den sauren Geschmack ist die Zitronensäure verantwortlich. Im Winter haben Orangen mit 55 mg/100 g einen höheren Vitamin C Gehalt als im Sommer mit 45 mg/100 g. Während der Lagerung kann dieser zusätzlich noch geringfügig abnehmen.

In der Orange befindet sich ein Gemisch von mehr als 50 Carotinoiden, davon der Großteil in der Schale. Im Fruchtfleisch selbst ist nur ein kleiner Teil zu finden. Das typische Orangenaroma setzt sich zusammen aus (S)-3-Methylbuttersäureethylester, Buttersäureethylester, (Z)-3-Hexanal, Isobuttersäureethylester, Acetaldehyd und (R)-Limonen, um nur die Wichtigsten zu nennen.

Die Schale der Orange besteht aus mehreren Schichten. Unter der Epidermis liegt die gelbe „Flavedo“-Schicht, in der sich auch die Öldrüsen, sowie ein besonders hoher Vitamin C Gehalt (175 - 292 mg/100 g) verbirgt. Unter dieser Schicht befindet sich die

„Albedo“-Zone. Die Schale wird zum Schutz vor Fäulnis gewachst oder mit Substanzen, wie Diphenyl, ortho-Phenylphenol und Thiabendazol konserviert. Dadurch ist sie nicht mehr zum Verzehr geeignet. Die Orange wird reif geerntet, da sie zu den nicht-klimakterischen Obstsorten zählt: das heißt, sie reift nicht nach. Sie kann roh verzehrt werden, aber auch zu Konfitüre oder zu Saft verarbeitet werden. Gemeinsam mit Apfelsaft bildet sie die Basis für Multivitaminsäfte [Ebermann 2011, Belitz 2008, Rimbach 2015].

2. Erdbeere

Die Erdbeere (*Fragaria sp.*) gehört zum Beerenobst und zur Familie der Rosengewächse (*Rosaceae*). Es existieren weltweit an die 23 - 40 verschiedene Gattungen. Sie zählt zu den Sammelnussfrüchten, an deren Oberfläche sich die Samen befinden [Dümel 2015, Ebermann 2011]. Erdbeeren bestehen zum Großteil aus Wasser (89 - 92 %), gefolgt von Kohlenhydraten (5-7 %), sowie Ballaststoffen, Proteinen und Fetten. Die löslichen Kohlenhydrate setzen sich zusammen aus jeweils 40 % Glukose und Fructose und 20 % Saccharose. Erdbeeren haben mit 57 mg/100 g einen hohen Vitamin C Gehalt. Phenolische Inhaltsstoffe sind Catechin, Epicatechin, sowie Gallo-catechin und Flavonglykoside usw. Die vorkommenden Fruchtsäuren sind hauptsächlich Zitronensäure und Apfelsäure.

Die rote Farbe verdankt die Erdbeere den Anthocyanglykosiden, allen voran Pelargonidin-3-glykosid und Cyanidin-3-glykosid. Für die typischen Aromastoffe sind hauptsächlich Ester aliphatischer Säuren verantwortlich, deren Zusammensetzung von der jeweiligen Sorte abhängt [Ebermann 2011, Rimbach 2015, Frede 2010, Belitz 2008].

Die Erdbeere kommt sowohl in der nördlich gemäßigten Zone als auch im Himalaja sowie in Mittel- und Südamerika vor. In Europa gibt es auch wildwachsende Beeren, wie die Walderdbeere, die Moschuserdbeere und die Hügelerdbeere [Dümel 2015]. Die Erntezeit in Österreich ist von Mai bis August [Die Umweltberatung, Saisonkalender 2015]. Die Erdbeere zählt zu den nicht-klimakterischen Früchten und wird meist durch Tiefkühlen haltbar gemacht, da sie nur eine maximale Lagerdauer von 4 - 5 Tagen hat (bei Temperaturen um 0 °C und 80 - 90 % Luftfeuchtigkeit). Durch diese schonende Art der Haltbarmachung bleiben die Vitamine und Nährstoffe inklusive dem erntefrischen Aroma erhalten [Rimbach 2015, Belitz 2008].

3. Apfel

Der Apfel (*Malus sylvestris*) gehört zum Kernobst. Er ist das am häufigsten konsumierte Obst in Ländern mit gemäßigttem Klima. Der Apfel stammt ursprünglich aus Europa und Südwestasien. Es wurden Funde von wilden Äpfeln im heutigen Anatolien gemacht, die etwa von 6.500 v. Chr. stammen. Heute werden Äpfel in Europa, Nord- und Südamerika angepflanzt [Ebermann 2011, Frede 2015, Rimbach 2015]. Die Ernte beginnt in Österreich im Juli und endet im Oktober. Der Apfel ist ein lagerfähiges Produkt, wobei manche Sorten bis zu acht Monate gelagert werden können [Die Umweltberatung, Saisonkalender 2015, Rimbach 2015]. Äpfel sind klimakterische Produkte, das heißt, sie können nachreifen. Sie bilden das gasförmige Reifungshormon Ethylen, welches auch den Reifungsprozess anderer Früchte beschleunigen kann.

Äpfel bestehen zu 85 % aus Wasser und der Rest teilt sich auf in Kohlenhydrate, Ballaststoffe, Fette und Proteine. Die löslichen Kohlenhydrate bestehen zu 50 % aus Fruktose und zu je 25 % aus Glukose und Saccharose. Der Gehalt an Inhaltsstoffen schwankt in den verschiedenen Apfelsorten und auch Vitamine sind geringer vorhanden als in anderen pflanzlichen Lebensmitteln. Für diese Arbeit wurde die Sorte Jonagold verwendet, welche nur 5 - 8 mg/100 g Vitamin C enthält, wohingegen die Sorten Boskoop oder Berlepsch mit 20 - 25 mg/100 g eine 4 - 5fach höhere Menge aufweisen. Die rote Farbe verdankt der Apfel hauptsächlich den Glykosiden der Anthocyane Cyanidin mit Galaktose und Arabinose. Äpfel enthalten Phenole, wie Quercetin und Chlorogensäuren, die freie Radikale stabilisieren können. Quercetin sagt man eine Schutzfunktion vor Magen- und Darmkrebs sowie Herz-Kreislaufkrankheiten nach. Die phenolischen Inhaltsstoffe befinden sich aber nur in der Schale und in den Kernen der reifen Frucht.

Äpfel können auf vielfältige Weise konsumiert werden: entweder roh verzehrt, getrocknet oder als Saft gepresst, aber auch als Kompott und Marmelade verarbeitet. Beim Pressen von Apfelsaft ist darauf zu achten, dass keine verfaulten Äpfel genommen werden, da sie mit dem Pilz *Penicillium patulum* oder *Penicillium expansum* befallen sein könnten, deren Toxin „Patulin“ Lebernekrosen und Sarkome hervorrufen könnte. Des Weiteren können auch Apfelwein und Essig erzeugt werden. Da Äpfel reich an Pektin sind, wurden sie früher in großen Mengen als Quelle für Gelier- und Verdickungsmittel verwendet. [Ebermann 2011, Baltés 2011, Rimbach 2015].

4. Weintraube

Die Weintraube (*Vitis vinifera*) ist seit über 5.000 Jahren bekannt und der Ursprung liegt im Nordiran rund um das Kaspische Meer [Ebermann 2011]. In Österreich wird die Weintraube seit dem Jahr 16. v.Chr. angebaut [Johnson 2009]. Es gibt mehr als 60 Arten von *Vitis*, jedoch stammen 90 % der produzierten Trauben weltweit von *Vitis vinifera* ab. Seit etwa 80 Jahren werden Reiser von *Vitis vinifera* auf Unterlagen von amerikanischen Reben gepfropft, um sie resistent gegen Reblausbefall zu machen [Ebermann 2011].

Weintrauben bestehen zu 81 % aus Wasser, zu 18 % aus Kohlenhydraten, sowie aus Fetten, Proteinen und Ballaststoffen. Die Kohlenhydrate bestehen zu etwa gleichen Teilen aus Glukose und Fruktose (ca. 7 %). Der Saccharosegehalt ist mit 0,1 - 0,4 % eher gering. Die wichtigsten Säuren in der Weintraube sind die Wein- und Apfelsäure [Frede 2010, Ebermann 2011], wobei doppelt so viel Weinsäure (ca. 7 g/L) wie Apfelsäure (ca. 3 - 4 g/L) im Traubensaft vorhanden ist. [Pedri 2012, Wejnar 1965]. Das Monokaliumsalz der Weinsäure ist in Wasser schwer löslich und kann bei der Lagerung des Traubensaftes kristallin ausfallen.

Weintrauben enthalten eine Fülle an Flavonoiden wie Catechin, Epicatechin und Gerbstoffe der Proanthocyanidine, wie auch Quercetin und Myricetin. Vor allem rote Trauben enthalten Stilbene, wobei das Bekannteste Resveratrol ist. In der Weintraube schützt es diese vor Mehltaubefall und im Menschen hat es prophylaktische Wirkung gegen Tumorbildung und Arteriosklerose.

Das typische Aroma von Weintrauben besteht aus mehreren Komponenten. Großteils davon sind aliphatische Alkohole und deren Ester. Für die Farbe in den roten Weintrauben sind Anthocyane verantwortlich. Mit über 50 % kommen mengenmäßig am häufigsten das Glukosid des Malvidins und Peonidins vor. Für die roten Trauben von *Vitis vinifera* sind die 3-Glukoside des Malvidins, Önin und Malvin, besonders charakteristisch. Bei rote Trauben der Art *Vitis riparia* ist Önin mit p-Cumarsäure verestert und bei *Vitis labrusca* ist Malvin mit Kaffeesäure verestert. Diese strukturellen Unterschiede bieten eine Möglichkeit, die Herkunft der Trauben und der daraus gewonnenen Produkte chromatographisch zu unterscheiden. Die reifen Trauben können durch Trocknen (Rosinen, [Frede 2010]) konserviert oder zu haltbaren Produkten, wie pasteurisiertem Traubensaft, Essig oder Wein und Weinbrand, verarbeitet werden [Ebermann 2011].

5. Spinat

Spinat (*Spinacia oleracea*) ist ein einjähriges Blattgemüse [Liebster 2002, Carlsson 2001, Dillinger 1956, Ebermann 2011]. Er kann gekocht, roh oder blanchiert, als Salat, verzehrt werden [Belitz 2008]. Er wird zweimal im Jahr ausgesät und ist somit das ganze Jahr über erhältlich [Liebster 2002, Carlsson 2001, Dillinger 1956]. In Österreich ist der Erntezeitpunkt von April bis Juli und September bis November [Die Umweltberatung – Saisonkalender 2015]. Es wird aber nur ein kleiner Teil als Frischware verkauft, der Großteil wird als Tiefkühlware angeboten oder zu Konserven verarbeitet. Spinat kann überall auf der Welt kultiviert werden, mit Ausnahme der Tropen.

Die Urform des Spinates stammt aus dem fernen Osten. Man nimmt an, dass die Araber oder die Kreuzfahrer den Spinat nach Spanien gebracht haben und dass spätestens zum Zeitpunkt der Kreuzzüge der Spinat überall in Europa bekannt war [Liebster 2002, Carlsson 2001, Dillinger 1956].

Spinat besteht zu 91 % aus Wasser, sowie aus Ballaststoffen und Proteinen und Kohlenhydraten [Ebermann 2011, Frede 2010, Rimbach 2015]. Die Blätter haben einen hohen Chlorophyllgehalt und werden auch zum natürlichen Färben von Lebensmitteln eingesetzt [Ebermann 2011, Habermehl 2008]. Spinat ist reich an Carotinoiden. Neben β -Carotin hat Spinat den höchsten Lutein-Gehalt von allen pflanzlichen Lebensmitteln. Lutein ist wichtig für den Sehvorgang. Auch die Konzentration der Folsäure [Ebermann 2011, Frede 2010] ist mit 150-190 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ [Ebermann 2011, Belitz 2008] sehr hoch. Die Werte können aber je nach Sorte und Klima stark schwanken. So wurde ein Vitamin C Gehalt von 31 bis 155 $\text{mg}/100\text{ g}$ Frischgewicht festgestellt [Belitz 2008, Frede 2010, Baltes 2011].

Spinatblätter enthalten wie auch Weintrauben und Äpfel das Flavonoid Quercetin und zusätzlich noch Quercetagenin, welches den Ruf hat, vorbeugend gegen Krebs zu wirken [Ebermann 2011]. Die typischen Aromastoffe im frischen Spinat sind (Z)-3-Hexenal, Methanthiol, (Z)-1,5-Octadien-3-on, Dimethyltrisulfid, 3-Isopropyl-2-methoxypyrazin und 3-sec-Butyl-2-methoxypyrazin. Wobei nach dem Garen nur noch Dimethylsulfid, Methanthiol, Methional und 2-Acetyl-1-pyrrolin übrigbleiben [Rimbach 2015, Belitz 2008]. Die typischen Säuren im Spinat sind pro 100 g Frischgewicht die Apfelsäure (42 mg), Zitronensäure (24 mg) und Oxalsäure (442 mg) [Belitz 2008]. Die Oxalsäure ist ein Komplexbildner und verbindet sich beispielsweise mit Calcium zu Calciumoxalat, was zu Nierensteinen führen kann [Ebermann 2011, Rimbach 2015, Baltes 2011]. Auch die hohen Nitrat- und Nitrit-Konzentrationen im Spinat sind problematisch.

Durch zu geringe Lichteinstrahlung kann die Pflanze nicht ihre vollständige Photosyntheseleistung bringen um die vollständige Reduktion zu Ammoniak durchzuführen [Ebermann 2011].

6. Tomate

Die Tomate (*Solanum lycopersicum*) [Ebermann 2011] ist eines der meist gekauften Gemüsearten [Rimbach 2015]. Sie gehört zu den Nachtschattengewächsen und wurde nach der Entdeckung Amerikas von Südamerika nach Europa importiert. Doch sie wurde lange nicht gegessen, da sie für toxisch gehalten wurde. In Nachtschattengewächsen befindet sich das Alkaloid „Solanin“, welches jedoch mit der Reifung der Frucht vollständig von der Pflanze abgebaut wird [Ebermann 2011, Frede 2010]. Die Erntezeit in Österreich beginnt mit Juni und endet mit Oktober [Die Umweltberatung – Saisonkalender 2015]. Heute gibt es die Tomate in verschiedensten Formen und Farben und sie wird sowohl roh verzehrt als auch gekocht und zu Püree, Mark oder Ketchup verarbeitet [Ebermann 2011, Habermehl 2008]. Die rote Farbe stammt vom Carotinoid Lycopin, welches auch als Antioxidans wirkt. Während zum Beispiel das Vitamin C bei höheren Temperaturen, wie beim Kochen, zerstört wird, kann hier das Lycopin besser vom Körper aufgenommen werden als aus den Zellwänden der frischen Frucht.

Die Tomate besteht zu 93 - 95 % aus Wasser und aus löslichen Zuckern, Ballaststoffen, Lipiden und Proteinen, sowie aus Stärke, Pektin und Cellulose. Der Vitamin C Gehalt liegt zwischen 26 - 23 mg/100 g in roten und grünen Tomaten, sowie zwischen 9 - 16 mg/100 g in gelben und orangen Sorten. Für den Geschmack sind organische Säuren, hauptsächlich Apfelsäure und Zitronensäure, verantwortlich und für das typische Tomatenaroma sorgen (Z)-3-Hexenal, β -Ionon, Hexanal, β -Damascenon, 1-Penten-3-on und 3-Methylbutanal [Ebermann 2011, Bhowmik 2012, Habermehl 2008, Frede 2010, Rimbach 2015, Belitz 2008, Baltes 2011].

Die Lagerdauer bzw. -fähigkeit ist sortenabhängig. Tomaten können wie Äpfel das gasförmige Pflanzenhormon Ethylen produzieren, welches den Reifungsprozess auch von anderen Obst- und Gemüsesorten wie Orangen oder Gurken beschleunigen kann. Im Großhandel werden beispielsweise die unreif geernteten Tomaten mit Ethylen begast, um den Reifungsprozess zu beschleunigen [Rimbach 2015, Baltes 2011].

B. Vitamin C (Ascorbinsäure)

1. Vorkommen und Bedarf an Vitamin C

Die meisten Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen können Vitamin C oder auch Ascorbinsäure genannt, selbst in ihrem Organismus herstellen. Den Menschen, einigen Affenarten und den Meerschweinchen fehlt jedoch diese Fähigkeit zur Eigensynthese, da im Laufe der Evolution das benötigte Enzym L-Gulon- γ -lactonoxidase durch eine Genmutation verloren gegangen ist. Deshalb hat Vitamin C für diese Lebewesen Vitamincharakter und muss mit der Nahrung zugeführt werden. Die besten Quellen für Ascorbinsäure sind Gemüse und Obst. Dort befindet sich zu 90 % die L-Ascorbinsäure und zu 10 % die weniger wirksame Dehydroascorbinsäure (Abb. 1). Vitamin C ist auch in tierischen Lebensmitteln wie Leber und anderen Innereien enthalten, jedoch ist der Gehalt höher in pflanzlichen Lebensmitteln. Zum Vergleich: in Schweineleber sind 25 mg/100 g enthalten, während in Hagebutten die Konzentration bei 300 mg/100 g und in Broccoli bei 100 mg/100 g liegt. Auch in Kartoffeln, Tomaten, Paprika, Erdbeeren (50 mg/100 g) und Orangen (50 mg/100 g) ist sehr viel Vitamin C enthalten. Besonders bei Orangen befinden sich 100-300 mg/100 g in der gelben und weißen Schale, die jedoch nicht in solch großen Mengen verzehrt wird [Ebermann 2011].

Der Bedarf an Vitamin C steigt mit zunehmendem Alter. Während Kinder im Alter von 1 - 4 Jahren 60 mg pro Tag benötigen, brauchen Erwachsene 100 mg täglich. Stillende Mütter sollten sogar 150 mg täglich zu sich nehmen [Belitz 2008, Biesalskie 2015].

2. Chemische Struktur

Die Ascorbinsäure ist ein Gulonsäurelacton, welches sich von der Glucuronsäure ableitet. Nur das L-Enantiomer ist physiologisch aktiv und kann reversibel zur Dehydroascorbinsäure oxidiert werden (Abb. 1). Der Übergang ist von den vorliegenden Bedingungen, wie pH-Wert, Temperatur und Sauerstoffpartialdruck abhängig. Eine weitere Oxidation führt zur Öffnung des Ringsystems und es bildet sich irreversibel die 2,3-Diketogulonsäure [Baltes 2011; Belitz 2008]. Die Zwischenstufe von L-Ascorbinsäure und Dehydroascorbinsäure wird L-Semidehydroascorbinsäure genannt und hat radikalischen Charakter. Diese drei Formen bilden ein reversibles Redox-System.

Ascorbinsäure wirkt als wasserlösliches Antioxidans und kann dadurch ein Elektron übertragen. Besonders wichtig ist dieses System bei der Eliminierung von Lipid-Peroxyradikalen gemeinsam mit Vitamin E. Vitamin C hat auch spezifische Wirkungen bei verschiedenen enzymatischen Reaktionen, die ohne dessen Anwesenheit langsamer oder gar nicht ablaufen würden [Rehner, 2010].

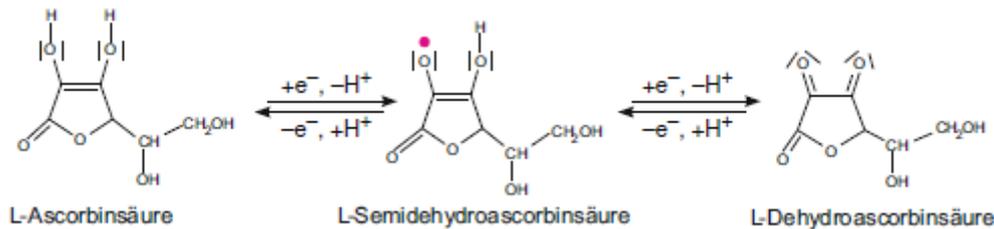


Abbildung 1: Die Ascorbinsäure als Redox-System [Rehner 2010].

3. Aufgaben der Ascorbinsäure

Ascorbinsäure wirkt als Antioxidans, weil sie molekularen Sauerstoff und radikale Verbindungen zu Wasser reduzieren kann. Darüber hinaus ist das Redoxpotential von Vitamin C positiv bei einem pH-Wert von 7 und somit kann es Elektronen aufnehmen. Gemeinsam mit Tocopherol (Vitamin E) verhindert Vitamin C die Lipidperoxidation, die auf lange Sicht Herz-Kreislauf-Erkrankungen verursachen kann. Das oxidierte Tocopherol gibt seine Elektronen an die Ascorbinsäure ab und diese wird zur Dehydroascorbinsäure umgesetzt. Die dabei gebildete oxidierte Form (Dehydroascorbinsäure) wird durch Glutathion reduziert, dessen Oxidationsprodukt Glutathiondisulfid wieder durch NADPH zu Glutathion regeneriert wird (Abb. 2).

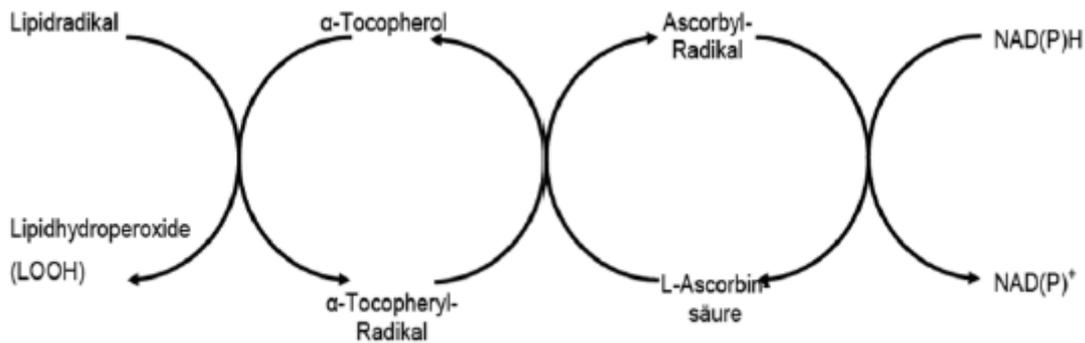


Abbildung 2: Synergismus zwischen Vitamin E und Vitamin C [Ebermann 2011].

Vitamin C schützt die Linse im menschlichen Auge vor der Trübung, auch grauer Star genannt. Dieser kann entstehen, wenn die essenzielle Aminosäure Methionin durch Strahlung z.B. von der Sonne oxidiert wird. Aber auch für die Haut hat Ascorbinsäure einen anti-oxidativen Schutzfaktor, indem sie sie vor der Strahlung schützt [Ebermann 2011].

Vitamin C hat ebenso eine wichtige Funktion als Co-Faktor im Körper. Es ist bei der Hydroxylierung von Lysin und Prolin beteiligt, die die Vorstufe des Kollagens bilden, welches essenziell für die stabile Struktur des Bindegewebes ist. Die benötigten Enzyme dafür sind teils Fe^{2+} -abhängig und die Aufgabe von Ascorbinsäure ist es, diese Enzyme wieder in den katalytisch aktiven Zustand zu bringen indem Fe^{3+} wieder zu Fe^{2+} reduziert wird.

Falls ein Vitamin C Mangel besteht, kann dieser Reduktionsprozess nicht stattfinden und reifes Kollagen kann nicht aufgebaut werden. Die Folge davon wäre die Krankheit Skorbut. Weitere Folgen von Ascorbinsäuremangel wären, eine höhere Infektanfälligkeit, sowie Wundheilungsstörungen oder eine höhere Anfälligkeit für chronisch-degenerative Erkrankungen.

Vitamin C ist auch in zahlreichen anderen Prozessen involviert, wie beim Abbau von Phenylalanin, beim Fettsäuretransport in die Zelle oder bei der Eisenaufnahme im Organismus. [Ebermann 2011; Baltés 2011]

C. Carotinoide – β -Carotin

1. Vorkommen und Bedarf

Carotinoide kommen besonders im roten und gelben Obst- und Gemüsearten vor. Einige Carotinoide, darunter auch β -Carotin können zu Vitamin A umgewandelt werden. Vitamin A selbst dagegen kommt in Pflanzen nicht vor, sondern ausschließlich in tierischen Lebensmitteln wie Milch, Eier, Fleisch und Leber.

Die Aufnahme der Carotinoide im Körper hängt von der Zusammensetzung der Nahrung ab, da sie nur gemeinsam mit anderen Lipiden im Dünndarm resorbiert werden können [Frede 2010, Ebermann 2011]. Schon vor der eigentlichen Aufnahme durch die Dünndarmzellen spielen die Art der Zubereitung des Lebensmittels, die mechanische Zerkleinerung im oberen Verdauungstrakt sowie der pH-Wert des Magens eine Rolle bei der Freisetzung der Carotinoide aus ihrer pflanzlichen Zellmatrix [Watzl 2001]. Nach einer Hitzebehandlung, [Baltes 2011] aber auch nach starker mechanischer Beanspruchung, wie der Zubereitung eines Saftes, wird die Bioverfügbarkeit erhöht. Die Zellwände einer rohen Karotte beispielsweise, können vom menschlichen Verdauungssystem nicht abgebaut werden. Bei einem Zellaufschluss werden die Zellwände zerstört und die Carotinoide stehen frei zur Verfügung [Watzl 2001, LM-Lexikon 2016].

Carotinoide sind durch ihre strukturelle Beschaffenheit sehr empfindlich gegenüber Sauerstoff und Licht. Es sollten lange Kochzeiten und ungekühlte, sowie helle Lagerbedingungen vermieden werden [Belitz 2008; LM-Lexikon 2016].

Der tägliche Bedarf an Vitamin A liegt in der Altersgruppe der 25 bis 50-Jährigen Männern bei 1,0 mg und bei Frauen bei 0,8 mg Retinol-Äquivalente (1 mg Retinol-Äquivalent \triangleq 1 mg Retinol \triangleq 6 mg β -Carotin) [Baltes 2011].

Im Gegensatz zu wasserlöslichen Vitaminen, können fettlösliche Vitamine im Körper gespeichert werden und bei hohen Dosen toxisch auf den Organismus wirken. Bei Vitamin A betrifft es vor allem das Skelett und das Bindegewebe. Das Längenwachstum der Knochen kann vermindert werden, während das Breitenwachstum verstärkt werden kann [Ebermann 2011].

2. Chemische Struktur

β -Carotin gehört zur großen Gruppe der Carotinoide. Diese Verbindungen werden in der Natur nur in Pflanzen hergestellt, gelangen aber über das Futter auch in tierische Gewebe und können dort modifiziert und gespeichert werden.

Chemisch gesehen gehören die Carotinoide zu den isoprenoiden Verbindungen. Sie enthalten ein Skelett von 40-C Atomen und enthalten meist 9-11 zueinander konjugierte Doppelbindungen. Je größer die Anzahl der konjugierten Doppelbindungen ist, desto längerwelliger ist das Absorptionsmaximum und dadurch ändert sich der Farbton von gelb nach rot [Ebermann 2011; Belitz 2008]. β -Carotin ist maßgeblich an der Färbung von Karotten oder Mangos beteiligt, Lycopin z. B. an der Färbung von Tomaten und Wassermelone. Jede Obst- und Gemüseart enthält unterschiedliche Mengen an Carotinoiden [Rimbach 2015].

Unter den ca. 600 bekannten Carotinoiden können 50 im Organismus zu Vitamin A umgewandelt werden. Voraussetzung dafür ist ein β -Iononring wie er auch in β -Carotin zweifach vorhanden ist. Aus einem Molekül β -Carotin können durch die spezifische Dioxygenase zwei Moleküle Vitamin A bzw. dessen Aldehydform (all-*E*-Retinal) gebildet werden [Baltes 2011; Frede 2010; Ebermann 2011, LM-Lexikon 2016]. Weitere Enzyme wandeln den all-*E*-Retinaldehyd in andere Vitamin A Derivate um (Abb. 3). Diese Umwandlungsprozesse finden teils in den intestinalen Epithelzellen und teils in der Leber statt. Der entstehende Retinaldehyd spielt als Bestandteil des Sehpigments Rhodopsin eine wichtige Rolle. Retinol ist in Form von Retinylphosphat wichtig für die Biosynthese von Glykoproteinen in Epithelzellen. Retinsäure hat eine hormonelle Wirkung [Rehner 2010]

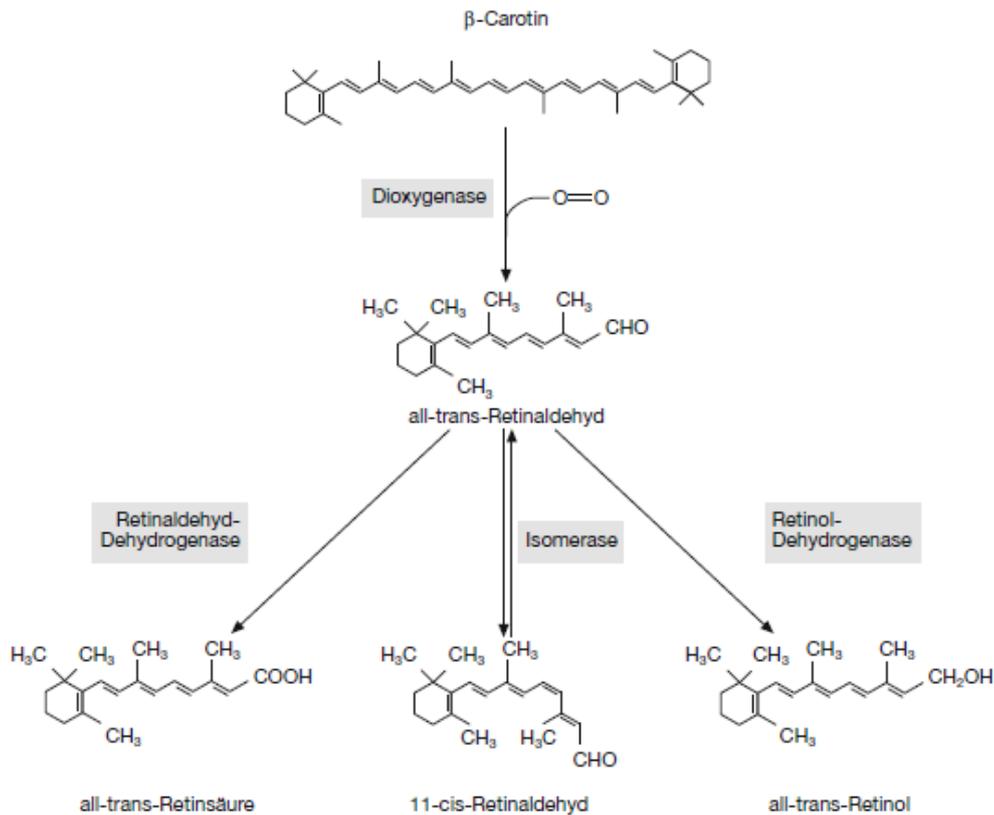


Abbildung 3: Biosynthese von 11-cis-Retinaldehyd, all-trans-Retinol und all-trans-Retinsäure [Rehner 2010].

3. Aufgaben von β -Carotin

Da Carotinoide selbst leicht oxidierbar sind, spielen sie eine wichtige Rolle als Antioxidantien im Zellstoffwechsel [Frede 2010; Ebermann 2011]. Die anti-oxidative Wirkung beruht auf der Fähigkeit, Elektronen oder Wasserstoffatome abzugeben. Carotinoide sind die wirksamsten natürlich vorkommenden Quencher für Singulett-Sauerstoff (1O_2). Dieser wird durch photochemische Reaktionen bei der Lichtabsorption gebildet. Er ist hochreaktiv und in der Lage, Nucleinsäuren, verschiedene Aminosäuren in Proteinen und ungesättigte Fettsäuren zu oxidieren. Bei der Quenching-Reaktion gehen die Carotinoide in einen angeregten Triplettzustand über: $^1O_2 + \text{Car} \rightarrow ^3O_2 + ^3\text{Car}$.

In der nachfolgenden Reaktion geben die Carotinoide die Energie in Form von Wärme wieder ab und erreichen so wieder ihren Grundzustand: $^3\text{Car} \rightarrow \text{Car} + \text{Wärme}$.

Neben β -Carotin sind auch Lycopin und β -Cryptoxanthin Radikalfänger [Watzl 2001].

D. Anthocyane

1. Vorkommen und Aufgaben der Anthocyane

„Anthocyane“ ist der Überbegriff für Anthocyanidine (Aglykone) und Anthocyanine (Glykoside) [Watzl 2002].

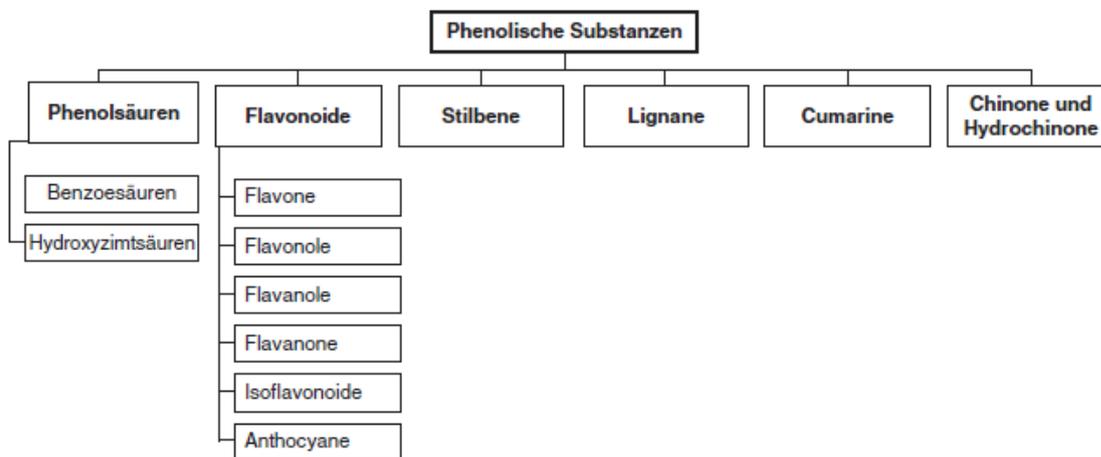


Abbildung 4: Einteilung der phenolischen Substanzen anhand gemeinsamer Strukturmerkmale [Rimbach 2015].

Anthocyane gehören zu den phenolischen Substanzen und sind eine Untergruppe der Flavonoide. Insgesamt gibt es etwa 70 Vertreter wie Cyanidin, Malvidin und Delphinidin. Anthocyane sind neben Carotinoiden, Chlorophyllen und Betalainen ebenfalls für die Farbgebung verschiedener Obst- und Gemüsesorten, sowie Blüten verantwortlich [Baltes 2011, Belitz 2008, Rimbach 2015].

Diese Sekundärmetabolite erfüllen auch wichtige Funktionen im Sekundärstoffwechsel der Pflanze, z.B. als Lichtschutzfaktoren, Signalstoffe oder Antioxidantien. Anthocyane verleihen rotem, blauem oder violetterem Obst (z.B. Heidelbeeren, Kirschen) und Gemüse (z.B. Rotkohl) ihre Farben und befinden sich bevorzugt in den Randschichten der Pflanzen. Die Farbgebung ist abhängig vom pH-Wert und von der Ausbildung von Chelatbindungen mit Metallen [Rimbach 2015, Ebermann 2011, Watzl 2002].

Im menschlichen Körper wirken Anthocyane als Antioxidantien, besser sogar als Vitamin C oder Vitamin E, jedoch ist die Konzentration, bedingt durch die niedrige Bioverfügbarkeit, sehr gering. Sie sind effektive Fänger (Scavanger) von reaktiven

Sauerstoffmolekülen (Hydroxyl- und Peroxylradikale) und verhindern, dass diese oxidativen Schäden an der DNA, Proteinen und Lipiden verursachen, indem sie Elektronen an die reaktiven Sauerstoffmoleküle abgeben und so die Zellen vor Schäden bewahren [Watzl 2002].

Anthocyane können auch zum Färben von Lebensmitteln verwendet werden. Der Farbstoff wird mit der E-Nummer E163 deklariert. Gewonnen wird er aus den Schalen von intensiv rot gefärbten Trauben und eingesetzt vor allem in der Obstproduktion bei Marmeladen und bei Getränken [Baltes 2011, Ebermann 2011].

2. Chemische Struktur

In Pflanzen und Früchten kommen Anthocyane als Glykoside vor, das heißt, sie sind an diverse Saccharide gebunden. Für die Farbgebung ist nicht ein Anthocyan verantwortlich, sondern ein ganzes Gemisch [Ebermann 2011, Baltes 2011].

Anthocyane unterscheiden sich von anderen Flavonoiden durch die positive Ladung, bei niedrigem pH-Wert, am sauerstoffhaltigen C-Ring und zwischen den einzelnen Anthocyanidinen liegt der Unterschied im Hydroxy- und Methoxy-Substitutionsmuster des B-Ringes. Gemeinsam haben die Anthocyanidine eine OH-Gruppe in der Position 3 des C-Ringes, dessen Glykosylierung als Voraussetzung für die Stabilität des gesamten Moleküls wichtig ist. In Position 5 und 7 kann ebenfalls eine Glykosylierung stattfinden (Abb. 5, Tab. 2).

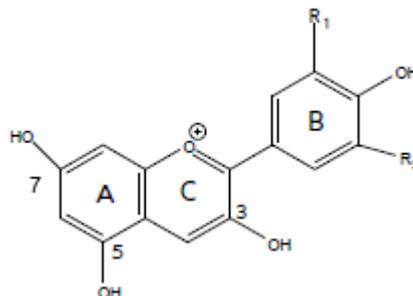


Abbildung 5: Grundstruktur der Anthocyanidine [Watzl 2002].

Tabelle 2: Absorptionsmaxima von Anthocyanidinen. ^a in Methanol, 0,01%ig an HCl.
^b 3-Glucoside. ^c AlCl₃ bewirkt Blauverschiebung um 14-23 nm [Belitz 2008].

Verbindung	R ₁	R ₂	λ _{max} (nm) ^a	
			R = H	R = Glc ^b
Pelargonidin	H	H	520	506
Cyanidin	OH	H	535 ^c	525 ^c
Päonidin	OCH ₃	H	532	523
Delphinidin	OH	OH	544 ^c	535 ^c
Petunidin	OCH ₃	OH	543 ^c	535 ^c
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃	542	535

Als Zucker sind Glukose, Arabinose, Rhamnose und Galaktose geeignet, die auch zu Di- und Trisacchariden gebunden vorliegen können. Es können zudem phenolische und aliphatische Säuren am Grundgerüst binden. Diese unterschiedlichen Mengen und Arten von Zuckern erklärt auch die große Strukturvielfalt. Die am häufigsten vorkommenden Verbindungen sind Cyanidin, Delphinidin, Malvidin, Pelargonidin, Peonidin und Petunidin, jeweils in der glykosylierten Form [Ebermann 2011, Watzl 2002].

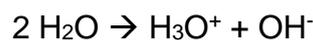
Die Farbe der Anthocyane ist durch das jeweilige Absorptionsmaximum der Struktur und dem pH-Wert abhängig. Die Wellenlänge liegt im visuellen Bereich von 465 - 560 nm. Wenn sich der pH-Wert ändert, ändert sich auch die Farbe. Bei pH 1 - 3 sieht man die Farbe Rot, bei pH 4 - 6 farblos und bei darüber liegenden pH-Werten kommt es zur Violett- bzw. Blaufärbung.

In den Blüten spielt weniger der pH-Wert eine Rolle, sondern mehr die Spurenelemente Eisen und Aluminium. Zum Beispiel ist Cyanin sowohl für das Rot der Rosen als auch das Blau der Kornblume verantwortlich [Watzl 2002, Belitz 2008, Ebermann 2011, Baltes 2011].

E. pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und Sauerstoff

1. pH-Wert

Der pH-Wert entspricht dem negativ dekadischen Logarithmus der molaren Hydroniumionenaktivität und er gibt die Acidität bzw. Basizität einer Lösung an. Ein pH-Wert von 7 gilt als neutral, kleiner als 7 als sauer und größer als 7 als basisch. Die Säure/Base Reaktion des Wassers zeigt, dass sich ein sehr kleiner Teil des Wassers als Säure verhält und Protonen an andere Wassermoleküle abgeben, die somit als Base wirkt.



Die Hydroniumionen und die Hydroxyionen haben auch Einfluss auf die Farbgebung der Anthocyane (siehe Abschnitt „Anthocyane“). Die Ascorbinsäure wird durch einen niedrigen pH-Wert stabilisiert (siehe Abschnitt „Vitamin C“).

2. Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Summenparameter für alle gelösten Stoffe, das heißt, sie gibt Auskunft über den darin befindlichen Ionengehalt (Salzgehalt). Je reiner das Wasser ist, desto mehr nimmt die Leitfähigkeit ab. Sie wird in Mikro-Siemens pro Zentimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$) angegeben. Die Einheit des Widerstandes ist Ohm und der Kehrwert davon ist die Leitfähigkeit. Reinstes Wasser hat eine Leitfähigkeit von $1 \mu\text{S}$ [Baltes 2011, Ebermann 2011, Maniak 2010]. Sie ist teilweise sehr stark temperaturabhängig [Bannwarth 2007]. Mithilfe der elektrischen Leitfähigkeit wird zum Beispiel der Wassergehalt in Getreide oder der Elektrolytgehalt der Milch (Mastitis) gemessen [Frede 2010].

3. Sauerstoff

Sauerstoff gehört zu den bedeutendsten anorganischen Grundstoffen [Behr 2010], denn er ist mit 46 % das häufigste Element auf der Erde, egal ob in Gesteinen (Silikate, Carbonate), in der Luft oder im Wasser [Kuhn 2014]. Ein Sauerstoffatom hat etwa ein Gewicht von $2,78 \times 10^{-26}$ kg und kommt in der Natur immer als zweiatomiges Molekül vor. Sein Schmelzpunkt liegt bei $-219 \text{ }^\circ\text{C}$ und der Siedepunkt bei $-183 \text{ }^\circ\text{C}$. Molekularer

Sauerstoff (O_2) ist ein Biradikal und paramagnetisch, weil zwei ungepaarte Elektronen in den Orbitalen vorhanden sind. Sauerstoff wirkt als Oxidationsmittel (aber nur im elementaren Zustand), sprich er nimmt Elektronen auf und wird dadurch selbst reduziert [Kurzweil 2015, Bannwarth 2007].

In der Luft ist der Anteil an Sauerstoff bei 21 % und auch die im Wasser lebenden Tiere sind auf ihn angewiesen. Da Sauerstoff nicht polar ist, löst er sich nicht im Wasser, sondern wird nur eingemischt. Das funktioniert bei kaltem Wasser besser als bei warmen.

Sauerstoff kommt aber auch als reaktionsfähiges und aggressives Ozon O_3 vor. Hier ist ein weiteres Sauerstoffatom über eine Elektronenpaarbindung mit dem O_2 Molekül verknüpft. Eine weitere, noch aggressivere, Sauerstoff-Spezies ist das Superoxid $O_2^{\cdot-}$ Radikal, welches biologisch wichtige Moleküle (z.B. Vitamine [Behr 2010]) in der Zelle zerstören kann, deshalb muss es enzymatisch sehr schnell unschädlich gemacht werden. Das Superoxid-Radikal entsteht bei der Atmung oder der Photosynthese, wenn bei gestörten Elektronentransportprozessen Sauerstoff als Akzeptor einzelner Elektronen dient [Bannwarth 2007].

F. Totale anti-oxidative Kapazität - Assay

Radikale, besonders Sauerstoff-Radikale kommen sehr häufig in lebenden Organismen vor. Sie können ihr ungepaartes Elektron an ein Protein, an die DNA oder an ein Fettmolekül abgeben. Wenn jedoch Antioxidantien vorhanden sind, dann werden diese als bevorzugte Reaktionspartner verwendet, da sie durch ihre molekulare Struktur leichter oxidierbar sind [Brandes 2012].

Der TAC Assay (Total Antioxidative Capacity) ermittelt die gesamte anti-oxidative Kapazität in einer Lösung. Er ist ein Summenparameter für alle gelösten Antioxidantien und dient zur Erfassung des anti-oxidativen Schutzsystems, welches Sauerstoffverbindungen wie Peroxide und Sauerstoffradikale unschädlich machen können. In dieser Arbeit wurde er dazu verwendet, die Antioxidantien in den verschiedenen Obst- und Gemüsesäften zu erfassen.

Als Antioxidantien gelten vor allem Vitamin E, Vitamin C und Carotinoide wie β -Carotin (Provitamin A) oder Lycopin (Tab. 3). Der Verlust an Vitaminen hängt von der Verarbeitung und Lagerung der Lebensmittel ab. Bei Vitamin A und Carotinoiden kann der Wert zwischen 5 und 40 % liegen. In Anwesenheit von Sauerstoff kommt es zusätzlich zu Oxidationsprozessen. Vitamin E kann dabei helfen Vitamin A vor der Oxidation zu schützen. Die Stabilität von Vitamin C ist wiederum vom pH-Wert abhängig. Die Anwesenheit von z.B. Oxalsäure wirkt sich ebenfalls positiv auf die Stabilität von Vitamin C aus.

Die Oxalsäure gehört wie beispielsweise Apfelsäure, Weinsäure und Zitronensäure zu den Komplexbildnern und ist ein natürlicher Bestandteil von vielen Lebensmitteln.

Schwermetallspuren sind Katalysatoren der Fettoxidation, ihre Bindung durch Komplexbildner erhöht die Wirkung der Antioxidantien. Es wird die Oxidation von Ascorbinsäure und von fettlöslichen Vitaminen verhindert.

Im Spinat befindet sich 442 mg/100 g Frischgewebe Oxalsäure und auch die Tomate hat mit 320 mg/100 g Frischgewebe einen hohen Wert an Zitronensäure.

In Obst liegt der Anteil an Apfel- und Zitronensäure im Apfel bei 0,6 %, in der Erdbeere und Orange bei 1,1 % pro essbaren Anteil und in Weintrauben liegt der Gehalt an Weinsäure bei 0,9 % pro essbaren Anteil [Belitz 2008].

Tabelle 3: Gehalt an Vitaminen in den verschiedenen Obst- und Gemüsesorten pro 100 g Frischgewicht. Anti-oxidativ wirkende Vitamine sind orange markiert [LM Warenkunde 2016].

Vitamine	Orange	Erdbeere	Apfel	Weintraube	Tomate	Spinat
Niacin	0,4 mg	0,6 mg	0,3 mg	0,3 mg	0,5 mg	0,6 mg
Vitamin A	13 μ g	3 μ g	6 μ g	1 μ g	114 μ g	795 μ g
Vitamin B₁	0,09 mg	0,03 mg	0,04 mg	0,05 mg	0,06 mg	0,1 mg
Vitamin B₂	0,04 mg	0,06 mg	0,03 mg	0,03 mg	0,04 mg	0,2 mg
Vitamin B₆	0,1 mg	0,06 mg	0,1 mg	0,07 mg	0,1 mg	0,2 mg
Vitamin C	50 mg	62 mg	12 mg	4 mg	25 mg	51 mg
Vitamin E	0,3 mg	0,1 mg	0,5 mg	0,7 mg	0,8 mg	1,4 mg

G. Bakterien, Hefen, Schimmel

Bakterien, Hefen und Schimmel sind in selbst-gepressten Säften nicht erwünscht, da sie das Produkt ungenießbar machen. Dennoch haben einige Vertreter eine wichtige Rolle in der Lebensmittelproduktion. Sie werden unter anderem eingesetzt zur Herstellung von Käse, Joghurt, Backwaren, alkoholischen Getränken und verschiedenen Fleischprodukten [Sahm 2013].

Die Summe der kultivierbaren Bakterien bezeichnet man als Gesamtkeimzahl: sie werden als koloniebildende Einheit (cfu = colony forming unit) gezählt [Ottow, 2011]. Bei Pflanzen, die näher am Boden wachsen, wie Erdbeeren, Spinat oder Tomaten dominieren die Enterobakterien. Bei Baumobst, wie Äpfel oder Weintrauben dominieren Actinobakterien, Proteobakterien und Firmicutes [Leff 2013]. Sie werden über Wasser, Boden und Luft übertragen. Die optimalen Wachstumstemperaturen sind je nach Bakterienart verschieden.

Hefen sind Sprosspilze und sie können sowohl auf zucker- als auch auf salzhaltigen Medien wachsen. Ihre optimale Wachstumstemperatur liegt bei 25 °C und höher. Hefen kommen in der Natur häufig auf Obst und in den daraus hergestellten Produkten vor. Sie haben die Eigenschaft auch unter Luftabschluss wachsen zu können, was als Gärung bezeichnet wird. Die bekannteste Vertretung ist die Back- oder Brauhefe *Saccharomyces cerevisiae*. Sie ist verantwortlich für das „Aufgehen“ des Brotteiges oder für die Produktion von Alkohol im Bier [Baltes 2011, Clark 2008].

Als Schimmel bezeichnet man bestimmte Pilzarten, daher auch der Name Schimmelpilz [Clark 2008]. Schimmel kann sowohl auf kohlenhydrathaltigem als auch auf proteinhaltigem Medium wachsen, aber er ist weniger hitzeresistent als Hefen. Auch die Fähigkeit zur Umstellung ihres Stoffwechsels auf Gärung fehlt ihm. Ihre Konidien und fadenförmigen Hyphen sind charakteristisch. Einige Schimmelpilze bilden Mykotoxine.

Um Lebensmittel zu konservieren werden verschiedene Verfahren angewandt, wie z.B. die Hitzesterilisation oder die Kühlung, aber durch Trocknen oder durch die Zugabe von Salz, Zucker oder Säuren kann die Haltbarkeit verlängert werden [Baltes 2011].

H. Sensorik

Sensorik war früher eine analytische Methode zur Qualitätsbeurteilung und Qualitätssicherung von verschiedenen Produkten bei der man sich der Sinne Sehen, Riechen, Schmecken und Fühlen bedient. Heute hat sie große Bedeutung in der Produktentwicklung und -forschung, sowie Qualitätskontrolle, Qualitätssicherung, in der Marktforschung und -beobachtung.

Je nach Fragestellung gibt es verschiedene Prüfmethoden. Als Prüfer kommen sowohl geschulte Personen als auch Normalverbraucher in Frage.

Es gibt sensorisch-analytische Methoden, die Produktunterschiede messen oder Produktcharakteristika darstellen können und mit geschulten Prüfern durchgeführt werden. Bei hedonischen Tests wird die Akzeptanz bzw. Präferenz des Verbrauchers untersucht. Als Prüfinstrument haben sowohl geschulte Prüfer als auch Verbraucher nur ihre Sinne zur Verfügung. Die Aufnahme der Reize erfolgt somit durch die Sinnesorgane Auge, Ohr, Nase, Zunge, Haut- und Mucosazellen.

Geschulte Prüfpersonen müssen bestimmte Kriterien erfüllen. Sie müssen beispielsweise eine neutrale Einstellung zum jeweiligen Produkt haben, dürfen nicht krank sein. Ein gewisses Maß an Verantwortungsbewusstsein, Urteilsfähigkeit und Zuverlässigkeit sind ebenfalls Voraussetzung, andernfalls würden die Ergebnisse verfälscht sein.

In dieser Arbeit wurde der „IN/OUT Test Unterschied von Kontrolle“ angewandt. Ziel dieser Prüfung ist es eine Abweichung von einer Kontrolle (Standardprodukt) festzustellen bzw. auch den Grad der Unterscheidung zu beurteilen. Diese Prüfmethode können sowohl trainierte als auch untrainierte Personen durchführen, je nach Fragestellung der Qualitätskontrolle. Die Ergebnisse werden danach statistisch ausgewertet [Frede 2010].

II. Material und Methoden

A. *Material*

Die Chemikalien wurden von folgenden Firmen bezogen:

Vitamin C:

- ✓ Ortho-Phosphorsäure (Fluka Chemie GmbH, Schweiz)
- ✓ Methanol (Chem Lab NV, Belgien)
- ✓ KH_2PO_4 (E. Merck, Deutschland)
- ✓ Hexadecyltrimethylammoniumbromid (Sigma Aldrich, Deutschland)
- ✓ L(+)-Ascorbinsäure Standard (Sigma Aldrich, Deutschland)

β -Carotin:

- ✓ Essigsäureethylester (Roth, Deutschland)
- ✓ β -Carotin (Roth, Deutschland)
- ✓ Petroleumether (Chem-Lab NV, Belgien)
- ✓ Hexan und Aceton (J.T. Baker, Niederlande)
- ✓ HPTLC-Platten: „HPTLC-Fertigplatten, Kieselgel 60 F₂₅₄ extra dünne Schicht (Merck, Darmstadt, Deutschland)

Anthocyane

- ✓ 0,1 N HCl (Roth, Deutschland)
- ✓ Ameisensäure (Roth, Deutschland)
- ✓ Acetonitril (Chem-Lab NV, Belgien)

→ Chemikalien für den TAC-Assay von Omnignostica Forschungs-GmbH

→ Das Reinstwasser wurde aus dem Filtersystem „high-purity water from Millipore simplicity 185“ entnommen.

Obst und Gemüse

Für die verschiedenen Experimente wurden die folgenden Obst- und Gemüsesorten im Lebensmittelhandel gekauft (Tab. 4).

Tabelle 4: Herkunft und Sorte der verwendeten Obst- und Gemüsesorten in den verschiedenen Experimenten.

Obst- und Gemüse	Sorte/Herkunft	Experiment
Orangen	Bio Orangen Valencia, Italien	Vitamin C, β Carotin
	Spanische Navelina	pH, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoff Gesamtkeimzahl
	Keine Sortenangabe und Herkunft	TAC
Erdbeeren	Diva Erdbeeren, Italien	Vitamin C
	Orogel fresco, Italien	Anthocyane, Sensorik
	Eigenmarke „Billa“ tiefgekühlt (keine weiteren Angaben aufgeführt)	pH, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoff Gesamtkeimzahl
	Eigenmarke „Spar“ (keine weiteren Angaben angeführt)	TAC
Äpfel	Jonagold, Österreich	pH, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoff, TAC, Gesamtkeimzahl, Sensorik
Rote Trauben	Variety Flame, Ägypten	Anthocyane, TAC, Sensorik
	Crimson, Italien	pH, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoff
	Crimson, Ungarn	Gesamtkeimzahl
Spinat	Ja natürlich Blattspinat tiefgekühlt, Ös- terreich	Vitamin C, β -Carotin, pH, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoff, TAC, Gesamt- keimzahl
	Eigenmarke „Spar“ frische Blätter	Sensorik
Tomaten	Cherry Tomaten, Italien	Vitamin C, β -Carotin
	Rubinrot Cherrytomaten, Zeiler	pH, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoff, TAC, Gesamtkeimzahl, Sensorik

B. Methoden

1. Entsafter

Zum Entsaften des Obstes und des Gemüses wurden drei verschiedene Entsafter-Modelle der Marke Philips verwendet (Abb. 6).



Philips Avance Collection



Philips ProBlender 6



Philips Avance Juicer

Abbildung 6: Entsafter der Marke Philips [Bilder aus: Bedienungsanleitung]

a) **Philips Avance Collection**

Vollständige Bezeichnung: Philips HR1870/00 Avance Quick Clean 2,5 L (Abb. 7, Tab. 5) [*Bedienungsanleitung Philips Avance Collection*].

Technische Daten: Leistung: 700 W; Spannung: 220-240 V, Frequenz: 50/60 Hz

Aufbau: Der P. Avance Collection hat ein „umgedrehtes“ Sieb mit sehr kleinen scharfen Messern, wie bei einer Gemüsereibe. Durch die hohe Drehzahl und die scharfen, kleinen Messer wird das Obst und das Gemüse in dieser „Zentrifuge“ von den festen Bestandteilen entfernt, die in der Maschine bleiben und übrig bleibt der Saft, der über eine Öffnung austritt.

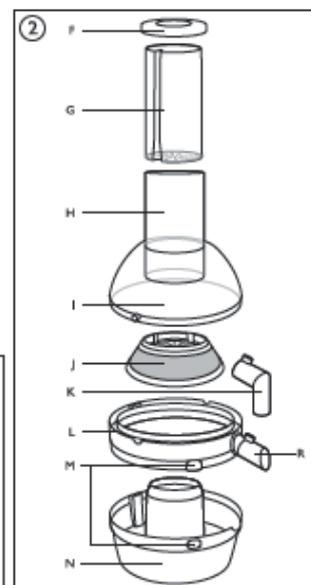
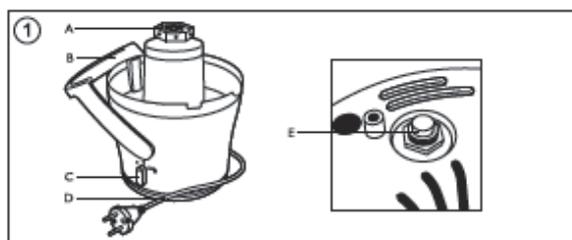


Abbildung 7: Aufbau des P. Avance Collection [*Bedienungsanleitung von Philips Avance Collection*].

Tabelle 5: Aufbau des P. Avance Collection [Bedienungsanleitung Philips Avance Collection].

Philips Avance Collection: Beschreibung der einzelnen Bauteile	
1 Motoreinheit	2 Entsafter
A: Antriebsachse	F: Abdeckung des Stopfers
B: Verriegelungsarm	G: Stopfer mit Vorreinigungsfunktion
C: Drehschalter	H: Einfüllöffnung
D: Kabelaufwicklung	I: Deckel
E: Überhitzungsschutztaste	J: Sieb
	K: Ausgießer-Aufsatz zum Servieren
	L: Saftauffangschale mit abnehmbarem Ausgießer
	M: Fruchtfleischfenster
	N: Fruchtfleischbehälter

b) Philips ProBlender 6

Vollständige Bezeichnung: Philips ProBlend 6 HR2096/00 Standmixer, 2 L (Abb. 8, Tab. 6) [Bedienungsanleitung Philips ProBlender 6].

Technische Daten: Leistung: 800 W, Spannung: 220-240 V, Frequenz: 50/60 Hz

Aufbau: Der P. ProBlender 6 besteht aus einem, schweren Glasgefäß (Abb. 8 Nr. 4), an dessen Boden sich scharfe, rotierende Messer befinden. Bei dieser Aufschlussmethode werden die festen Bestandteile nicht von der Flüssigkeit getrennt.

Tabelle 6: Aufbau des Philips ProBlender 6 [Bedienungsanleitung Philips ProBlender 6].

Philips ProBlender 6: Beschreibung der einzelnen Bauteile	
1	Messbecher
2	Teigschaber
3	Deckel
4	Mixbecher
5	Messereinheit
6	Manschette
7	Drehknopf und Speichertasten

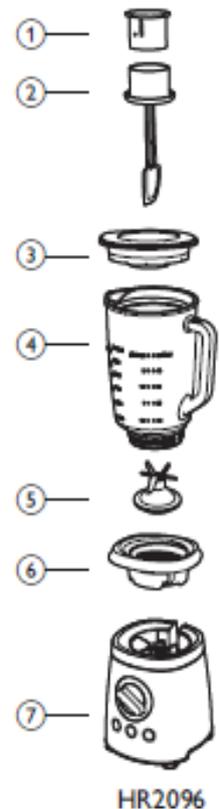


Abbildung 8: Aufbau des P. ProBlender 6 [Bedienungsanleitung Philips Pro-Blender 6].

c) Philips Avance Juicer

Vollständige Bezeichnung: Philips HR1882/31 Avance Collection Juicer 1.5 LT (Abb. 9, Tab. 7) [*Bedienungsanleitung Philips Avance Juicer*].

Technische Daten: Leistung: 200 W, Spannung: 220 V, Frequenz: 50 Hz

Aufbau: Der P. Avance Juicer entsaftet das Obst und das Gemüse, indem er es, verglichen mit den anderen Entsaftern, langsam durch eine Schneckenpresse presst und bei Austritt aus der Presse wird das Gut durch ein Sieb gedrückt. Die festen Bestandteile werden von der Flüssigkeit abgetrennt.

Tabelle 7: Aufbau des Philips Avance Juicer [*Bedienungsanleitung Philips Avance Juicer*].

Philips Avance Juicer: Beschreibung der einzelnen Bauteile	
1	Antriebsachse
2	Feines Sieb
3	Grobes Sieb (nur HR1882)
4	Saftauffangschale
	A: Ausgießer für Fruchtfleisch
	B: Ausgießer Saft
	C: Auslaufsicherer Stöpsel
	D: Dichtungsring
5	Fruchtfleischbehälter
6	Saftbehälter
7	Ersatzdichtungsring
8	Reinigungsbürste
9	Hauptgerät
10	Drehschalter
11	Deckel
	E: Einfüllöffnung
	F: Einschub
12	Stopfer

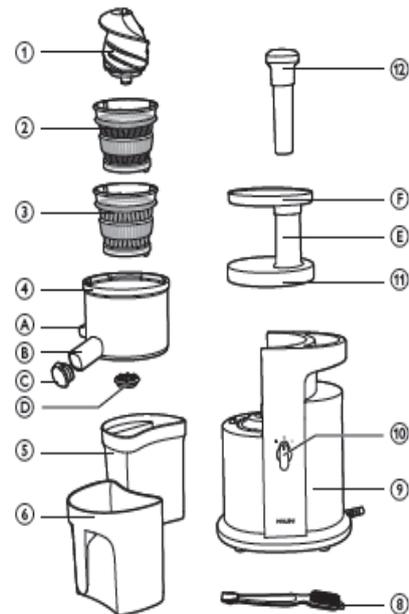


Abbildung 9: Aufbau des P. Avance Juicer [*Bedienungsanleitung Philips Avance Juicer*].

2. Arbeitsablauf

Von den zu untersuchenden Obst- und Gemüsesorten wurden jeweils insgesamt 3 kg pro Entsafter verarbeitet. Pro Durchgang wurde 1 kg des zu untersuchenden Obstes bzw. Gemüses zu Saft gepresst und sofort ein aliquoter Teil für 3 Proben entnommen und verdünnt (Abb. 11).

Im Fall von **Vitamin C** wurde 1:10 mit 1%iger o-Phosphorsäure verdünnt um die Stabilität der Ascorbinsäure zu gewährleisten. Für die Analyse der **Anthocyane** wurde 1:1 mit 0,1 N HCl verdünnt.

Die unverdünnten Säfte wurden bei 4 °C aufbewahrt, die verdünnten bis zur Analyse bei -18 °C. Nach 2, 5, 8 und 24 h wurde jeweils ein aliquoter Teil der unverdünnten Säfte entnommen und je nach Analyse verdünnt und aufbewahrt.

Im Fall von **β-Carotin** wurde erst am Tag der Analyse den Proben Essigsäureethylester im Verhältnis 1:1 zugegeben und danach wurden diese 10 min im Vortex Genie (Scientific industries) geschüttelt.

Vor der Messung wurden die Proben in der Zentrifuge bei 14.000 rpm für 10 min bei 4 °C zentrifugiert (Eppendorf centrifuge 5804 R) (Abb. 10).



Abbildung 10: β-Carotin aus Orangensaft, Tomatensaft und Spinatsaft (von links nach rechts). Die Proben wurde 1:1 mit Essigsäureethylester vermischt, geschüttelt und zentrifugiert.

Vitamin C wurde in Spinat, Tomate, Orange und Erdbeere nachgewiesen. Die Anthocyane wurden in Weintrauben und Erdbeeren analysiert. β-Carotin wurde in Spinat, Tomate und Orange gemessen. Alle anderen Analysen wurden mit allen 6 Obst- und Gemüsesorten durchgeführt.

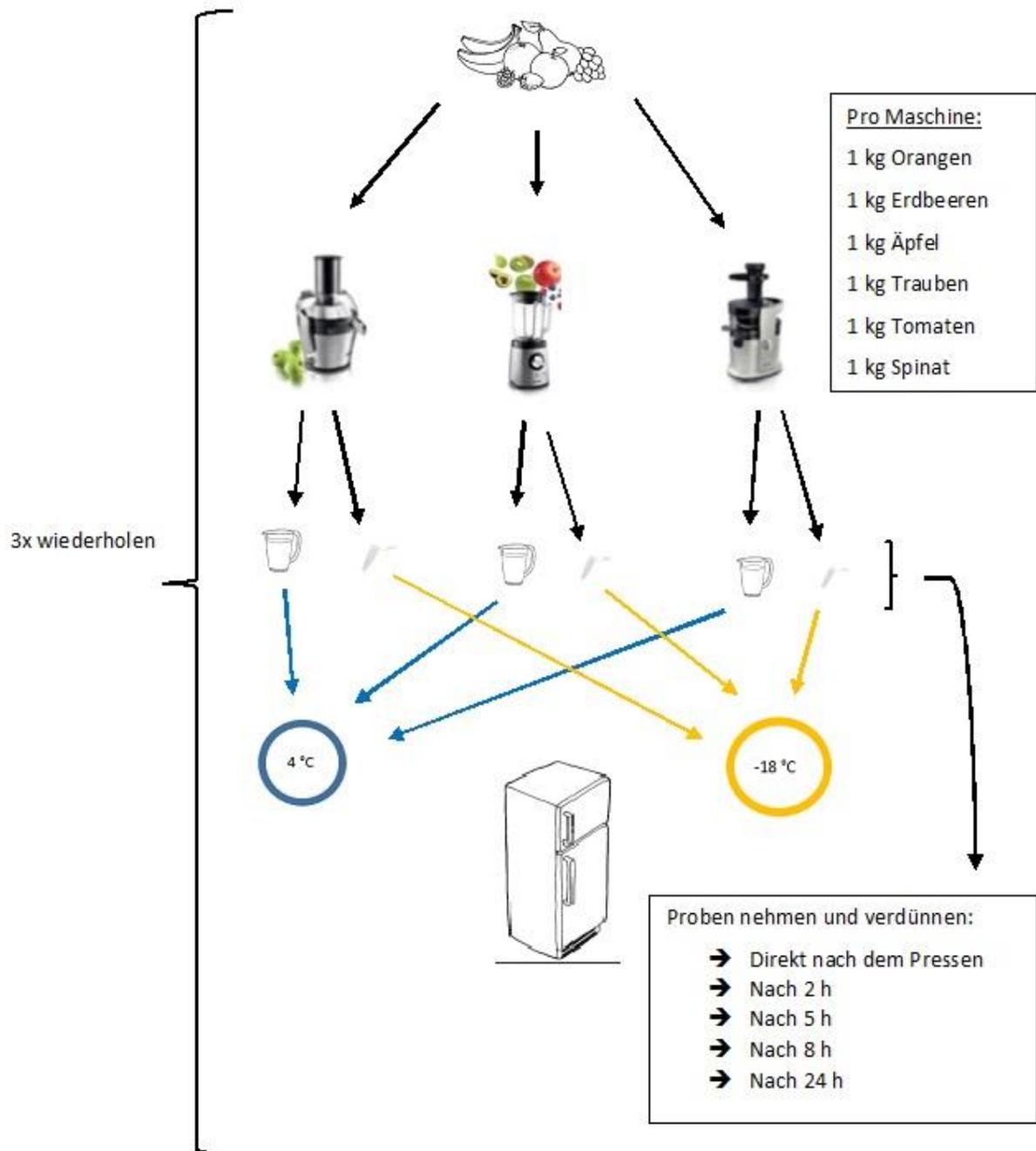


Abbildung 11: Arbeitsablauf, vom Pressen der Säfte bis zur Entnahme der Proben. [Bildquellen: Eppendorfreaktionsgefäß: corporate.eppendorf.com, Obst & Kühlschrank: ausmalbilder.de, Entsafter: amazon.de]

3. Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC)

Das Grundprinzip der chromatographischen Trenn-Methode beruht auf einer Wechselwirkung zwischen dem Analyten mit einer mobilen und einer stationären Phase. Die Analyten sind in Form von Peaks zu erkennen, die je nach Substanz unterschiedliche Retentionszeiten sowie Größen haben. Die Höhe der Peaks gibt Aufschluss über die Konzentration [Gey 2015]. Mit Hilfe der HPLC wurde die Konzentration an Vitamin C sowie an Anthocyanen in den Fruchtsäften gemessen.

Es wurde eine HPLC Apparatur der Marke HP 1100 series mit einem UV/VIS-Detektor, Autosampler, quaternäre Pumpe und einem Entgaser verwendet.

a) *Messung der Vitamin C Konzentration in Orangen-, Erdbeer-, Spinat- und Tomatensaft*

Die mobile Phase besteht aus 65 % Methanol und 35 % Hexadecyltrimethylammoniumbromide (5 mM) und Kaliumdihydrogenphosphat (0,1 mM) in Wasser (pH-Wert wird nicht eingestellt). Das Injektionsvolum beträgt 1 µL, der Druck liegt bei 350 bar, die Flussrate bei 1 mL/min, Temperatur bei 30 °C, die Absorption wird bei 254 nm gemessen, die Retentionszeit liegt bei 2,1-2,2 min und die Stoppzeit bei 5 min. Es wird die Trennsäule AccQ-TagTM Column 3.9 x 150 mm genommen.

Als Referenzwert dient L(+)-Ascorbinsäure (0,25 mg/mL). Aus den Ergebnissen werden der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet.

b) *Messung der Anthocyane im Erdbeer- und Weintraubensaft*

Die Anthocyane werden mit einer HPLC-Methode gemessen, die im Labor bereits etabliert ist. Die Retentionszeiten der Anthocyane wurden mit den damaligen Ergebnissen plus einer zusätzlichen Publikation verglichen [Riedl & Murkovic 2011; Dimitrovska, Murkovic 2011; Gómez-Alonso 2007] und sind in Tab. 8 aufgelistet.

Die mobile Phase setzt sich aus zwei Lösungen zusammen:

- Lösung A: Reinstwasser, Ameisensäure und Acetonitril im Verhältnis 87:10:3
- Lösung B: Reinstwasser, Ameisensäure und Acetonitril im Verhältnis 40:10:50

Für die betriebsfertige mobile Phase wird Lösung A und Lösung B im Verhältnis von 95:5 verwendet. Das Injektionsvolumen der Probe war 1 µL, der Druck liegt bei 350 bar, die Flussrate bei 1 mL/min, Temperatur bei 30 °C, die Absorption wird bei 525 nm gemessen und die Stoppzeit beträgt 13 min. Die Trennsäule ist von der Firma Agilent Technologies: RP-18e (5 µm) HPLC-cartridge 125-4 column.

Aus den Ergebnissen werden der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet.

Tabelle 8: Retentionszeit der Anthocyane im Erdbeer- und Traubensaft.

Retentionszeit [min]	Anthocyane in Erdbeeren
6,4	Cyanidin-3-glukosid
7,2	Pelargonidin-3-glukosid
7,5	Pelargonidin-3-rutinosid
9,3	Malvidin-3-acetyl-glukosid
Retentionszeit [min]	Anthocyane in Weintrauben
5,6	Delphinidin-3-glukosid
6,4	Cyanidin-3-glukosid
7,1	Petunidin-3-glukosid
7,4	Peonidin-3-glukosid

4. Hochleistungsdünnschichtchromatographie (HPTLC)

Die HPTLC (High Performance Thin Layer Chromatography) ist wie die HPLC ein chromatographischer Trennprozess, dessen Prinzip auf einer Wechselwirkung zwischen Analyten auf der stationären Phase und der mobilen Phase beruht. Die stationäre Phase ist eine dünne Platte aus z.B. Cellulose oder Silicagel.

Die Proben können im Vergleich zur herkömmlichen Dünnschichtchromatographie in Mikrogramm aufgetragen werden, dadurch ergibt sich eine wesentlich höhere Trenneffizienz.

Die Platte wird mit den aufgetragenen Proben in eine Entwicklungskammer, wo sich bereits die mobile Phase befindet, gestellt und verschlossen. Durch die Kapillarkräfte steigt die mobile Phase nach oben und löst den Analyten aus der Startposition. Je nach Affinität zwischen den Analyten und der mobilen Phase wird die zu untersuchende Substanz mittransportiert (Abb. 12).

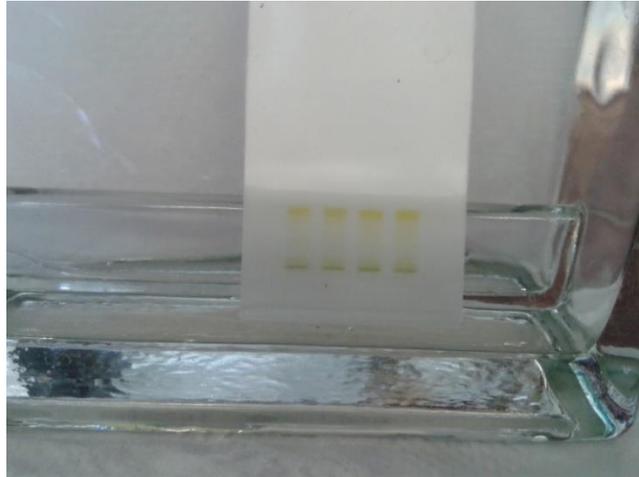


Abbildung 12: HPTLC-Auftrennung der Carotinoide durch die mobile Phase am Beispiel von Spinatsaft.

Wenn der Vorgang beendet ist, können die Ergebnisse mittels einer UV-Lampe oder Fluoreszenztechnik visualisiert und anschließend ausgewertet werden. Zusätzlich dient der Retentionsfaktor (R_f) als qualitatives Maß. Er ist als das Verhältnis der Wanderungsstrecke des Analyten zur Wanderungsstrecke der mobilen Phase definiert. Durch den Vergleich mit einer gleichzeitig aufgetragenen Referenzlösung wird kontrolliert ob es sich bei dem Analyten tatsächlich um die gesuchte Substanz handelt [Gey 2015].

a) Messung der β -Carotin Konzentration in Orangen-, Spinat- und Tomatensaft

Die zu analysierenden Proben werden mittels eines automatischen Samplers (Camag, Switzerland) auf die HPTLC Platten (Kieselgel 60 F₂₅₄) aufgetragen (Abb. 13).

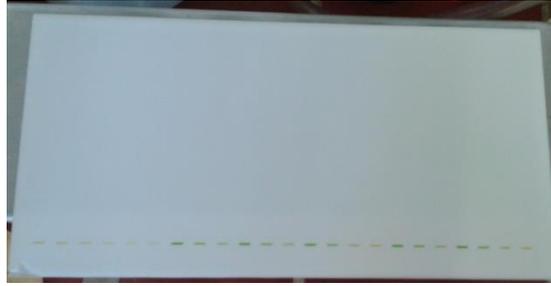


Abbildung 13: Auftragung der extrahierten Spinatsaftprobe mittels automatischen Samplers zur Analyse des β -Carotins auf der Kieselgelplatte.

Die Analyse erfolgt im Camag Scanner, der eine Wolframlampe enthält und die Proben bei einer Wellenlänge von 450 nm detektiert. Die zugehörige Software ist winCATS Planar Chromatographie Manager. Die Referenzlösung ist β -Carotin in einem Konzentrationsbereich von 25 - 200 $\mu\text{g/mL}$. Die mobile Phase besteht aus: Petroleum-ether, Hexan und Aceton im Verhältnis 2:1:0,5. Aus den Ergebnissen werden der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet.

5. pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration

a) pH-Wert Messung

Für die pH-Wert Messung wird ein pH-Meter der Marke WTW Model pH 3110 genommen (Abb. 14).

Alle sechs Obst- und das Gemüsesorten werden mit den Entsafter-Modellen entsaftet und mit dem pH-Meter gemessen. Danach werden die Säfte bei 4 °C aufbewahrt und nach 24 h abermals gemessen.



Abbildung 14: pH-Meter

Der pH-Wert wird mittels eines pH-Meters gemessen. Ein pH-Meter besteht aus einer Glaselektrode, Glasmembran und einer Bezugslektrode. Die Glaselektrode besteht aus einer dünnwandigen Glaskugel, die mit einer Pufferlösung, deren pH-Wert bekannt ist, gefüllt ist. Taucht man die Elektrode in die zu messende Lösung ein, dann findet an der Glasmembran eine Halbzellenreaktion statt und es bildet sich ein elektrisches Potential aus, welches direkt abhängig ist von der H^+ -Konzentration. Zwischen der Bezugslektrode und der Glaselektrode entsteht Spannung durch die Potenzial-

differenz, die wiederum von der pH-Differenz zwischen Innen- und Außenlösung abhängig ist und dadurch kann der pH-Wert vom Gerät berechnet und wiedergegeben werden [*Chemie-Lexikon (2016)*; *Schubert und Reiningger (2016)*].

b) Elektrische Leitfähigkeit

Für die Messung der elektrischen Leitfähigkeit wird das Konduktometer „Conductivity Meter LF 538“ von WTW mit TetraCon 325 Elektrode verwendet.

Alle sechs Obst- und das Gemüsesorten werden mit den Entsafter-Modellen entsaftet und mit dem Konduktometer gemessen. Danach werden die Säfte bei 4 °C aufbewahrt und nach 24 h abermals gemessen.

Die gemessene elektrische Leitfähigkeit in den Saftproben ist die Summe der Salze, Säuren und Basen, die sich darin befinden. Die Leitfähigkeit wird durch den elektrochemischen Widerstand bestimmt. Die Referenztemperatur dafür beträgt 25 °C und die Einheit ist Siemens pro Zentimeter (S/cm). Siemens gibt den elektrischen Leitwert an und ist der Kehrwert des elektrischen Widerstandes Ohm (Ω).

Zwischen zwei gleichartige Elektroden wird eine Wechselspannung angelegt. Je mehr Ionen sich in der Messlösung befinden, desto größer ist der Strom, der zwischen den Elektroden fließt und das Messgerät berechnet daraus den Leitfähigkeitswert.

Reinstes Wasser hat eine Leitfähigkeit von 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25°C), Trinkwasser oder Oberflächenwasser liegen im Bereich von 100 - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die höchsten Werte werden mit Säuren und Basen erzielt; [*Firma WTW (2016)*, *Bannwarth (2007)*]

c) Sauerstoffkonzentration

Für die Messung der Sauerstoffkonzentration in Mikromol pro Liter ($\mu\text{mol}/\text{L}$) wird als Sensor das Microx TX 3 Microsensor Oxygen Meter verwendet. Das Gerät ist mit dem Computer verbunden und über die zugehörige Software namens OxyView – PST3-500%-V5.20, wird die Sauerstoffab bzw. -zunahme ersichtlich.

Alle sechs Obst- und das Gemüsesorten werden mit den Entsafter-Modellen entsaftet und jeweils sofort und nach einer Lagerzeit von 24 h bei 4 °C vermessen.

Von jeder Probe werden 3 mL in ein Injektionsfläschchen aus Glas gegeben und in ein 30 °C temperiertes Wasserbad unter Rühren (300 rpm $\hat{=}$ Umdrehung pro Minute) für

die Messung vorbereitet. Da in den meisten Fruchtsäften noch Fruchtfleischbestandteile vorhanden waren, die den Mikrosensor eventuell zerstören können, wurden alle Säfte (bis auf wenige Ausnahmen – siehe Ergebnissteil) 10 min lang bei 20 °C und 14.000 rpm zentrifugiert.

Die gelöste Sauerstoffkonzentration wird in [$\mu\text{mol/L}$] gemessen und in [mg/L] umgerechnet.

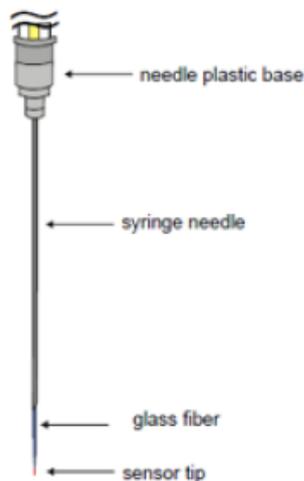


Abbildung 15: Aufbau eines Mikrosensors für die Sauerstoffmessung
[Loligo systems Aps (2005)].

Prinzip der Arbeitsmethode des Sensors basiert auf dem Quenching von Lumineszenz, welches durch die Kollision zwischen molekularem Sauerstoff und den angeregten Molekülen des Lumineszenz Farbstoffes stattfindet.

Die Sauerstoffelektrode hat den Aufbau ähnlich einer Spritze (Abb. 15). An der Spitze der Nadel befindet sich ein Mikrosensor, der energiereiches blaues Licht ausstrahlt. Neben dem blauen Anregungs-LED gibt es noch einen roten Referenz-LED. Wenn das blaue angeregte Licht ausgestrahlt wird, dann werden die Elektronen eines Leuchtstoffes (Luminophor) in ein höheres Energie-niveau angehoben. Wenn die Elektronen wieder in den Grundzustand zurückfallen, dann wird diese Energiedifferenz als rote Strahlung von der Photo-

diode detektiert. Wenn Sauerstoff vorhanden ist, dann wird entweder die Intensität der roten Strahlung oder die Strahlungsdauer verringert, da Sauerstoff die Fähigkeit besitzt die Energie, die frei wird, wenn die Elektronen wieder in den Grundzustand zurückkehren, aufzunehmen bzw. den Vorgang beschleunigen kann.

Bei dieser Art der Messung wird kein Sauerstoff verbraucht, da es eine rein physikalische Messung ist. Es wird nur die Intensität und Dauer der emittierten roten Strahlung gemessen um die Sauerstoffkonzentration zu ermitteln [Princz (2010), Loligo systems Aps (2005)].

6. Messung der totalen anti-oxidativen Kapazität der Fruchtsäfte

Die Messung wird mit einem Assay der Firma Omniagnostica Forschungs GmbH durchgeführt. Der TAC (= total anti-oxidative capacity) misst die totale anti-oxidative Kapazität der Fruchtsäfte. Die Messung beruht auf der Reaktion von Peroxiden mit dem Enzym Peroxidase und dem daraus resultierenden Farbumschlag von blau nach gelb durch den chromogenen Redoxindikator Tetramethylbenzidin (Abb. 16). Dadurch kann die Absorption der Proben bei 450 nm vermessen werden. Die vorhandenen Antioxidantien in den Proben verhindern eine Kettenreaktion der Radikale und dadurch gibt es eine Abnahme der Absorption bzw. Konzentration. [Gallati 1985, Omniagnostica]

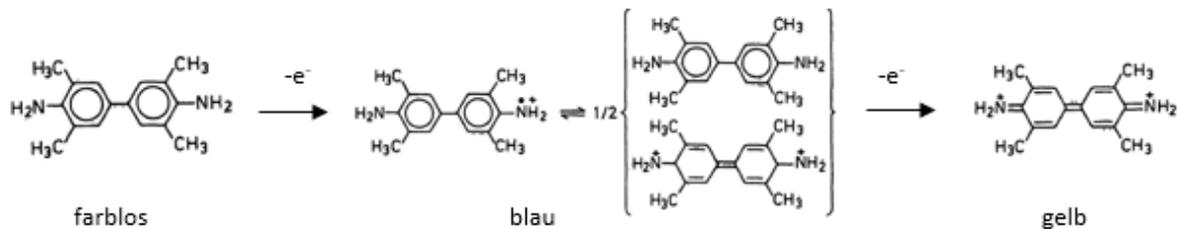


Abbildung 16: Spektrum des Tetramethylbenzidins. Farblos: 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidin (λ_{\max} 210 nm, 286 nm); Blau: 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidin-Radikalkation (λ_{\max} 210 nm, 370 nm, 650 nm); Gelb: 3,3',5,5'-Tetramethyl-1,1'-diphenochinon-4,4'-diimoniumion, (λ_{\max} 210 nm, 450 nm) [Gallati 1985].

Der TAC ist ein Summenparameter für alle gelösten Antioxidantien in den verschiedenen Fruchtsäften und dient zur Erfassung des anti-oxidativen Schutzsystems, welches Sauerstoffverbindungen wie Peroxide und Sauerstoffradikale kompensieren kann.

Da weder der Hersteller des Assays genaue Angaben über den Inhalt der Lösungen machte, noch eine genaue Beschreibung auffindbar war, werden hier nur die Namen der Lösungen angegeben. Als Standard wurde Trolox verwendet. Trolox ist ein Strukturanalog von Vitamin E und wird deshalb verwendet, da es im Gegensatz zu Vitamin E wasserlöslich ist.

Der Assay besteht aus:

- ✓ Assay Buffer
- ✓ Peroxide
- ✓ Peroxidase
- ✓ Substrat
- ✓ Stop Solution
- ✓ Microtiter Plate
- ✓ Standard A: 0 mmol/L Trolox
- ✓ Standard B: 0,375 mmol/L Trolox
- ✓ Standard C: 0,75 mmol/L Trolox
- ✓ Standard D: 1,5 mmol/L Trolox
- ✓ Standard E: 3 mmol/L Trolox
- ✓ Control 1
- ✓ Control 2

Arbeitsvorschrift lt. Hersteller (vorgegeben)

1. Pipette 25 μ L of the standards, controls and samples into the respective wells of the Microtiter Plate
2. Pipet 100 μ L of reagent mixture A into all wells
3. Pipet 50 μ L of reagent mixture B into all wells
4. Incubate exactly for 20 minutes at 2-8 °C
5. Pipette 50 μ L of the Stop Solution to each well of the microtiter plate
6. Read the absorbance of the solution in the wells, using a microplate reader set to 450 nm

Das Obst und Gemüse wird frisch gepresst und ein Aliquot eines jeden Saftes von jedem Entsafter bei -18 °C im Tiefkühlschrank aufbewahrt. Der Rest der Säfte wird zuerst 24 h bei 4 °C im Kühlschrank gelagert und danach ebenfalls bei -18 °C eingefroren.

Für die Messung selbst werden alle Proben zuerst 1:10 verdünnt (Reinstwasser) und danach auf eine 96er Mikrotiterplatte aufgetragen (inkl. Duplikate) und laut Arbeitsvorschrift behandelt.

Der Microplate-Reader (infinite 200) misst die Absorption bei 450 nm bei einer Temperatur von 30 °C. Die zugehörige Software ist Tecan i-control, 1.10.4.0. Die Absorptionswerte werden in ein Excel-File ausgegeben, die Mittelwerte von jedem Saft berechnet und die Ergebnisse mithilfe der errechneten Standardgeraden in Millimol pro Liter Troloxäquivalent umgerechnet.

7. Bakterien, Hefen, Schimmel

Das Obst und Gemüse wird mit Leitungswasser gewaschen, abgetrocknet, je nach Entsafter geschnitten und entkernt. Nach dem Entsaften wird eine Probe genommen und bei -18 °C gelagert. Der restliche Saft wird im Kühlschrank bei 4 °C gelagert. Nach 24 h wird wieder eine Probe entnommen und bis zur Analyse bei -18 °C gekühlt.

Für die Bestimmung der Bakterien werden die Proben 1:10 mit Peptonwasser angesetzt und danach verdünnt bis 1:1000 mit 0,9 %igen Natriumchlorid. Jeweils 1 mL der vorbereiteten Probe wird auf Plate Count Agar Platten aufgetragen. Für Hefe und Schimmel wird „Yeast-Glucose Chloramphenicol Agar“ genommen (Chemikalien von Biokar). Die Ergebnisse sind unserem Labor zugesandt worden.

8. Sensorische Beurteilung der Obst- und Gemüsesäfte

Die frisch zubereiteten Obst- und Gemüsesäfte, sowie die 24 h bei 4 °C gelagerten Säfte, hergestellt durch die unterschiedlichen Entsafter-Modelle, wurden am Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie, AG Lebensmittelchemie und Human-sensorik, ebenfalls an der TU Graz (Stremayergasse 9), sensorisch verkostet und beurteilt.

Aus dem Prüfbericht von Frau Dr. Sigmund:

Das Sensorikpanel umfasst 8-9 nach DIN 10959 geschulte Prüfpersonen, die eine langjährige Erfahrung und produktspezifische Schulungen im Bereich von Frucht- und Gemüsearomen nachweisen können. Die sensorische Prüfung selbst wurde unter standardisierten Bedingungen im Sensoriklabor des ACFC durchgeführt. Pro Prüfungstag wurden zwei verschiedene Säfte (z.B.: Orange und Erdbeere, hergestellt von allen drei Entsafter-Modellen, jeweils frisch und 24 h gelagert) verkostet, wobei die frisch zubereitete Probe als Referenz diente.

Als Prüfmethode wurde der deskriptive IN/OUT Test mit abgestufter IN/OUT Beurteilung sowie vereinfachter Profilprüfung eingesetzt (nach DIN 10973). Die Prüfpersonen wurden gebeten, die Proben nach folgenden Kriterien zu beurteilen:

- IN:** das Produkt ist in Ordnung – es weist keine sensorischen Abweichungen von der Referenz auf
- JUST IN:** das Produkt weist sensorische Veränderungen auf; es ist aber noch genießbar
- JUST OUT:** das Produkt weist stärkere sensorische Veränderungen auf; es wird als nicht mehr genießbar eingestuft
- OUT:** das Produkt wird als verdorben mit starken sensorischen Veränderungen angesehen

Ab der Bewertung „JUST IN“ und schlechter wurden die Säfte von den Prüfpersonen mithilfe 5 ausgewählte sensorische Attribute zusätzlich bewertet. Die Beurteilung erfolgte mittels einer 7-Punkte Skala, wo die Attribute FARBVERÄNDERUNG, GÄRNOTEN, HEFENOTEN, ESSIGSTICH, Noten aus der MILCHSÄUREGÄRUNG (buttrige Note, Sauermilchtöne etc.) und ADSTRINGENZ (Bitterkeit) anhand ihrer Intensität, angefangen von „nicht wahrnehmbar“ bis „stark ausgeprägt“, beurteilt wurden. Die Prüfpersonen wurden gebeten darüber hinaus noch weitere sensorische Auffälligkeiten zu notieren. Die Beurteilung der sensorischen Gruppenergebnisse erfolgte in Anlehnung an DIN 10973 bzw. an M. Busch-Stockfisch (Tab. 9) und Anpassung an den durchgeführten Versuch.

Tabelle 9: Entscheidungskriterien zur Beurteilung von produktionsbegleitender Sensorik [Busch-Stockfisch 2002].

Ergebnis	Entscheidung
Alle Antworten IN Mind. 50 % Well IN	Freigabe
Mind. 70 % IN Restl. Just OUT, kein Well OUT	Freigabe Benachrichtigung der Produktion
Mind. 50 % IN Restl. Just OUT, keine Well OUT	Freigabe durch Management Erste Korrekturmaßnahmen
Weniger als 50 % IN Weniger als 20 % Well OUT	Keine Freigabe Überprüfung des Prozesses
Weniger als 50 % IN Mehr als 20 % Well OUT	Keine Freigabe Sofortige Beseitigung der Ursache

Basierend auf diesen Angaben wird ein Produkt, das weniger als 70 % sensorische Beurteilungen als „IN“ oder „JUST IN“ erhielt, als sensorisch nicht einwandfrei beurteilt. Bei weniger als 50 % Bewertungen mit „IN“ oder „JUST IN“ wird ein Produkt als sensorisch ungenießbar bewertet.

III. Ergebnisse & Diskussion

A. *Vitamin C*

Nachdem das Obst und Gemüse mit den verschiedenen Entsaftern gepresst und die Säfte wie unter „Material und Methoden“ beschrieben behandelt wurden, wurden sie mittels HPLC vermessen. Aus den Ergebnissen (pro Zeitpunkt 3 Proben, insgesamt 3x pro Entsafter wiederholt) wurden der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet und tabellarisch und graphisch in den folgenden Tabellen und Abbildungen aufbereitet. Die folgenden Ergebnisse beziehen auf Orange, Erdbeere, Spinat und Tomate.

1. Orangensaft

Der Vitamin C Gehalt ist im Orangensaft von allen 3 Entsaftern relativ stabil über den Zeitraum von 24 h. Der höchste Gehalt an Vitamin C findet man im Orangensaft von P. Avance Collection. Bei P. Avance Juicer ist eine höhere Standardabweichung im Vergleich zu den anderen Entsaftern ersichtlich. Bei allen drei Messungen der Säfte von P. Avance Juicer waren die Werte sehr unterschiedlich, dadurch ergibt sich diese Schwankungsbreite (Tab. 10, Abb. 17).

Zusätzlich kann Vitamin C zu Dehydroascorbinsäure oxidiert werden, welche nicht mit der angewendeten Methode analysiert werden kann. Dieser Vorgang ist reversibel.

Laut Literatur haben Orangen einen Vitamin C-Gehalt von etwa 55 mg/100 g. Jedoch gibt es Unterschiede zwischen Sommer und Winter, je nach verwendeter Sorte. Der genannte Gehalt bezieht sich auf die Frühsorten im Winter. Die Analysen in dieser Arbeit wurden aber im Sommer mit der Spätsorte „Valencia“ durchgeführt. Daher ergibt sich eine Maximalkonzentration von 45 mg/100 g an Vitamin C. Auch während der Lagerung kann die Konzentration noch absinken [Ebermann 2011].

Tabelle 10: Stabilität des Vitamin C Gehaltes im Orangensaft, gepresst mit allen verwendeten Entsaftern. Jeder Wert entspricht dem Mittelwert aus 3 Wiederholungen, Std.Ab = Standardabweichung.

Orange		Vitamin C [mg/100 mL]					
Zeit [h]	P. Avance Collection	Std.Ab.	P. ProBlender 6	Std.Ab.	P. Avance Juicer	Std.Ab.	
0	39,0	± 7,1	34,6	± 6,3	31,9	± 22,2	
2	44,2	± 8,9	38,1	± 6,3	32,8	± 21,5	
5	44,0	± 8,9	30,1	± 1,8	31,9	± 15,2	
8	43,7	± 7,5	33,4	± 8,7	36,9	± 15,3	
24	43,0	± 5,7	37,4	± 4,9	39,4	± 15,8	

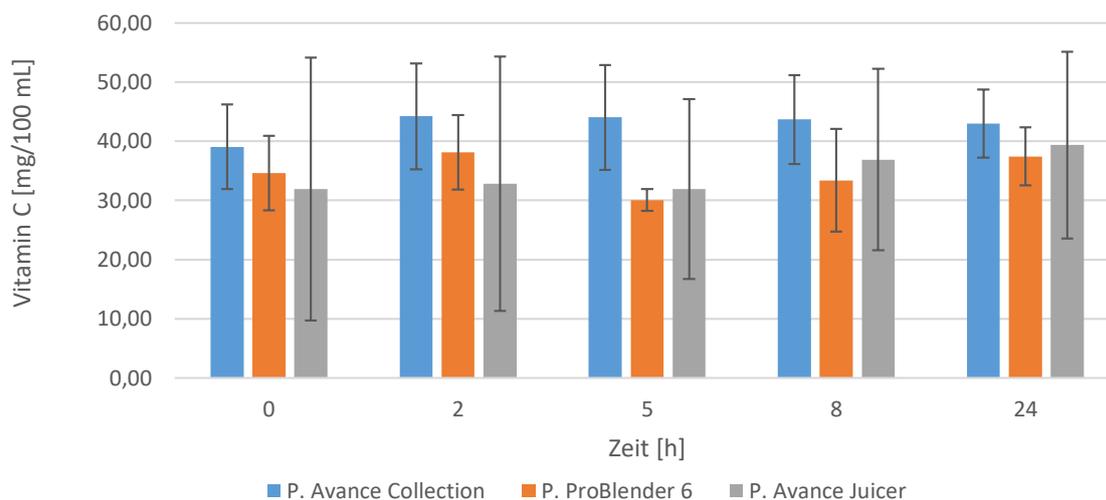


Abbildung 17: Stabilität des Vitamin C Gehaltes im Orangensaft im Verlauf von 24 h. Die Lagerung erfolgte bei 4 °C und die Säfte wurden mit allen Entsaftern hergestellt.

2. Erdbeersaft

Vitamin C ist im Erdbeersaft von P. Avance Collection und P. Avance Juicer stabil über 24 h. Nur im Erdbeersaft produziert von P. ProBlender 6 ist ein signifikanter Abfall der Konzentration zu erkennen (Tab. 11, Abb. 18). Erdbeeren haben einen Vitamin C-Gehalt von 57 - 62 mg/100 g [LM-Lexikon 2016, Rimbach 2015, Ebermann 2011]. Der höchste hier gemessene Wert ist mit 44,12 mg/100 mL im Erdbeersaft von P. Avance Collection. Vitamin C ist leicht oxidierbar und kann durch den Sauerstoff in der Luft zerstört werden [Bützer 2009].

Tabelle 11: Stabilität des Vitamin C Gehaltes im Erdbeersaft, gepresst mit allen verwendeten Entsaftern. Jeder Wert entspricht dem Mittelwert aus 3 Wiederholungen, Std.Ab. = Standardabweichung.

Erdbeere						
Vitamin C [mg/100 mL]						
Zeit [h]	P. Avance Collection	Std.Ab.	P. ProBlender 6	Std.Ab.	P. Avance Juicer	Std.Ab.
0	42,5	± 7,9	39,0	± 15,7	24,1	± 6,9
2	37,9	± 5,4	29,3	± 9,1	23,9	± 9,8
5	34,1	± 8,4	20,1	± 9,2	22,6	± 10,5
8	35,3	± 4,9	17,0	± 9,6	20,9	± 7,1
24	44,1	± 14,0	12,4	± 11,7	24,8	± 9,8

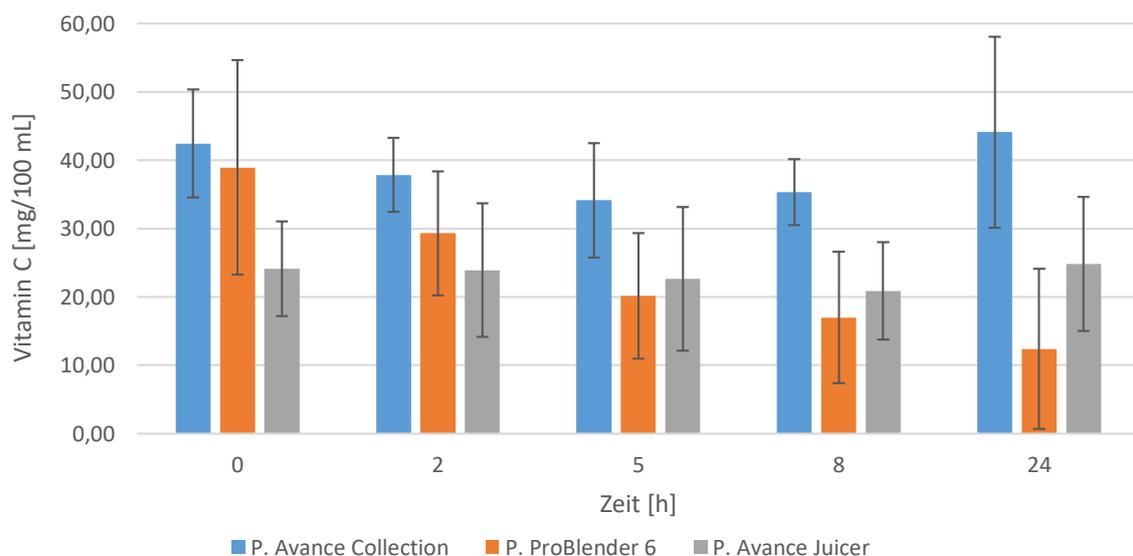


Abbildung 18: Stabilität des Vitamin C Gehaltes im Erdbeersaft im Verlauf von 24 h. Die Lagerung erfolgte bei 4 °C und die Säfte wurden mit allen Entsaftern hergestellt.

3. Spinatsaft

Der Gehalt an Vitamin C ist in allen Spinatsäften stabil über einen Zeitraum von 24 h (Tab. 11, Abb. 18). Mit den Entsafter P. Avance Collection und P. Avance Juicer wird das Endprodukt ein Saft, aber P. ProBlender 6 ist eher ungeeignet Saft zu produzieren, da die Konsistenz sehr fest ist. Die höchsten Vitamin C Werte konnten bei P. Avance Juicer festgestellt werden.

Die Konzentration an Vitamin C sind je nach Literatur verschieden. Laut Ebermann (2011) und Rimbach (2015) hat Spinat einen Vitamin C Gehalt von 28 mg/100 g und laut Belitz (2008) wiederum können Werte zwischen 40 und 155 mg/100 g Frischgewicht möglich sein, je nach Spinatsorte und Klimaverhältnisse.

In dieser Arbeit wurde zwar tiefgekühlter Spinat verwendet, aber die Nährstoffe bleiben trotzdem zum Großteil erhalten. Die hochwertige Rohware wird entweder mit kochendem Wasser für 1,5 - 4 min oder mit strömendem Dampf für 2 - 5 min blanchiert um Enzyme zu inaktivieren. Nach dem Blanchieren wird das Gemüse auf -40 °C abgekühlt und danach bei -18 °C bis -20 °C gelagert. Vitamin C wird aber in diesem Prozess nicht geschädigt, auch nicht beim Auftauen. Wichtig sind ein sorgfältiges Blanchieren sowie tiefe Lagertemperaturen [Belitz 2008].

Tabelle 12: Stabilität des Vitamin C Gehaltes im Spinatsaft, gepresst mit allen verwendeten Entsaftern. Jeder Wert entspricht dem Mittelwert aus 3 Wiederholungen, Std.Ab. = Standardabweichung.

Spinat						
Vitamin C [mg/100 mL]						
Zeit [h]	P. Avance Collection	Std. Ab.	P. ProBlender 6	Std. Ab.	P. Avance Juicer	Std. Ab.
0	17,2	± 3,6	13,9	± 4,4	23,5	± 8,1
2	18,3	± 1,4	16,4	± 7,1	24,5	± 10,0
5	19,3	± 0,8	11,1	± 2,0	22,8	± 9,8
8	17,2	± 1,9	12,6	± 1,5	23,9	± 7,9
24	20,7	± 2,4	14,6	± 3,2	23,8	± 8,4

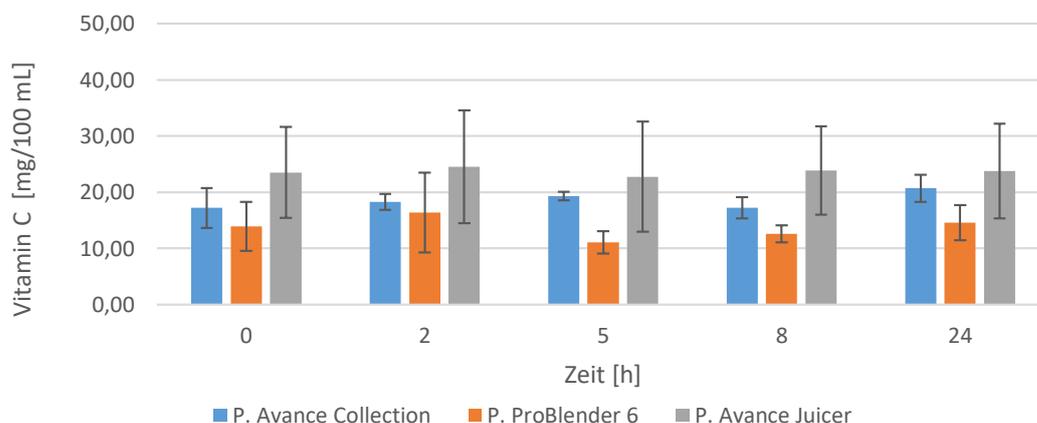


Abbildung 19: Stabilität des Vitamin C Gehaltes im Spinatsaft im Verlauf von 24 h. Die Lagerung erfolgte bei 4 °C und die Säfte wurden mit allen Entsaftern hergestellt.

4. Tomatensaft

Der Vitamin C-Gehalt ist in den Tomatensäften von P. ProBlender 6 und P. Avance Juicer stabil über 24 h, aber nicht im Saft, produziert von P. Avance Collection. Hier sieht man eine Halbierung der Vitamin C-Konzentration. Bei frisch zubereiteten Tomatensaft hat jener von P. Avance Collection den höchsten Gehalt an Vitamin C, allerdings auch den größten Verlust nach 24 h. Die niedrigste Konzentration an Vitamin C ist im Tomatensaft von P. ProBlender 6 zu finden (Tab. 13, Abb. 20). Die Standardabweichung streut hier besonders breit, da bei den ersten beiden Messungen Werte im Bereich von unter 10 mg/100 mL gemessen wurden und bei der dritten Messung Werte um die 20 mg/100 mL.

In der Literatur findet man Vitamin C-Konzentrationen von 19 bis 26 mg/100 g Frischgewebe in Tomaten [Ebermann 2011, Rimbach 2015, Belitz 2008]. Die niedrigeren Werte in P. ProBlender 6 und P. Avance Juicer könnten wiederum Lager- und Sortenbedingt sein. Die starke Abnahme bei P. Avance Collection wiederum könnte an einen zu hohen Einschlag an Sauerstoff liegen und die Oxidation von Vitamin C beschleunigen.

Tabelle 13: Stabilität des Vitamin C Gehaltes im Tomatensaft, gepresst mit allen verwendeten Entsaftern. Jeder Wert entspricht dem Mittelwert aus 3 Wiederholungen, Std.Ab. = Standardabweichung.

Tomate							
Vitamin C [mg/100 mL]							
Zeit [h]	P. Avance Collection	Std.Ab.	P. ProBlender 6	Std.Ab.	P. Avance Juicer	Std.Ab.	
0	20,0	± 5,5	12,6	± 7,6	13,7	± 5,9	
2	16,6	± 4,4	9,1	± 11,2	13,5	± 7,6	
5	13,5	± 4,5	8,3	± 10,7	14,7	± 5,5	
8	11,8	± 2,5	8,0	± 9,7	14,6	± 4,0	
24	9,9	± 0,4	11,6	± 13,7	15,6	± 5,0	

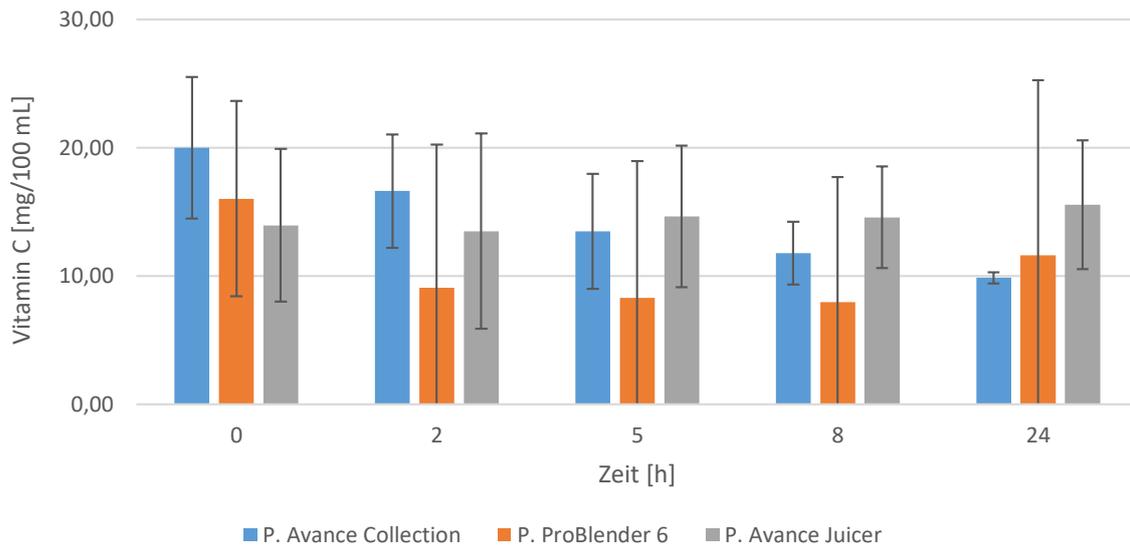


Abbildung 20: Stabilität des Vitamin C Gehaltes im Tomatensaft im Verlauf von 24 h. Die Lagerung erfolgte bei 4 °C und die Säfte wurden mit allen Entsaftern hergestellt.

5. Gesamtergebnis Vitamin C in Orangen-, Erdbeer-, Spinat-, Tomatensaft

Vergleich der verschiedenen Entsafter-Modelle

Vitamin C ist in den meisten Obst- und Gemüsesäften stabil über einen Lagerzeitraum von 24 h im Kühlschrank. Ausnahmen waren der Erdbeersaft von P. ProBlender 6 und der Tomatensaft von P. Avance Collection. Hier zeigte sich ein deutlicher Abfall der Konzentration im gegebenen Zeitabschnitt (Tab. 14, Abb. 21). Für den höchsten Vitamin C-Benefit ist bei den Orangen- und Erdbeersäften der P. Avance Collection zu empfehlen und bei Spinat- und Tomatensaft der P. Avance Juicer. Im Anhang befindet sich ein Chromatogramm, das den Vitamin C Gehalt des frisch gepressten Tomatensaftes von allen Entsaftern zeigt (Abb. 49).

Die Ergebnisse sind nur als Momentaufnahme zu betrachten. Zu bedenken ist, dass die verschiedenen Obst- und Gemüsesorten je nach Sorte, Lagerung, Saison einen höheren oder niedrigeren Gehalt an Vitamin C besitzen. Zum Beispiel haben Orangen im Winter einen höheren Vitamin C Gehalt als im Sommer. In den gepressten Apfel- und in Weintraubensäften ist die Konzentration an Vitamin C so niedrig, dass sie nicht mehr mit der verwendeten HPLC Methode messbar war. Laut Tab. 3 haben von den

hier verwendeten Obst- und Gemüsesorten die Weintrauben mit 4 mg/100 g Frischgewicht und der Apfel mit 5-8 mg/100 g FGW (sortenabhängig), die niedrigsten Anteile an Vitamin C.

Die **Erdbeere** hat den höchsten Wert mit 62 mg/100 g, aber auch Werte von 57 mg/100 g sind möglich (Tab. 1). Der höchste hier gemessene Wert betrug 44,1 mg/100 mL.

In der **Orange** befinden sich 45-55 mg/100 g. In den Säften in dieser Arbeit war der höchste Wert bei 44,0 mg/100 mL.

Tomate hat eine Vitamin C Konzentration zwischen 19 und 26 mg/100 g je nach Literatur. Der hier höchste gemessene Wert lautet 20 mg/100 mL.

Der größte Unterschied war im **Spinatsaft**. Je nach Literatur hat er eine Konzentration von 28 - 51 mg/100 g bzw. können Werte bis zu 155 mg/100 g erreicht werden, je nach Sorte und Anbaugesicht. Der höchste hier gemessene Wert betrug 24,5 mg/100 mL (Tab. 14, Abb. 21). Es wurde zwar Tiefkühlspinat verwendet, jedoch ist dies nicht der Grund für die niedrigeren Werte, da durch das Tiefgefrieren die Nährstoffe inklusive Vitamin C größtenteils erhalten bleiben.

Tabelle 14: Gesamtergebnis des Vitamin C-Gehaltes in den Obst- und Gemüsesäften.

Zeit [h]	Vitamin C [mg/100 mL]				
	P. Avance Collection	Orange	Erdbeere	Spinat	Tomate
0		39,0	42,5	17,2	20,0
2		44,2	37,9	18,3	16,6
5		44,0	34,1	19,3	13,5
8		43,7	35,3	17,2	11,8
24		43,0	44,1	20,7	9,9
P. ProBlender 6					
0		34,6	39,0	13,9	12,6
2		38,1	29,3	16,4	9,1
5		30,1	20,1	11,1	8,31
8		33,4	17,0	12,6	8,0
24		37,4	12,4	14,6	11,6
P. Avance Juicer					
0		31,9	24,1	23,5	14,0
2		32,8	23,9	24,5	13,5
5		31,9	22,6	22,8	14,7
8		36,9	20,9	23,9	14,6
24		39,4	24,8	23,8	15,6

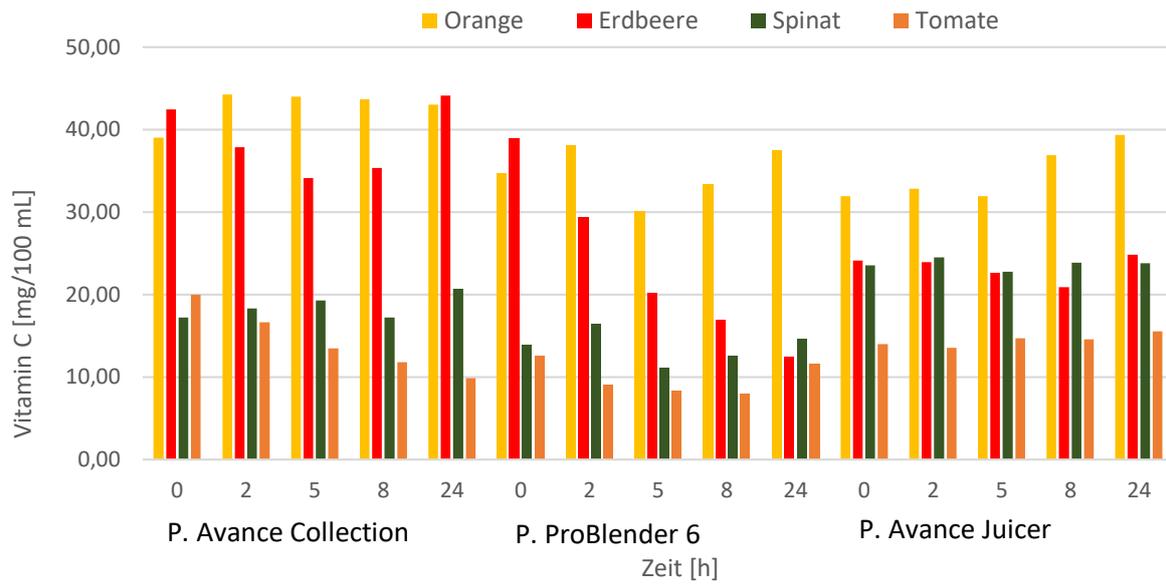


Abbildung 21: Gesamtergebnis des Vitamin C Gehaltes im Verlauf von 24 h in allen Obst- und Gemüsesäften, gepresst mit allen Entsaftern.

B. β -Carotin

Nachdem das Obst und Gemüse mit den verschiedenen Entsaftern gepresst wurde und die Säfte wie unter „Material und Methoden“ beschrieben behandelt wurden, wurden sie mittels HPTLC vermessen. Aus den Ergebnissen wurden der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf carotinoidreiche Früchte wie in diesem Fall Orange, Tomate und Spinat.

1. Orangensaft

Die Messung des Orangensaftes wurde dreimal wiederholt, jedoch war bei der dritten Wiederholung die Konzentration an β -Carotin zu niedrig um eine exakte Auswertung zu garantieren. Es wurden daher nur die Ergebnisse der ersten und zweiten Kinetikmessung verwendet. Das β -Carotin ist bei allen Orangensäften durchgehend stabil innerhalb des angegebenen Zeitrahmens. Den höchsten Wert an β -Carotin erhält man im frischen Orangensaft des P. Avance Collection, den niedrigsten bei P. Pro-Blender 6 (Tab. 15, Ab. 22).

Tabelle 15: Stabilität des β -Carotins im Orangensaft innerhalb von 24 h und gepresst mit allen Entsaftern. Werte entsprechen Mittelwerte, Std.Abw. = Standardabweichung.

Orange						
β -Carotin in [mg/100 mL]						
Zeit [h]	P. Avance Collection	Std.Abw.	P. Pro-Blender6	Std.Abw	P. Avance Juicer	Std.Abw.
0	5,2	$\pm 0,8$	4,0	$\pm 2,7$	4,3	$\pm 0,4$
2	4,3	$\pm 0,3$	4,8	$\pm 2,7$	5,2	$\pm 0,7$
5	4,7	$\pm 0,5$	3,8	$\pm 2,3$	4,1	$\pm 0,1$
8	3,9	$\pm 0,3$	4,0	$\pm 1,9$	5,2	$\pm 0,8$
24	4,1	$\pm 0,0$	3,5	$\pm 2,2$	4,4	$\pm 0,4$

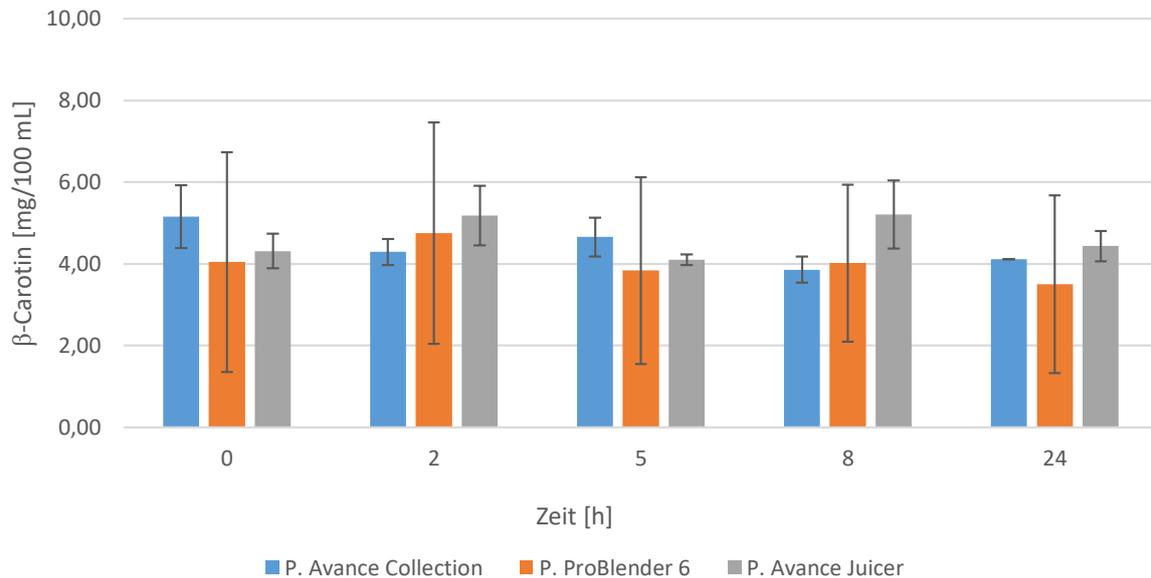


Abbildung 22: β -Carotin im Orangensaft im Verlauf von 24 h. Die Lagerung erfolgte bei 4 °C und die Säfte wurden mit allen Entsaftern hergestellt.

2. Spinatsaft

Die Stabilität des β -Carotins ist bei allen Spinatsäften in einem Zeitrahmen von 24 h gegeben. Den höchsten Anteil an β -Carotin ist im Spinatsaft von P. ProBlender 6, wobei man ergänzen muss, dass es sich dabei nicht um einen Saft im eigentlichen Sinn handelt, sondern die Konsistenz sehr fest war. Ein deutlich niedrigerer Anteil an β -Carotin befindet sich in den Säften von P. Avance Collection und P. Avance Juicer (Tab. 16, Abb. 23).

Tabelle 16: Stabilität des β -Carotins im Spinatsaft innerhalb von 24 h und gepresst mit allen Entsaftern. Werte sind Mittelwerte, Std.Abw. = Standardabweichung.

SPINAT						
β -Carotin in [mg/100 mL]						
Zeit [h]	P. Avance Collection	Std.Abw.	P. Pro-Blender 6	Std.Abw.	P. Avance Juicer	Std.Abw.
0	7,3	± 2,2	30,9	± 8,2	7,1	± 0,7
2	6,5	± 1,5	21,8	± 3,6	7,0	± 0,7
5	6,5	± 1,4	26,0	± 6,0	7,2	± 0,2
8	6,5	± 1,3	27,5	± 4,2	7,3	± 0,5
24	6,0	± 1,0	25,3	± 2,4	6,7	± 0,5

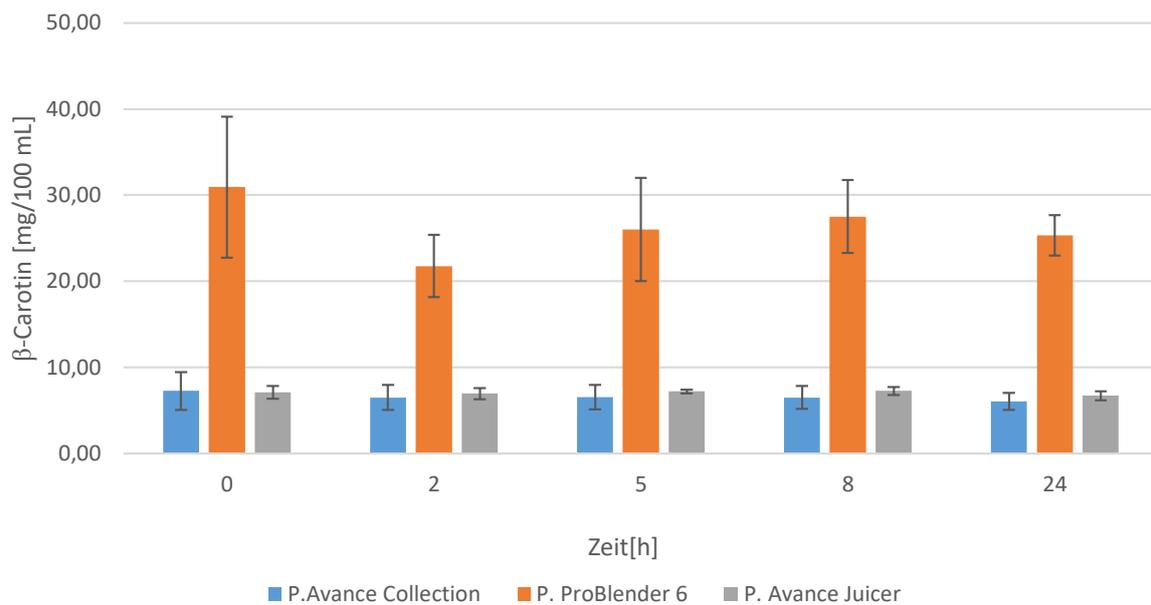


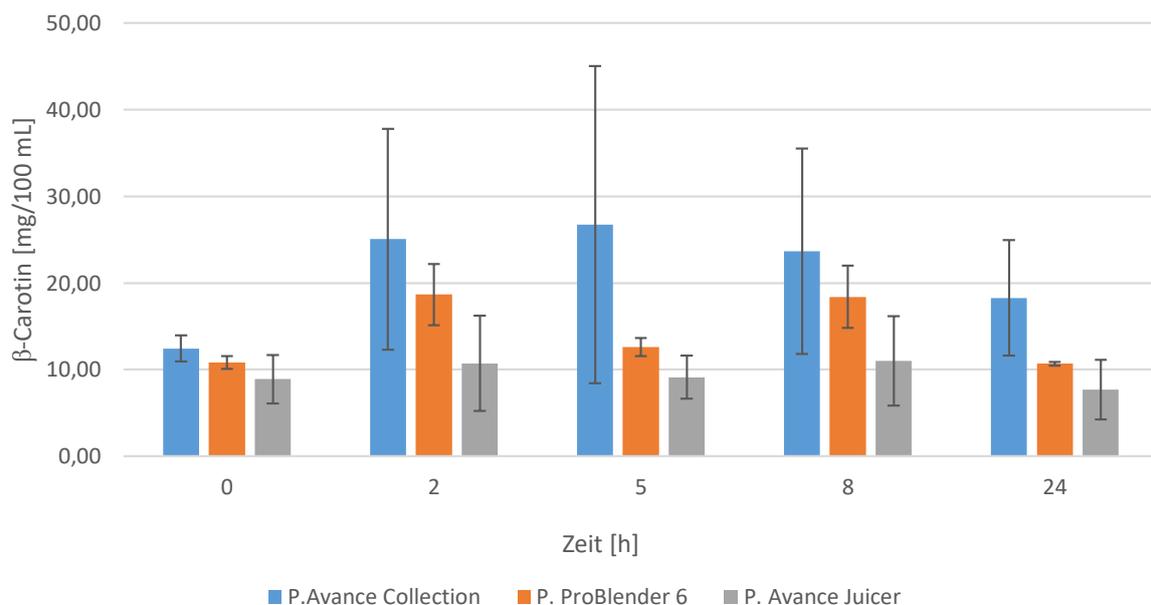
Abbildung 23: β -Carotin im Spinatsaft im Verlauf von 24 h. Die Lagerung erfolgte bei 4 °C und die Säfte wurden mit allen Entsaftern hergestellt.

3. Tomatensaft

Der Gehalt an β -Carotin ist in allen Tomatensäften relativ stabil innerhalb von 24 h. Bei dem Tomatensaft von P. Avance Collection erhält man den höchsten Wert an β -Carotin. Hier ist aber auch die Standardabweichung größer im Vergleich zu den Tomatensäften aus den anderen Entsaftern. Es handelt sich bei den Werten immer um Mittelwerte und auch die Tomaten selber unterliegen saisonalen Schwankungen, auch wenn man sie im gleichen Geschäft von der gleichen Marke kauft, können sie unterschiedliche Konzentrationen an Nährstoffen enthalten. Die Kinetikmessungen wurden dreimal pro Entsafter wiederholt und die ersten beiden Messungen hatten eine viel niedrigere Konzentration an β -Carotin als die dritte Messung, deshalb die höhere Standardabweichung. Die niedrigste Konzentration an β -Carotin befindet sich im Tomatensaft von P. Avance Juicer (Tab. 17, Abb. 24). Im Anhang befinden sich Chromatogramme des Tomatensaftes von P. ProBlender 6, die die Stabilität des β -Carotins im Verlauf von 24 h anzeigen (Abb. 50-54).

Tabelle 17: Stabilität des β -Carotins im Tomatensaft innerhalb von 24 h und gepresst mit allen Entsaftern. Werte entsprechen dem Mittelwert, Std.Abw. = Standardabweichung

TOMATE						
β -Carotin in [mg/100 mL]						
Zeit [h]	P.Avance Collection	Std.Abw.	P. ProBlender 6	Std.Abw.	P. Avance Juicer	Std.Abw.
0	12,4	$\pm 1,5$	10,8	$\pm 0,8$	8,9	$\pm 2,8$
2	25,1	$\pm 12,8$	18,7	$\pm 3,5$	10,7	$\pm 5,5$
5	26,8	$\pm 18,3$	12,6	$\pm 1,0$	9,1	$\pm 2,5$
8	23,7	$\pm 11,9$	18,4	$\pm 3,6$	11,0	$\pm 5,2$
24	18,3	$\pm 6,7$	10,7	$\pm 0,2$	7,7	$\pm 3,4$

**Abbildung 24: β -Carotin im Tomatensaft im Verlauf von 24 h.** Die Lagerung erfolgte bei 4 °C und die Säfte wurden mit allen Entsaftern hergestellt.

4. Gesamtergebnis β -Carotin in Orangen-, Spinat-, und Tomatensaft

Vergleich der verschiedenen Entsafter-Modelle

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der β -Carotin Gehalt in allen Säften stabil ist bei einer Lagerung von 24 h. Für den Orangensaft gibt es keinen bevorzugten Entsafter, bei Tomatensaft ist eine leichte Tendenz für den P. Avance Collection zu sehen und beim Spinatsaft ist der klare Favorit der P. ProBlender 6, obwohl dieser,

wie bereits erwähnt, anstatt einer flüssigen eine eher festere Konsistenz aufweist (Tab. 18, Abb. 25). Laut Literatur sind die β -Carotin-Werte sehr viel niedriger als in den Analysen der Säfte in dieser Arbeit (Ebermann 2011 und Rimbach 2015: Orange mit 0,05 – 0,07 mg/100 g; Spinat mit 5,6 mg/100 g und Tomate mit 0,4 – 0,6 mg/100 g) Es ist eher ungewöhnlich, dass sich andere Carotinoide als das β -Carotin auf der Kieselgelplatte befinden würden, deshalb wäre eine mögliche Erklärung, dass sich durch die Bearbeitung der Orangen, des Spinates und der Tomate, die Werte erhöht haben. In einem Experiment von Simone Loh [Loh 2004] wurde herausgefunden, dass sich die β -Carotin Konzentration, z.B. in der Karotte, nach dem Kochen, Dämpfen oder Dünsten erhöhte, im Vergleich zur Rohware. In dieser Arbeit wurden das Obst und das Gemüse zwar nicht gekocht, gedämpft etc., aber durch die Verarbeitungsmethode entsteht ebenfalls etwas Wärme.

Tabelle 18: Gesamtübersicht des β -Carotin-Gehaltes in den verschiedenen Obst- und Gemüsesäften, hergestellt mit den 3 unterschiedlichen Entsaftern. MW = Mittelwert, Std.Abw. = Standardabweichung.

		P. Avance Collection		P. ProBlender 6		P. Avance Juicer	
ORANGE		β -Carotin in [mg/100 mL]					
Zeit [h]	MW	Std.Abw.	MW	Std.Abw.	MW	Std.Abw.	
0	5,2	$\pm 0,8$	4,0	$\pm 2,7$	4,3	$\pm 0,4$	
2	4,3	$\pm 0,3$	4,8	$\pm 2,7$	5,2	$\pm 0,7$	
5	4,7	$\pm 0,5$	3,8	$\pm 2,3$	4,1	$\pm 0,1$	
8	3,9	$\pm 0,3$	4,0	$\pm 1,9$	5,2	$\pm 0,8$	
24	4,1	$\pm 0,0$	3,5	$\pm 2,2$	4,4	$\pm 0,4$	
SPINAT							
Zeit [h]	MW	Std.Abw.	MW	Std.Abw.	MW	Std.Abw.	
0	7,3	$\pm 2,2$	30,9	$\pm 8,2$	7,1	$\pm 0,7$	
2	6,5	$\pm 1,5$	21,8	$\pm 3,6$	7,0	$\pm 0,7$	
5	6,5	$\pm 1,4$	26,0	$\pm 6,0$	7,2	$\pm 0,2$	
8	6,5	$\pm 1,3$	27,5	$\pm 4,2$	7,3	$\pm 0,5$	
24	6,0	$\pm 1,0$	25,3	$\pm 2,4$	6,7	$\pm 0,5$	
TOMATE							
Zeit [h]	MW	Std.Abw.	MW	Std.Abw.	MW	Std.Abw.	
0	12,4	$\pm 1,5$	10,8	$\pm 0,8$	8,9	$\pm 2,8$	
2	25,1	$\pm 12,8$	18,7	$\pm 3,5$	10,7	$\pm 5,5$	
5	26,8	$\pm 18,3$	12,6	$\pm 1,0$	9,1	$\pm 2,5$	
8	23,7	$\pm 11,9$	18,4	$\pm 3,6$	11,0	$\pm 5,2$	
24	18,3	$\pm 6,7$	10,7	$\pm 0,2$	7,7	$\pm 3,4$	

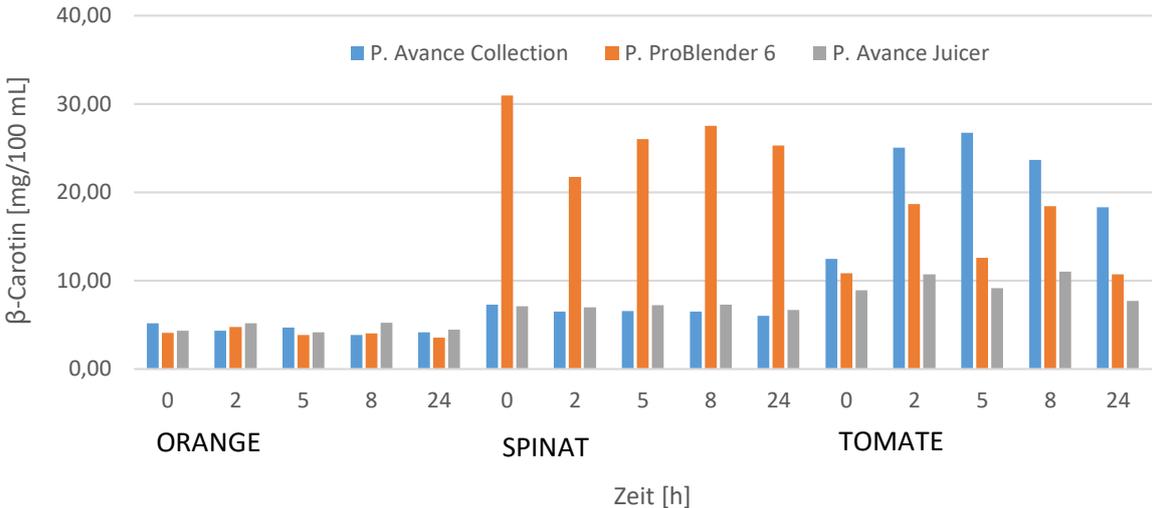


Abbildung 25: Gesamtübersicht des β -Carotin Gehaltes in allen Fruchtsäften, hergestellt mit den 3 verwendeten Entsaftern.

C. Anthocyane

Nachdem das Obst und Gemüse mit den verschiedenen Entsaftern gepresst wurde und die Säfte wie unter „Material und Methoden“ beschrieben behandelt wurden, wurden sie mittels HPLC vermessen. Aus den Ergebnissen wurde der Mittelwert berechnet und tabellarisch und graphisch aufbereitet. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich nur auf Erdbeersaft und roten Traubensaft und sind in milli Absorbance Units (mAU) angegeben.

1. Erdbeersaft

Wie schon in der Literatur [Belitz 2008] angegeben, ist Pelargonidin das vorherrschende Anthocyan in den Erdbeeren mit 20 mg/kg und wie in Tab. 19 und Abb. 26 ersichtlich ist es auch hier mit Abstand das vorherrschende Anthocyan. Die weiteren Anthocyane in Erdbeeren sind Cyanidin-3-glukosid (Cyn-3-glu), Pelargonidin-3-glukosid (Pel-3-glu), Pelargonidin-3-rutinosid (Pel-3-rut) und Malvidin-3-acetylglukosid (Mal-3-ac-glu).

Die Stabilität der verschiedenen Anthocyane ist relativ konstant innerhalb der 24 h. Der höchste Anteil an Cyn-3-glu ist sowohl im Erdbeersaft von P. ProBlender 6 als auch von P. Avance Juicer. Im Saft von P. Avance Collection ist die Konzentration an Cyn-3-glu deutlich niedriger. Der Saft von P. Avance Juicer weist die höchsten Konzentrationen an Pel-3-rut und Mal-3-ac-glu auf. Im Erdbeersaft von P. Avance Collection waren die niedrigsten Werte an Anthocyanen zu finden. Im Anhang ist ein Chromatogramm mit den Anthocyanen des Erdbeersaftes von P. ProBlender 6 beschrieben (Abb. 55)

Tabelle 19: Stabilität der Anthocyane im Erdbeersaft. Vergleich der verwendeten Saftpresen. [mAU] = milli absorbance unit - entspricht der Peakfläche; Cyanidin-3-glukosid (Cyn-3-glu), Pelargonidin-3-glukosid (Pel-3-glu), Pelargonidin-3-Rutinosid (Pel-3-rut), Malvidin-3-acetyl-glykosid (Mal-3-ac-glu).

Zeit [h]		Area [mAU]			
P. Avance Collection	Cyn-3-glu	Pel-3-glu	Pel-3-rut	Mal-3-ac-glu	
0	7,9	497,6	25,6	4,6	
2	8,3	571,0	29,7	5,9	
5	8,8	599,7	32,9	6,2	
8	8,7	602,8	32,3	6,4	
24	8,3	487,5	34,3	5,7	
P. ProBlender 6	Cyn-3-glu	Pel-3-glu	Pel-3-rut	Mal-3-ac-glu	
0	22,6	621,3	35,2	7,2	
2	21,7	588,6	34,4	7,5	
5	23,8	636,2	37,2	7,9	
8	23,8	606,1	36,4	7,7	
24	21,7	599,1	35,1	6,8	
P. Avance Juicer	Cyn-3-glu	Pel-3-glu	Pel-3-rut	Mal-3-ac-glu	
0	25,0	704,9	74,6	13,7	
2	24,4	667,2	72,5	14,7	
5	24,4	667,5	71,9	15,5	
8	25,4	704,8	74,7	17,4	
24	24,0	700,8	73,4	17,2	

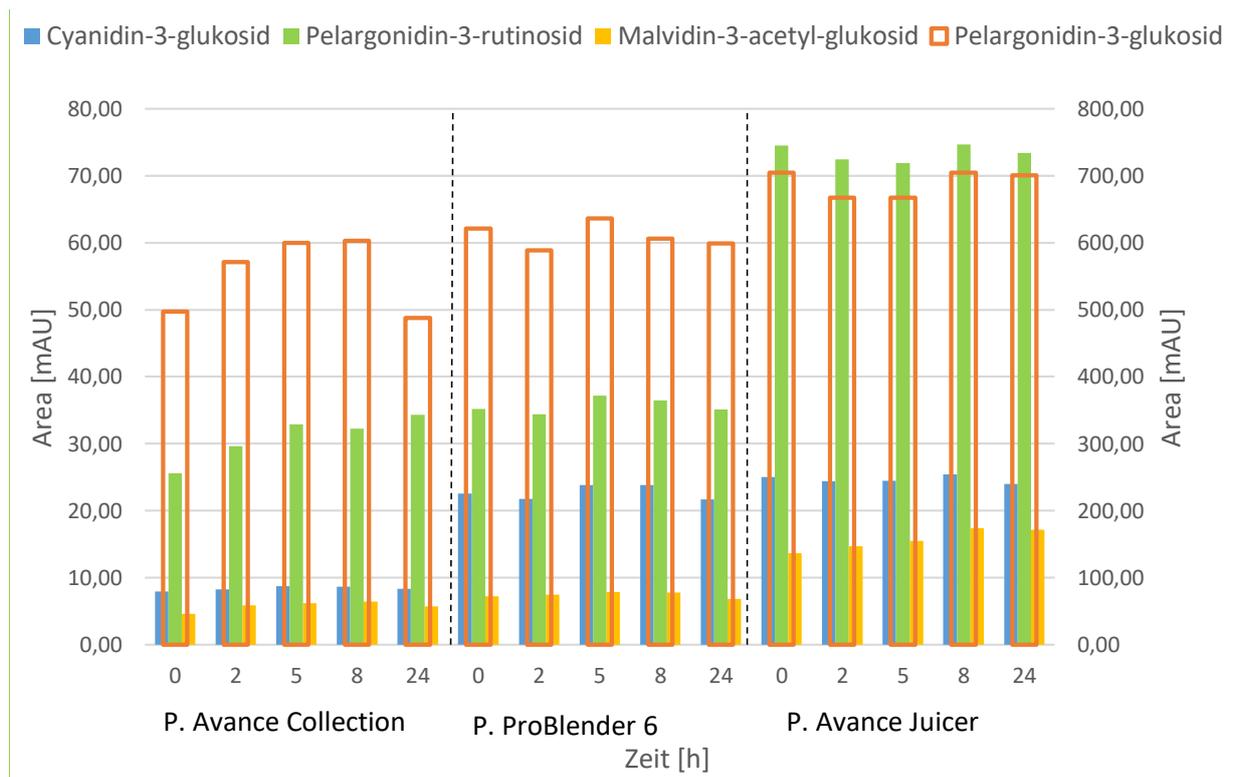


Abbildung 26: Stabilität der Anthocyane im Erdbeersaft innerhalb von 24 h, hergestellt mit allen Entsaftern. Für Pelargonidin-3-glukosid (Orangener Balken) gilt die rechte Skala.

2. Traubensaft

Laut Literatur [Belitz 2008] sind in Weintrauben die Glykoside von Peonidin und Malvidin vorherrschend und nur kleinere Mengen an Cyanidin, Delphinidin und Petunidin, wobei der Gehalt sehr stark sortenabhängig ist. In dieser Arbeit sind in den verwendeten Trauben die Glykoside von Delphinidin und Petunidin vorherrschend und Cyanidin und Peonidin nur in geringeren Mengen vorhanden (Tab. 20, Abb. 27).

Analysiert wurden die Anthocyane Delphinidin-3-glukosid (Del-3-gly), Cyanidin-3-glukosid (Cyn-3-gly), Petunidin-3-glukosid (Pet-3-glu) und Peonidin-3-glukosid (Peo-3-glu). Der höchste Anteil an allen 4 gemessenen Anthocyanen ist im Traubensaft des P. ProBlender 6. Den niedrigsten Anteil findet man im Saft von P. Avance Juicer. Hier ist die Konzentration an Cyn-3-glu und Peo-3-glu zu gering, um mittels HPLC erfasst werden zu können.

Die Anthocyane sind relativ stabil, zeigen aber eine leichte Abnahme nach 24 h. Einzige Ausnahme ist Del-3-glu. In allen Traubensäften ist eine viel stärkere Abnahme im Vergleich zu den anderen Anthocyanen erkennbar. Der Gehalt an Anthocyanen ist sehr sortenabhängig bzw. reagieren sie sehr empfindlich auf Licht, UV-Strahlung, Temperatur und pH-Wert Veränderungen.

Tabelle 20: Stabilität der Anthocyane im Weintraubensaft. Vergleich der verwendeten Saftpresen. [mAU] = milli absorbance unit - entspricht der Peakfläche.

Zeit [h]	Area [mAU]			
	Del-3-glu	Cyn-3-glu	Pet-3-glu	Peo-3-glu
P. Avance Collection				
0	84,0	1,8	45,6	2,8
2	61,5	1,7	37,0	3,5
5	59,1	1,8	35,6	3,2
8	65,1	2,8	35,3	3,5
24	54,8	1,3	33,6	2,2
P. ProBlender 6				
0	157,0	9,2	94,9	11,7
2	122,2	7,6	81,1	10,8
5	108,3	7,1	77,3	10,7
8	82,6	9,0	71,4	9,8
24	91,8	6,5	74,3	10,0
P. Avance Juicer				
0	31,6		6,8	
2	20,2		14,6	
5	9,4		8,8	
8	4,4		4,6	
24	2,4		1,3	

Die Mengen an Delphinidin-3-glukosid und Petunidin-3-glukosid sind höher als die der anderen Anthocyane, aus diesem Grund wurde eine Sekundärachse (rechte Achse) erstellt (Abb. 27).

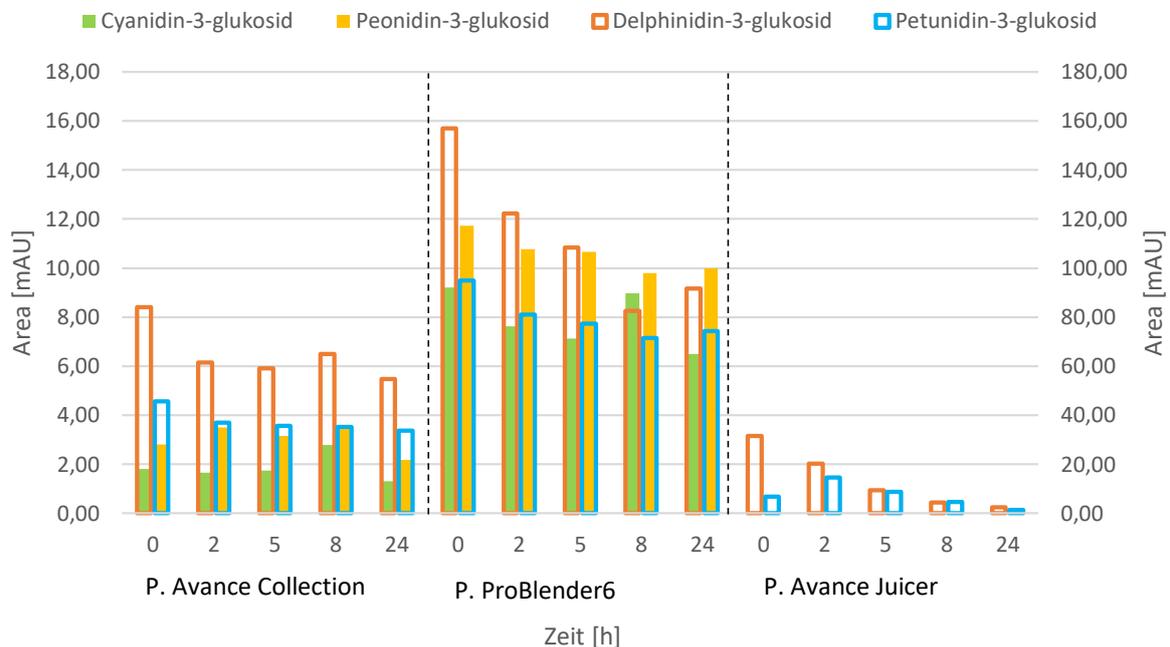


Abbildung 27: Stabilität der Anthocyane im Traubensaft innerhalb von 24 h, hergestellt mit allen Entsaftern. Für Delphinidin-3-glukosid (orangener Balken) und Petunidin-3-glukosid (blauer Balken) gilt die rechte Skala.

3. Gesamtergebnis Anthocyane in Erdbeeren- und Traubensaft

Vergleich der verschiedenen Entsafter-Modelle

Zusammenfassend gesehen, sind die Anthocyane über einen Zeitraum von 24 h stabil bis Delphinidin-3-glukosid im Traubensaft von allen Entsaftern. Um den größten Anteil an Anthocyanen im Erdbeersaft zu erhalten, ist der P. Avance Juicer die beste Wahl, wohingegen er beim Traubensaft die schlechteren Ergebnisse erzielte. Hier eignet sich der P. ProBlender 6 besser (Vergleich der Daten von Tab. 19, mit Tab. 20).

Beim Entsaften mit dem P. ProBlender 6 werden die Schalenbestandteile nicht abgetrennt und die Anthocyane befinden sich vorwiegend in den Randschichten der

Pflanzen wie Epidermis- und Subepidermiszellen [Watzl 2002], dadurch erhält man hier höhere Werte, vor allem bei den Weintrauben.

Der P. Avance Juicer presst durch seine sich rotierende Schneckenpresse den Saft langsamer aus der Frucht als der P. Avance Collection mit seiner sich schnell drehenden Zentrifuge. P. ProBlender 6 hat wiederum den Vorteil, dass die Fruchtbestandteile und der Saft nicht getrennt werden. Daher sind für den Erdbeersaft P. Avance Juicer und P. ProBlender 6 am besten geeignet.

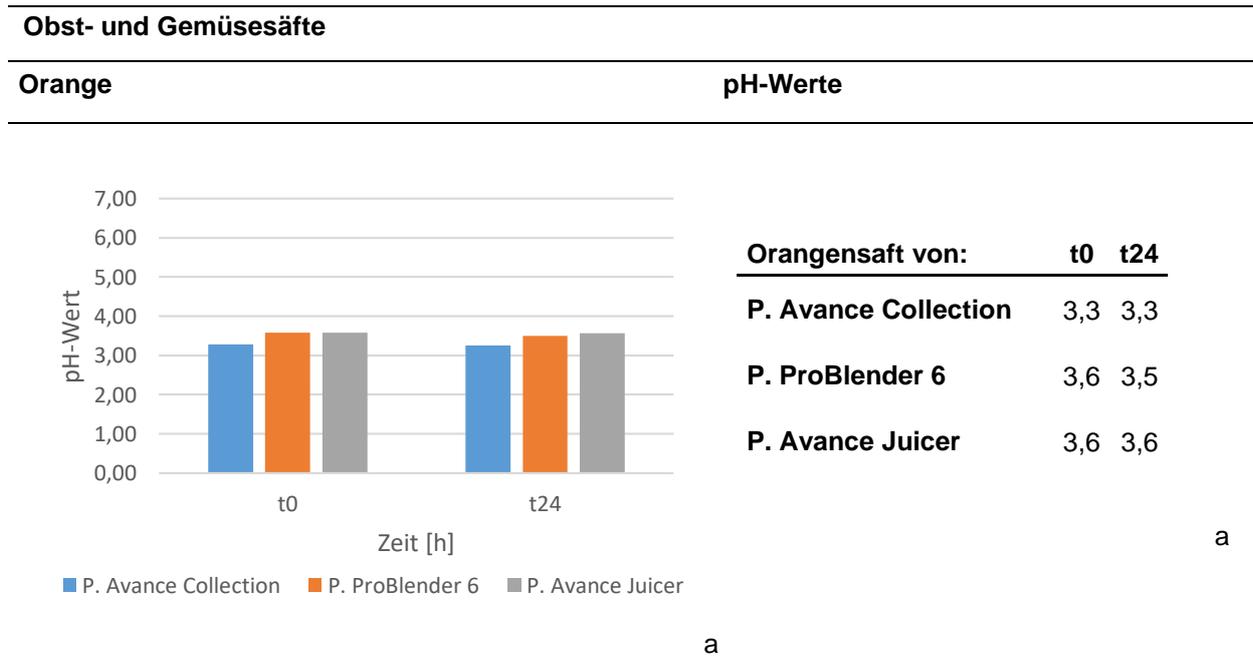
D. pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration

Das Obst und Gemüse wurde wie in „Material und Methoden“ beschrieben behandelt, die Messungen durchgeführt und sind hier tabellarisch und graphisch ausgewertet. Jahreszeitlich bedingt wurden Erdbeeren und Spinat als Tiefkühlware gekauft.

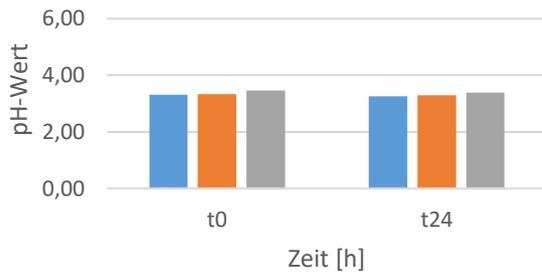
1. pH-Wert in den Säften

Der pH-Wert ist stabil über einen Zeitraum von 24 h bei einer Lagerung von 4 °C. Innerhalb der verschiedenen Entsafter-Modelle gibt es kaum bis maximal sehr kleine Unterschiede. Die Säfte aller Entsafter von Orange, Erdbeere, Apfel und Weintraube haben die niedrigsten pH-Werte im Bereich von 3,3 - 3,6, sowohl in den frisch gepressten als auch in den 24 h gelagerten Säften. Tomatensaft hat einen pH-Bereich von 4,0 bis 4,3 und Spinatsaft von 6,8 (Tab. 21, Abb. 28).

Tabelle 21: pH-Wert der Obst- und Gemüsesäfte. Abb. a-f und Tab. a-f: Differenz des pH-Wertes der frisch gepressten Säfte (t0) mit den jeweiligen 24 h (t24) gelagerten Säften. Vergleich der Entsafter-Modelle.



Erdbeere



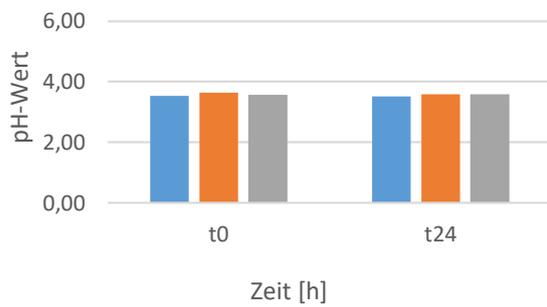
Erdbeersaft von:	t0	t24
P. Avance Collection	3,3	3,3
P. ProBlender 6	3,3	3,3
P. Avance Juicer	3,5	3,4

■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6 ■ P. Avance Juicer

b

b

Apfel



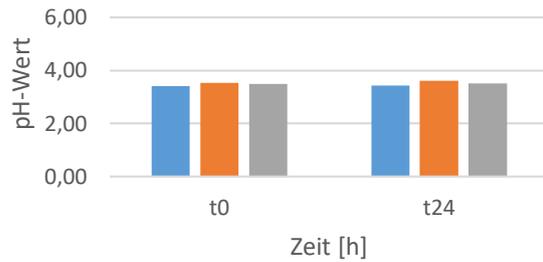
Apfelsaft von:	t0	t24
P. Avance Collection	3,5	3,5
P. ProBlender 6	3,6	3,6
P. Avance Juicer	3,6	3,6

■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6 ■ P. Avance Juicer

c

c

Weintraube



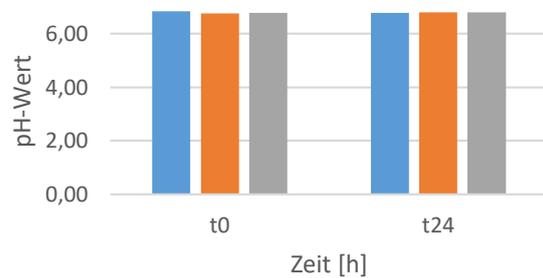
■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6 ■ P. Avance Juicer

Traubensaft von:	t0	t24
P. Avance Collection	3,4	3,4
P. ProBlender 6	3,5	3,6
P. Avance Juicer	3,5	3,5

d

d

Spinat



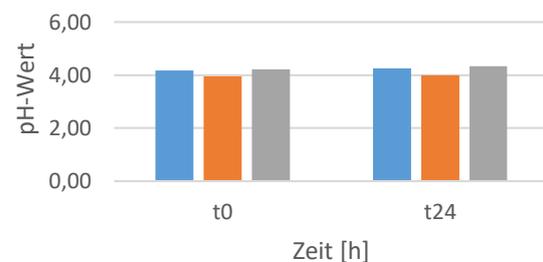
■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6 ■ P. Avance Juicer

Spinatsaft von:	t0	t24
P. Avance Collection	6,8	6,8
P. ProBlender 6	6,8	6,8
P. Avance Juicer	6,8	6,8

e

e

Tomate



■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6 ■ P. Avance Juicer

Tomatensaft von:	t0	t24
P. Avance Collection	4,2	4,3
P. ProBlender 6	4,0	4,0
P. Avance Juicer	4,2	4,3

f

f

a) Gesamtergebnis der pH-Wert Messung in allen Säften*Vergleich der verschiedenen Entsafter-Modelle*

Zusammenfassend sind die pH-Werte relativ stabil über einen Zeitraum von 24 h und einer Lagerung von 4 °C (Tab. 22, Abb. 28). Die Hauptsäuren in Obst und Gemüse sind Apfelsäure und Zitronensäure. Im Obst ist davon mehr enthalten als im Gemüse, deshalb ist, mit Ausnahme der Tomate, der pH-Wert überall niedriger als im Spinatsaft [Belitz 2008].

Tabelle 22: pH-Wert der frisch gepressten Säfte im Vergleich zu den 24 h gelagerten Säften aller Entsafter-Modelle.

Obst- und Gemüsesaft von:	pH-Wert	
	t0	t24
Philips Avance Collection		
Orange	3,3	3,3
Erdbeere	3,3	3,3
Apfel	3,5	3,5
rote Traube	3,4	3,4
Spinat	6,8	6,8
Tomate	4,2	4,3
Philips ProBlender 6		
Orange	3,6	3,5
Erdbeere	3,3	3,3
Apfel	3,6	3,6
rote Traube	3,5	3,6
Spinat	6,8	6,8
Tomate	4,0	4,0
Philips Avance Juicer		
Orange	3,6	3,6
Erdbeere	3,5	3,4
Apfel	3,6	3,6
rote Traube	3,5	3,5
Spinat	6,8	6,8
Tomate	4,2	4,3

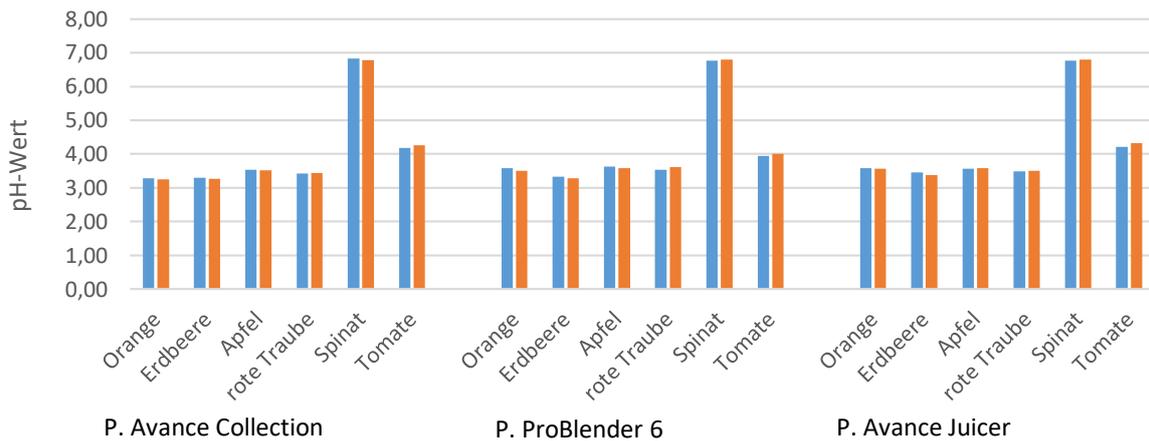


Abbildung 28: pH-Werte der frisch gepressten Säfte als auch der 24 h gelagerten Säfte aller Entsafter-Modelle.

2. Elektrische Leitfähigkeit in den Säften

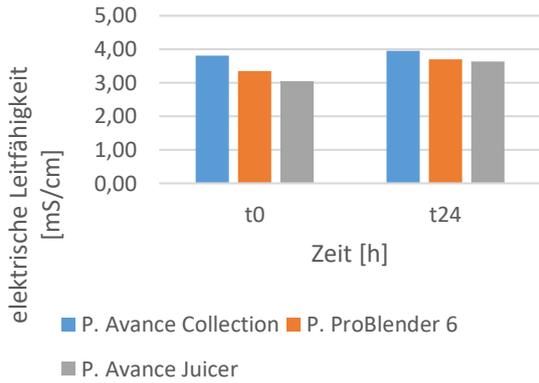
Die Leitfähigkeit (Summe der Salze, Säuren und Basen) ist relativ stabil in allen Säften über einen Zeitraum von 24 h und bei einer Lagertemperatur von 4 °C. Lediglich bei den Weintraubensäften von allen 3 Entsaftern ist eine höhere Abnahme im Vergleich zu den anderen Säften zu erkennen (Tab. 23, Abb. 29).

Tabelle 23: Elektrische Leitfähigkeit der Obst- und Gemüsesäfte. Abb. und Tab. a-f: Differenz des Leitwertes der frisch gepressten Säfte (t0) mit den jeweiligen 24 h (t24) gelagerten Säften aller Entsafter-Modelle.

Obst- und Gemüsesäfte		Elektrische Leitfähigkeit [mS/cm]	
Orange		t0	t24
	P. Avance Collection	4,4	4,3
	P. ProBlender 6	2,8	2,9
	P. Avance Juicer	4,4	4,5

a

Erdbeere

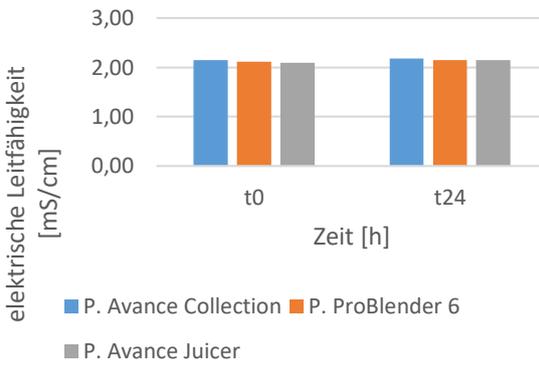


Erdbeersaft von:	t0	t24
P. Avance Collection	3,8	4,0
P. ProBlender 6	3,3	3,7
P. Avance Juicer	3,0	3,6

b

b

Apfel

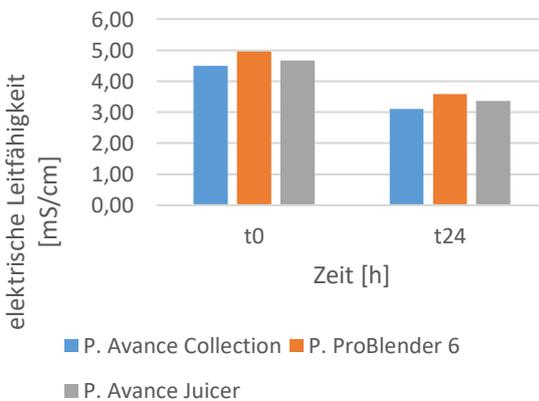


Apfelsaft von:	t0	t24
P. Avance Collection	2,2	2,2
P. ProBlender 6	2,1	2,2
P. Avance Juicer	2,1	2,2

c

c

Weintraube

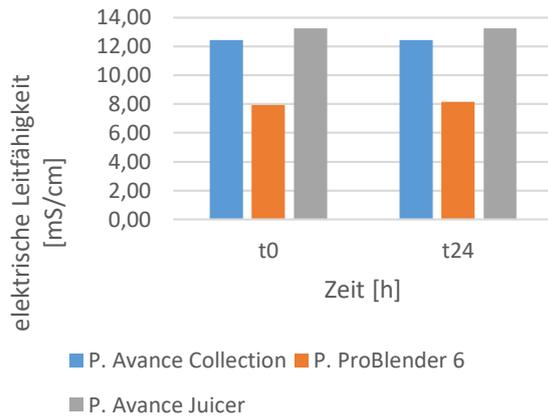


Traubensaft von:	t0	t24
P. Avance Collection	4,5	3,1
P. ProBlender 6	5,0	3,6
P. Avance Juicer	4,7	3,4

d

d

Spinat

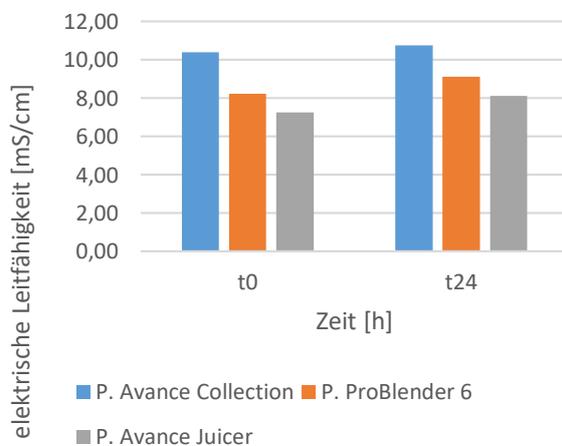


Spinatsaft von:	t0	t24
P. Avance Collection	12,4	12,5
P. ProBlender 6	7,9	8,2
P. Avance Juicer	13,3	13,2

e

e

Tomate



Tomatensaft von:	t0	t24
P. Avance Collection	10,4	10,8
P. ProBlender 6	8,2	9,1
P. Avance Juicer	7,3	8,1

f

f

a) Gesamtergebnis elektrische Leitfähigkeit in allen Säften

Vergleich der verschiedenen Entsafter-Modelle

Zusammenfassend ist die elektrische Leitfähigkeit in den Säften über einen Zeitraum von 24 h bei einer Lagerung von 4 °C relativ stabil mit Ausnahme der Weintraubensäfte von allen Entsafter-Modellen. Die höchsten Werte sind im Erdbeer-, Apfel und Tomatensaft von P. Avance Collection zu finden. Im Orangen- und Spinatsaft sind die

höchsten Werte von P. Avance Juicer und im Traubensaft von P. ProBlender 6 (Tab. 24, Abb. 29).

In Obst gibt es mehr Fruchtsäuren wie die Apfelsäure und die Zitronensäure und in Gemüse sind mehr Mineralstoffe vorhanden. Der Spinatsaft von P. Avance Collection und P. Avance Juicer hat die größte Leitfähigkeit. Er hat auch einen hohen Anteil an Oxalsäure und Mineralstoffen [Ebermann 2011, LM-Warenkunde]. Die niedrigste Leitfähigkeit und somit die wenigsten Säuren, Basen und Salze hat der Apfelsaft von allen drei Entsaftern.

Tabelle 24: Elektrische Leitfähigkeit der frisch gepressten Säfte im Vergleich mit den 24 h gelagerten Säften aller Entsafter-Modelle.

Obst- und Gemüsesaft von:	elektrische Leitfähigkeit [mS/cm]	
Philips Avance Collection	t0	t24
Orange	4,4	4,3
Erdbeere	3,8	4,0
Apfel	2,2	2,2
rote Traube	4,5	3,1
Spinat	12,4	12,5
Tomate	10,4	10,8
Philips ProBlender 6	t0	t24
Orange	2,8	2,9
Erdbeere	3,3	3,7
Apfel	2,1	2,2
rote Traube	5,0	3,6
Spinat	7,9	8,2
Tomate	8,2	9,1
Philips Avance Juicer	t0	t24
Orange	4,4	4,5
Erdbeere	3,0	3,6
Apfel	2,1	2,2
rote Traube	4,7	3,4
Spinat	13,3	13,2
Tomate	7,3	8,1

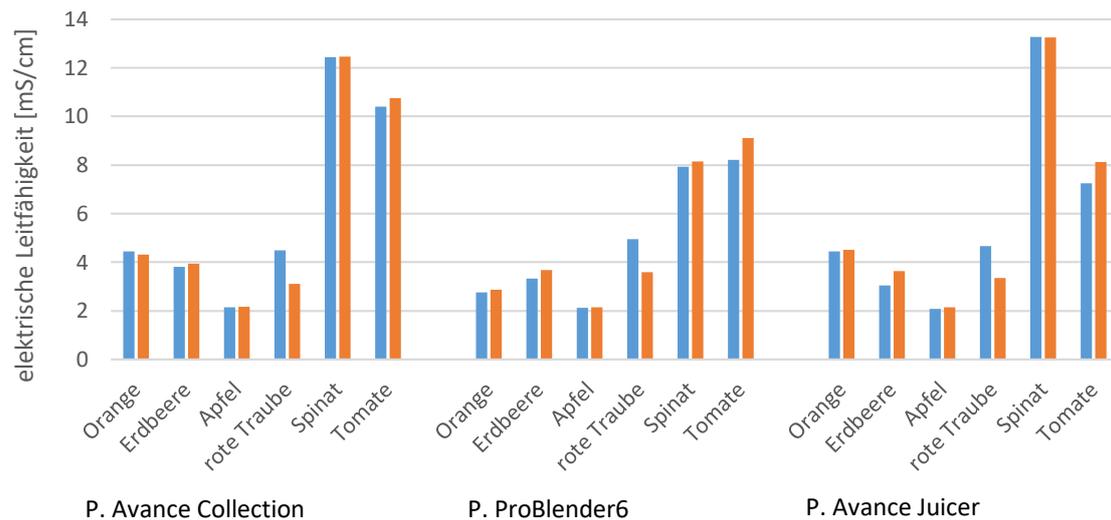


Abbildung 29: Elektrische Leitfähigkeit der frisch gepressten Säfte als auch der 24 h gelagerten Säfte aller Entsafter-Modelle.

3. Sauerstoffkonzentration in den Säften

In den meisten Säften ist die Sauerstoffkonzentration stabil in einem Zeitrahmen von 24 h und einer Lagerung bei 4 °C. Der Sensor, mit dem die Sauerstoffkonzentration gemessen wurde, ist sehr klein. Die grün markierten Proben in Tab.25, grün markiert wurden nicht zentrifugiert – die nicht markierten Proben wurden vorher zentrifugiert, um eine Beschädigung des Sensors zu vermeiden.

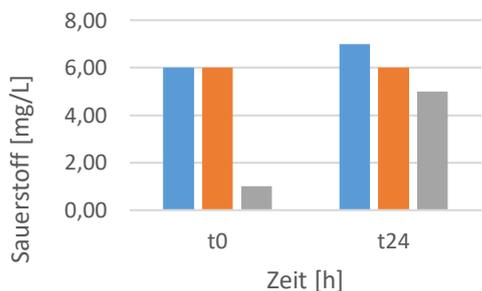
Der Sensor wurde in die Saftproben gehalten und der Wert, der sich nach ca. 30 bis 60 sec. einstellte und stabil blieb wurde notiert. Einige Säfte (**Apfel** t0 P. ProBlender 6 und t0+t24 von P. Avance Juicer; **Traube** t0 P. Avance Juicer und **Tomate** t0+t24 P. Avance Collection) erreichten jedoch keinen stabilen Wert, stattdessen sank die Sauerstoffkonzentration rapide ab (Tab. 25 rot markiert).

Tabelle 25: Sauerstoffkonzentration der frisch gepressten Säfte im Vergleich zu den 24 h gelagerten Säften aller Entsafter-Modelle. Abb. und Tab. a-f: Grün = Probe wurde nicht zentrifugiert; Rot = Wert ist nicht konstant, t0 = frisch gepresst, t24 = 24 h gelagert.

Obst- und Gemüsesäfte

Orange

Sauerstoff [mg/L]



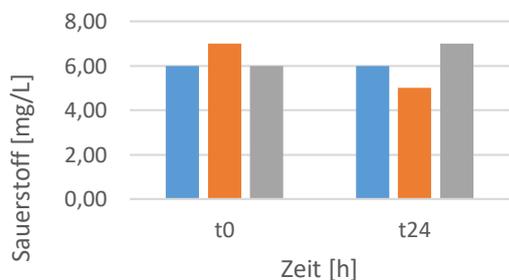
Orangesaft von:	t0	t24	Differenz
P. Avance Collection	6	7	+1
P. ProBlender 6	6	6	0
P. Avance Juicer	1	5	+4

a

■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6
■ P. Avance Juicer

a

Erdbeere



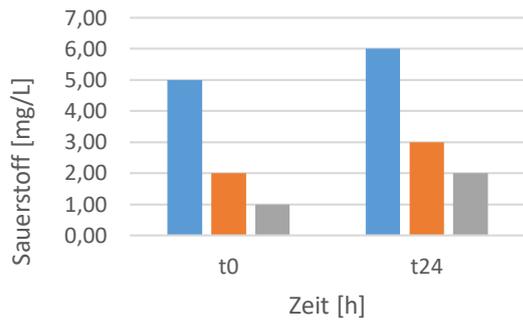
Erdbeersaft von:	t0	t24	Differenz
P. Avance Collection	6	6	0
P. ProBlender 6	7	5	-2
P. Avance Juicer	6	7	+1

b

■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6
■ P. Avance Juicer

b

Apfel



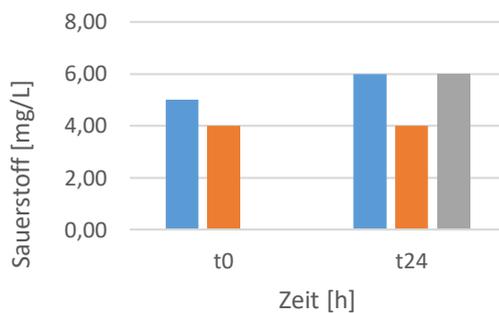
■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6
■ P. Avance Juicer

Apfelsaft von:	t0	t24	Differenz
P. Avance Collection	5	6	+1
P. ProBlender 6	2	3	+1
P. Avance Juicer	1	2	+1

c

c

Weintraube



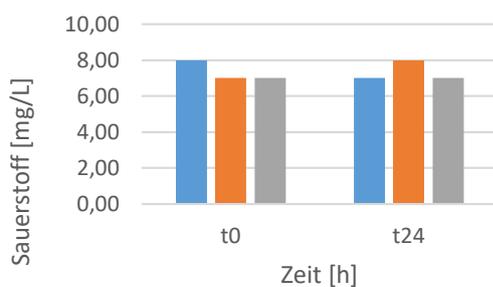
■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6
■ P. Avance Juicer

Traubensaft von:	t0	t24	Differenz
P. Avance Collection	5	6	+1
P. ProBlender 6	4	4	0
P. Avance Juicer	0	6	+6

d

d

Spinat

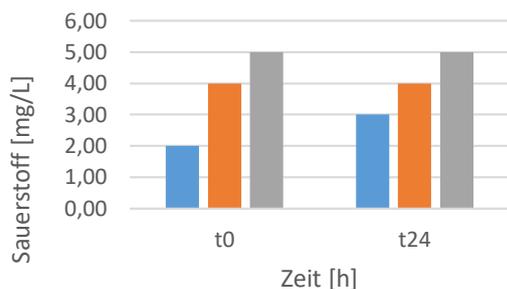


■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6
■ P. Avance Juicer

Spinatsaft von:	t0	t24	Differenz
P. Avance Collection	8	7	-1
P. ProBlender 6	7	8	+1
P. Avance Juicer	7	7	0

e

e

Tomate

Tomatensaft von:	t0	t24	Differenz
P. Avance Collection	2	3	+1
P. ProBlender 6	4	4	0
P. Avance Juicer	5	5	0

■ P. Avance Collection ■ P. ProBlender 6
■ P. Avance Juicer

f

f

a) Gesamtergebnisse Sauerstoffkonzentration in allen Säften*Vergleich der verschiedenen Entsafter-Modelle*

Wie bereits oben erwähnt, ist die Sauerstoffkonzentration bei den meisten Säften stabil und es gibt keine signifikanten Zu- oder Abnahmen innerhalb von 24 h. Einzig der Orangensaft von P. Avance Juicer zeigt einen Konzentrationssprung von 1 mg/L auf 5 mg/L nach 24 h. Bei einigen Säften (Tab. 26 rot markiert) konnten keine stabilen Werte während der Messung erhalten werden, da die Sauerstoffkonzentration rapide abnahm. Die höchste Sauerstoffkonzentration befindet sich in allen 3 Spinatsäften und die niedrigste in allen 3 Tomatensäften (Abb. 30).

Sauerstoff kann Vitamin C zerstören [Bützer 2009]. Jedoch wurde in dieser Arbeit kein Zusammenhang festgestellt. Der rapide Vitamin C-Abfall von Tomatensaft aus P. Avance Collection würde durch eine hohe Sauerstoffkonzentration erklärt werden können, aber das Gegenteil war der Fall, hier war am wenigsten Sauerstoff vorhanden. Auch ein Zusammenhang zwischen Sauerstoffkonzentration und Wachstum der Bakterien- und Hefekulturen konnte nicht festgestellt werden. Laut Lösche (2000) wachsen weniger Mikroorganismen, je weniger Sauerstoff vorhanden ist. Jedoch hatte der Apfelsaft von P. Avance Juicer die niedrigste Sauerstoffkonzentration und die höchste Anzahl an Hefe-Kolonien.

Tabelle 26: Sauerstoffkonzentration der frisch gepressten Säfte im Vergleich mit den 24 h gelagerten Säften aller Entsafter-Modelle. Grün = Probe wurde nicht zentrifugiert; Rot = Wert ist nicht konstant.

Obst- und Gemüsesaft von	Sauerstoff [mg/L]		
	t0	t24	Differenz
Philips Avance Collection			
Orange	6	7	+1
Erdbeere	6	6	0
Apfel	5	6	+1
rote Traube	5	6	+1
Spinat	8	7	-1
Tomate	2	3	+1
Philips ProBlender 6			
Orange	6	6	0
Erdbeere	7	5	-2
Apfel	2	3	+1
rote Traube	4	4	0
Spinat	7	8	+1
Tomate	4	4	0
Philips Avance Juicer			
Orange	1	5	+4
Erdbeere	6	7	+1
Apfel	1	2	+1
rote Traube	0	6	+6
Spinat	7	7	0
Tomate	5	5	0

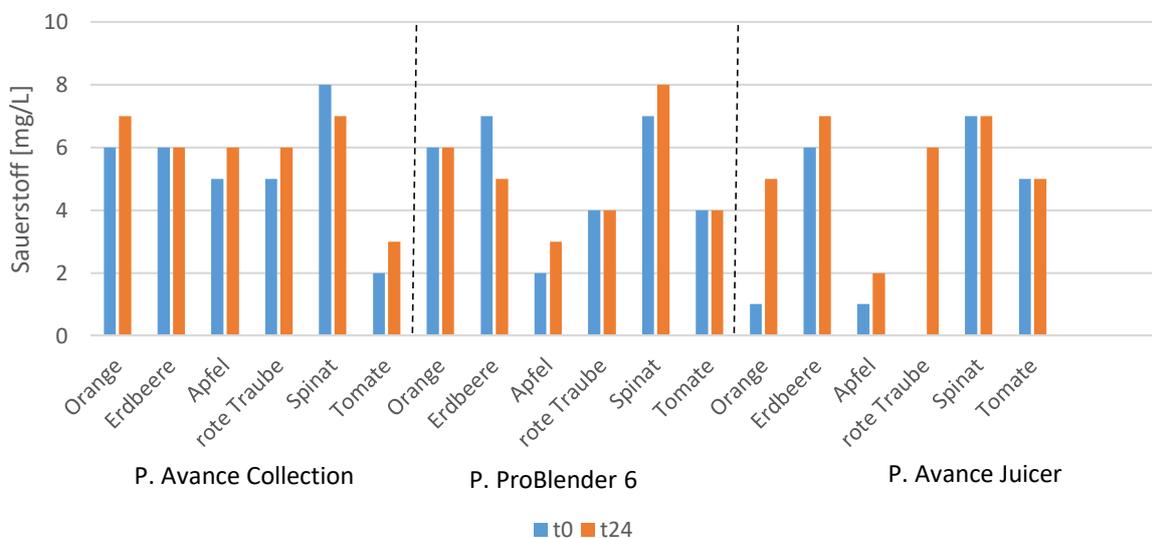


Abbildung 30: Sauerstoffkonzentration der frisch gepressten Säfte als auch der 24 h gelagerten Säfte aller Entsafter-Modelle.

E. Totale anti-oxidative Kapazität (TAC)

Die Säfte aller verwendeten Obst- und Gemüsesorten wurden frisch gepresst und danach bei -18 °C aufbewahrt. Ein aliquoter Teil jedes Saftes wurde zusätzlich 24 h bei 4 °C aufbewahrt. Am Tag der Analyse wurden die Proben aufgetaut und mit den Lösungen des TAC Assay Kits versehen (Doppelbestimmungen). Ein Schema der Auftragung ist in Tab. 27 zu sehen.

Tabelle 27: Beschriftungsschema des TAC-Assays. Grau: Std = Standard = Trolox in [mmol/L]; Std. A = 0 mmol/L; Std. B = 0,375 mmol/L; Std. C = 0,75 mmol/L; Std. D = 1,5 mmol/L; Std. E = 3 mmol/L; Blau: Ctr 1&2 = Kontrolle; M1 = Philips Avance Collection, M2 = Philips ProBlender 6, M3 = Philips Avance Juicer; S = Spinat (dunkelgrün), T = Tomate (dunkelrot), W = rote Weintraube (violett), A = Apfel (hellgrün), O = Orange (orange), E = Erdbeere (hellrot); t0 = Frisch gepresst, t24 = 24 h gelagerter Fruchtsaft (gekühlt bei 4 °C).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	Std A	Std B	Std C	Std D	Std E	Ctr 1	Ctr 2	Keine Probe vorhanden, nur Lösungen des Assays – wird nicht ausgewertet				
B	Std A	Std B	Std C	Std D	Std E	Ctr 1	Ctr 2					
C	M1 S t0	M1 S t24	M2 S t0	M2 S t24	M3 S t0	M3 S t24	M1 T t0	M1 T t24	M2 T t0	M2 T t24	M3 T t0	M3 T t24
D	M1 S t0	M1 S t24	M2 S t0	M2 S t24	M3 S t0	M3 S t24	M1 T t0	M1 T t24	M2 T t0	M2 T t24	M3 T t0	M3 T t24
E	M1 W t0	M1 W t24	M2 W t0	M2 W t24	M3 W t0	M3 W t24	M1 A t0	M1 A t24	M2 A t0	M2 A t24	M3 A t0	M3 A t24
F	M1 W t0	M1 W t24	M2 W t0	M2 W t24	M3 W t0	M3 W t24	M1 A t0	M1 A t24	M2 A t0	M2 A t24	M3 A t0	M3 A t24
G	M1 O t0	M1 O t24	M2 O t0	M2 O t24	M3 O t0	M3 O t24	M1 E t0	M1 E t24	M2 E t0	M2 E t24	M3 E t0	M3 E t24
H	M1 O t0	M1 O t24	M2 O t0	M2 O t24	M3 O t0	M3 O t24	M1 E t0	M1 E t24	M2 E t0	M2 E t24	M3 E t0	M3 E t24

In Abb. 31 sind bereits alle Lösungen inklusive Proben enthalten. Die blaue Farbe resultiert von dem Indikatorenzym Tetramethylbenzidin, welches durch die Peroxidase oxidiert wurde. In Abb. 32 wurde die Stopp-Lösung hinzugefügt, die die enzymatische Reaktion durch ein Absinken des pH-Wertes stoppt. Tetramethylbenzidin wurde nochmals oxidiert und dadurch gelb gefärbt. Die Gelbfärbung kann bei einer Absorption bei 450 nm gemessen werden. Je heller die Farbe, desto stärker ist die anti-oxidative Kapazität.

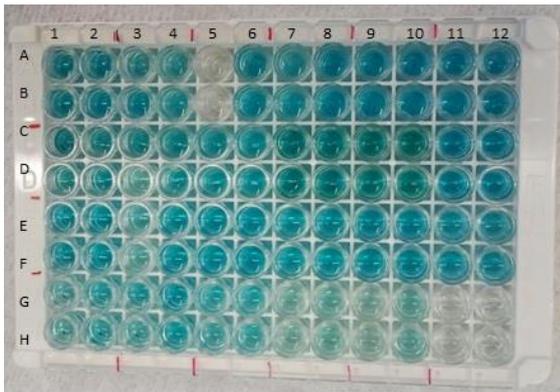


Abbildung 31: Anti-oxidative Kapazität der Obst- und Gemüsesäfte. Enzymatische Oxidation des Tetramethylbenzidins.

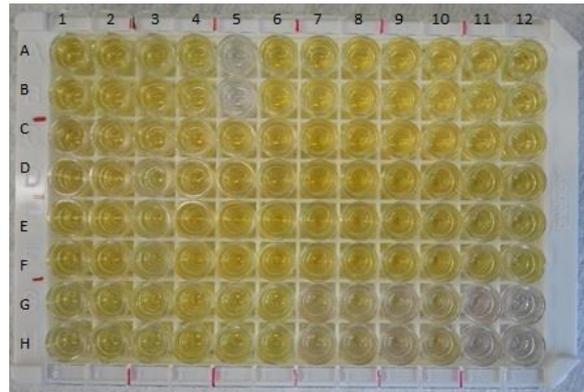


Abbildung 32: Anti-oxidative Kapazität der Obst- und Gemüsesäfte. Nach der Inkubationszeit und Zugabe der Stopp-Lösung (=Absenkung des pH-Wertes).

In Abb. 31 und 32, jeweils von A5-B5 (Doppelbestimmung) befinden sich die Trolox-Lösungen mit aufsteigender Konzentration von links nach rechts. Die höchste Konzentration an Trolox ergibt die niedrigsten Absorptionswerte (Tab. 28).

Der Bereich G+H 7-12 erscheint auf beiden Abbildungen am hellsten. Das bedeutet, dass der Erdbeersaft die höchste anti-oxidative Kapazität verglichen mit den anderen Obst- und Gemüsesäften hat. Der gegenteilige Fall, die dunkelste Farbe und somit die niedrigste anti-oxidative Kapazität hat der Tomatensaft (Vergleich mit Auftragsschema Tab. 27).

Tabelle 28: Absorption der Fruchtsäfte bei 450 nm. Gemessen in frisch gepressten Säften und nach 24 h (t0, t24). Vergleich der verschiedenen Entsafter Modelle.

Absorption bei 450 nm						
Obst- und Gemüsesäfte	P. Avance Collection		P. ProBlender 6		P. Avance Juicer	
	t0	t24	t0	t24	t0	t24
Orange	0,840	1,184	1,001	1,498	1,017	1,028
Erdbeere	0,461	0,585	0,374	0,646	0,115	0,143
Apfel	1,545	1,733	1,844	1,876	1,593	1,658
Weintraube	1,712	1,799	0,811	1,717	1,885	1,909
Spinat	1,445	1,349	0,915	1,340	1,334	1,355
Tomate	2,257	2,258	2,242	2,252	2,165	2,159

Die Standardgerade wurde mit den Absorptionswerten der Standards A-E (0–3 mmol/L Trolox) erstellt. Die Geradengleichung lautet: $y = -1,6532x + 3,0631$ ($R^2 = 0,9952$)

Die Ergebnisse der anti-oxidativen Kapazitäten der einzelnen Obst- und Gemüsesäfte wurden in Tab. 29 und 30 zusammengefasst.

Tabelle 29: Anti-oxidative Kapazität der verschiedenen Obst- und Gemüsesäfte. Vergleich der frisch gepressten Säfte (t0) mit den 24 h (t24) bei 4 °C gelagerten Säften und zwischen den verschiedenen Entsafter Modellen.

Entsafter	Troloxäquivalente [mmol/L]					
	P. Avance Collection		P. ProBlender 6		P. Avance Juicer	
	t0	t24	t0	t24	t0	t24
Obst und Gemüse						
Orange	13,5	11,4	12,5	9,5	12,4	12,3
Erdbeere	15,7	15,0	16,3	14,6	17,8	17,7
Apfel	9,2	8,0	7,4	7,2	8,9	8,5
Weintraube	8,2	7,7	13,6	8,1	7,1	7,0
Spinat	9,8	10,4	13,0	10,4	10,5	10,3
Tomate	4,9	4,9	5,0	4,9	5,4	5,5

Die höchste anti-oxidative Kapazität hat der Erdbeersaft, zubereitet mit P. Avance Juicer. Die zweithöchste Kapazität hat der Orangensaft von P. Avance Collection. Die niedrigsten Werte zeigten sich bei dem Tomatensaft von P. Avance Collection und dem Weintraubensaft von P. Avance Juicer.

Im Gesamtergebnis erzielt der P. ProBlender 6 mit den frisch gepressten Säften die höheren Ergebnisse im Vergleich zu den anderen Entsaftern. In diesem Entsafter werden die Schalenbestandteile nicht extra abgetrennt und da sich viele Antioxidantien direkt unter der Schale befinden, kann das zu den höheren Ergebnissen führen, aber auch zu vermehrten enzymatischen Reaktionen, da sich zusätzlich viele Enzyme unter der Schale befinden. Dadurch lässt sich der rapide Abbau der Antioxidantien bei Weintraubensaft, hergestellt durch ProBlender 6, erklären.

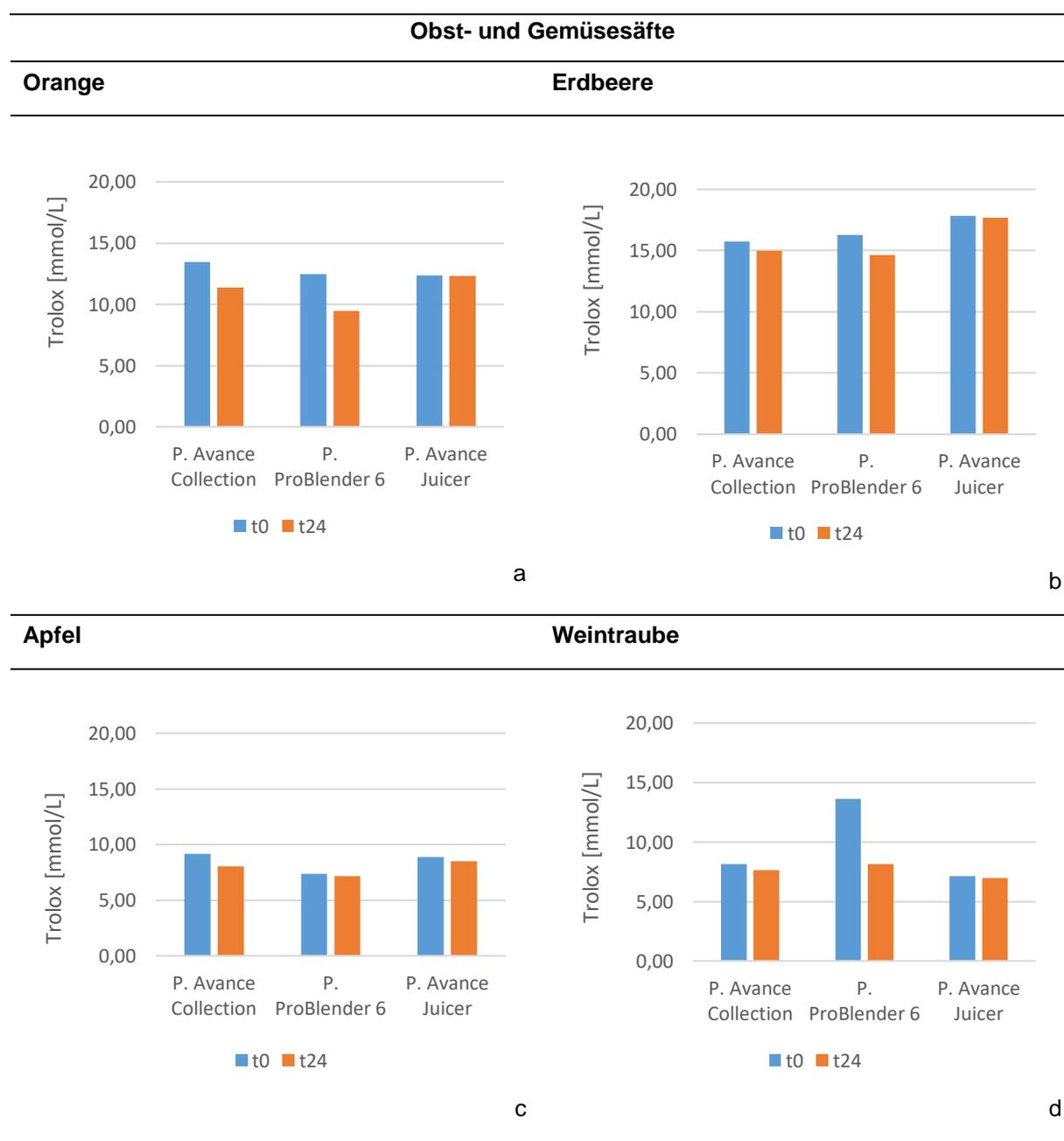
Bei den Säften, die 24 h bei 4 °C gelagert wurden, erzielte der P. Avance Juicer die besseren Gesamtergebnisse.

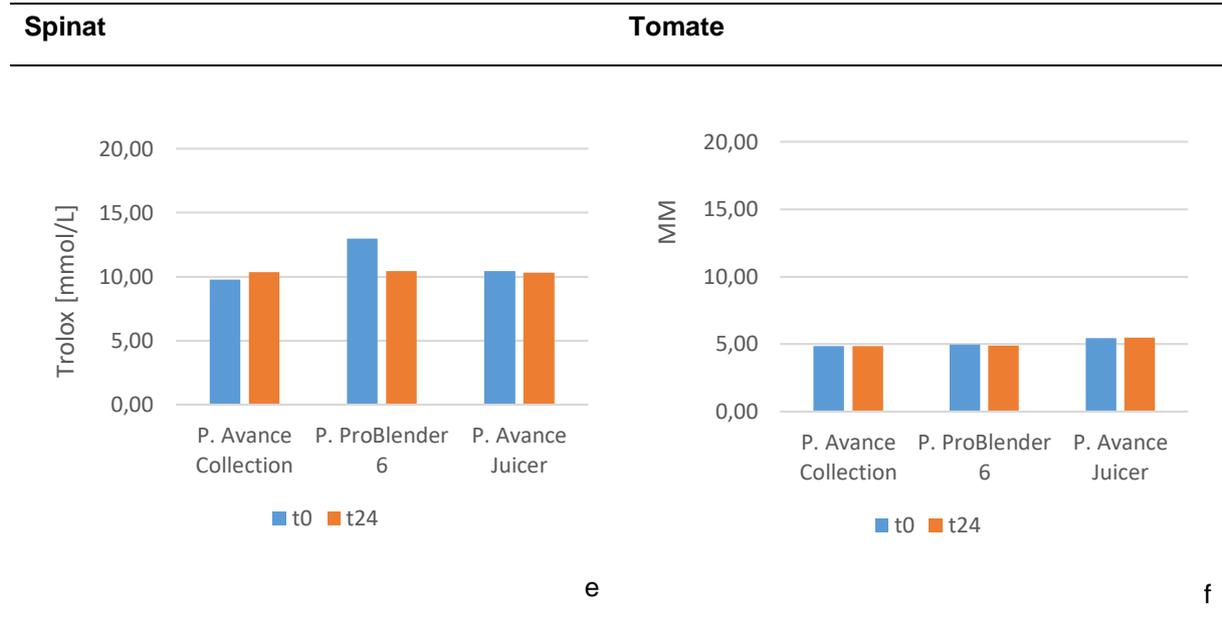
Tomaten und Spinat haben im Vergleich zu den anderen Obst- und Gemüsesorten einen hohen β -Carotin-Wert, sowie einen hohen Oxal- und Zitronensäureanteil, die die Antioxidantien stabilisieren. Dadurch sind der Tomatensaft und der Spinatsaft am

wenigsten von der Abnahme der Antioxidantien betroffen. Ausnahme ist der Spinatsaft von P. ProBlender 6.

Generell ist bei allen Säften feststellbar, dass die anti-oxidative Kapazität innerhalb von 24 h leicht sinkt. Lediglich der Spinatsaft von P. Avance Collection zeigt eine leichte Zunahme an und der Anstieg des Tomatensaftes bei P. Avance Juicer ist vernachlässigbar klein (Tab. 30).

Tabelle 30: Anti-oxidative Kapazität der Obst- und Gemüsesäfte. Abb. a-f: Vergleich der verschiedenen Entsafter Modelle und Unterschiede zwischen frisch gepressten Säften (t0) und 24 h (t24) bei 4 °C gelagerten Säften.





Das Gesamtergebnis aller Obst- und Gemüsesäfte, gepresst mit allen Entsaftern ist nochmals in Abb. 33 ersichtlich.

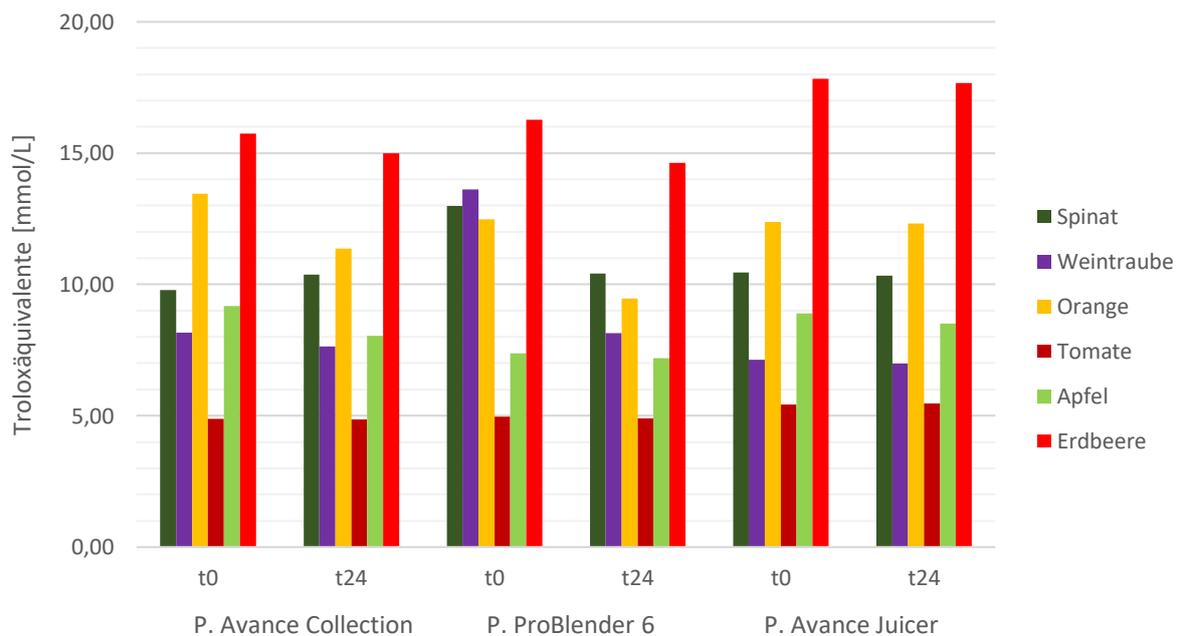


Abbildung 33: Gesamtergebnis der anti-oxidativen Kapazität in den verschiedenen Obst- und Gemüsesäften (frisch gepresst & 24 h gelagert) hergestellt durch die unterschiedlichen Entsafter-Modelle.

F. Bakterien, Hefen und Schimmel in den Obst- und Gemüsesäften

In den frisch gepressten Obst- und Gemüsesäften, sowie in den 24 h gelagerten Säften, wurden die Kolonienanzahl (cfu/mL) der Bakterien, Hefen und Schimmel analysiert. Die Anzahl an Bakterienkolonien und der Hefekolonien variieren teils sehr stark in den Säften der gleichen Frucht, zwischen den verschiedenen Entsaftungsmethoden. Das betraf sowohl den frisch-gepressten als auch die 24 h gelagerten Säfte. Schimmel war hingegen in allen Proben in geringerer Menge (unter 1000 cfu/mL pro Probe) vorhanden und wurde daher nicht graphisch ausgewertet (Tab. 31 und 32).

Der **Orangensaft**, hergestellt von P. ProBlender 6 enthält die meisten Bakterien, verglichen mit den Säften der anderen beiden Entsafter. Der Orangensaft von P. Avance Juicer hat die höchste Anzahl an Hefekolonien. Die niedrigste Anzahl an Bakterien- und Hefekolonien ist im Orangensaft von P. Avance Collection.

Im **Erdbeersaft** zeigte sich ein ähnliches Bild. Auch hier ist die höchste Anzahl an Bakterien im Erdbeersaft von P. ProBlender 6, die sich aber nach 24 h um mehr als die Hälfte reduziert hat. Der Fruchtsaft von P. Avance Collection hat die niedrigste Bakterienbelastung und die des Erdbeersaftes von P. Avance Juicer verdreifachen sich nach 24 h. Bei allen Erdbeersäften nimmt die Zahl der Hefen nach 24 h ab.

Die höchste Anzahl an Bakterien befindet sich ebenfalls im frisch gepressten **Apfelsaft** des P. ProBlender 6, die aber nach 24 h wieder abnehmen. Deutlich niedrigere Kolonienanzahl an Bakterien zeigen die Apfelsäfte von P. Avance Collection und P. Avance Juicer. Die Anzahl der Hefekolonien steigt bei allen dreien Apfelsäften nach 24 h Lagerung.

Der **Traubensaft** von P. ProBlender 6 enthält die höchste Anzahl an Bakterien. Die frisch gepresste Probe hat eine um das 10fache höhere Bakterienbelastung als die Traubensäfte der anderen beiden Entsafter. Die Anzahl der Bakterien im Traubensaft von P. Avance Collection und P. Avance Juicer sinken um mehr als die Hälfte nach 24 h. Nur die Anzahl der Hefen steigt bei allen Säften.

Der frisch gepresste **Spinatsaft** von P. Avance Collection und P. Avance Juicer weist eine sehr viel höhere Belastung an Bakterien auf, als P. ProBlender 6. Nach 24 h zeigt

sich aber im Spinatsaft von P. ProBlender 6 eine fast 50fache Vervielfältigung der Bakterienkolonien. Die Anzahl an Hefen ist bei P. ProBlender 6 am höchsten.

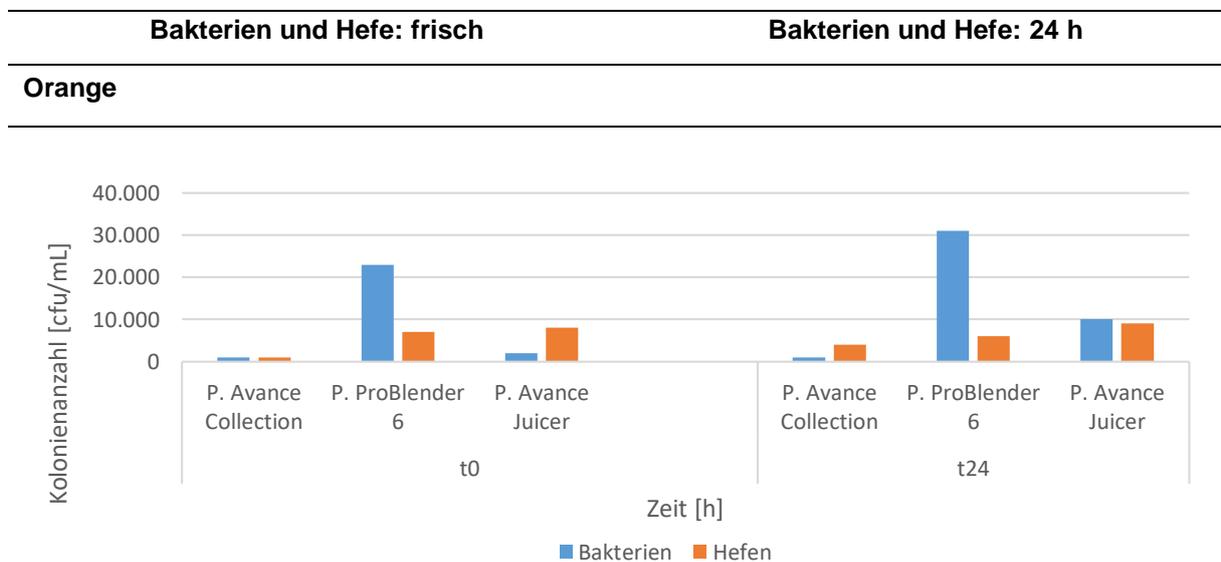
Der **Tomatensaft** produziert von P. ProBlender 6 enthält die höchste Bakterienanzahl, aber nur in der frisch gepressten Probe, in der 24 h gelagerten Probe ist eine deutliche Reduzierung der Bakterien ersichtlich. Bei der 24 h gelagerten Probe dominiert die Anzahl der Bakterienkolonien im Tomatensaft von P. Avance Collection. Bei allen Tomatensäften ist eine Abnahme der Hefen nach 24 h ersichtlich

Tabelle 31: Bakterien, Hefen und Schimmel in den verschiedenen Obst- und Gemüsesäften aller Entsafter-Modelle. t0 = frisch gepresst, t24 = 24 h bei 4 °C gelagert. ≤ kleiner bzw. unter dem angegebenen Wert.

Zeitpunkt	Entsafter	Bakterien	Hefen	Schimmel
ORANGE		Kolonien [cfu/mL]		
t0	<i>P. Avance Collection</i>	< 1.000	< 1.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	23.000	7.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	2.000	8.000	< 1.000
t24	<i>P. Avance Collection</i>	< 1.000	4.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	31.000	6.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	10.000	9.000	< 1.000
ERDBEERE				
t0	<i>P. Avance Collection</i>	< 1.000	2.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	9.000	2.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	1.000	3.000	< 1.000
t24	<i>P. Avance Collection</i>	1.000	< 1.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	2.000	< 1.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	3.000	< 1.000	< 1.000
APFEL				
t0	<i>P. Avance Collection</i>	< 1.000	< 1.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	88.000	1.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	< 1.000	2.000	< 1.000
t24	<i>P. Avance Collection</i>	< 1.000	1.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	53.000	7.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	1.000	7.000	< 1.000

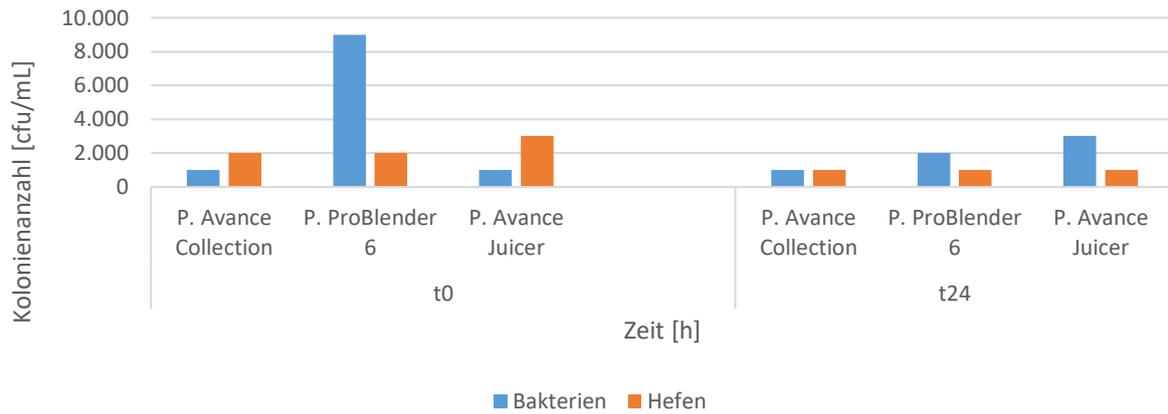
ROTE WEINTRAUBE		Bakterien	Hefen	Schimmel
t0	<i>P. Avance Collection</i>	7.000	< 1.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	61.000	3.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	7.000	3.000	< 1.000
t24	<i>P. Avance Collection</i>	2.000	< 1.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	76.000	6.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	2.000	5.000	< 1.000
SPINAT				
t0	<i>P. Avance Collection</i>	52.000	< 1.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	< 1.000	2.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	51.000	1.000	< 1.000
t24	<i>P. Avance Collection</i>	82.000	1.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	49.000	3.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	79.000	1.000	< 1.000
TOMATE				
t0	<i>P. Avance Collection</i>	7.000	< 1.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	15.000	2.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	5.000	2.000	< 1.000
t24	<i>P. Avance Collection</i>	11.000	< 1.000	< 1.000
	<i>P. ProBlender 6</i>	1.000	< 1.000	< 1.000
	<i>P. Avance Juicer</i>	6.000	< 1.000	< 1.000

Tabelle 32: Bakterienkolonien und Hefekolonien in den frisch zubereiteten Säften als auch nach 24 h Lagerung. Abb. a-f: Vergleich der verwendeten Entsafter-Modelle. t0 = frisch gepresst, t24 = 24 h bei 4 °C gelagert.



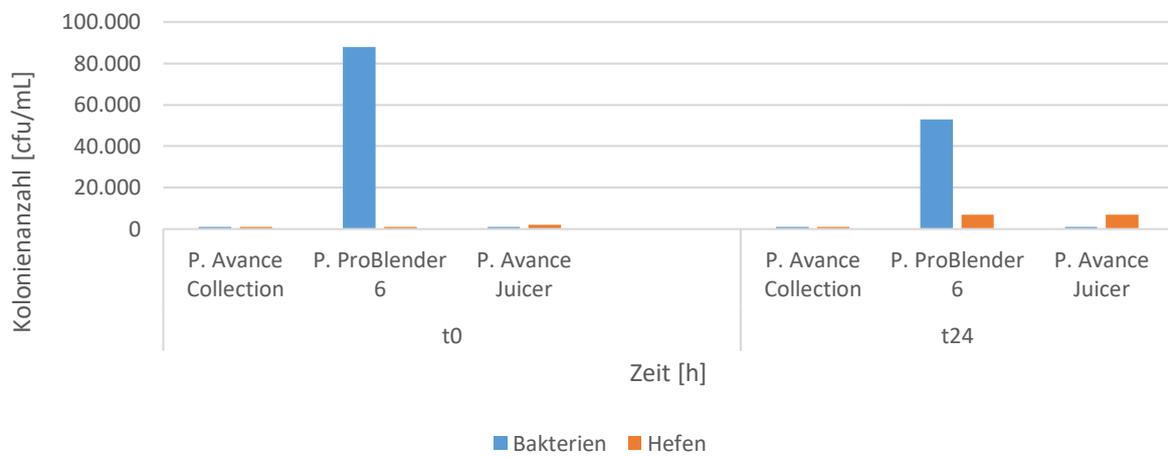
a

Erdbeere



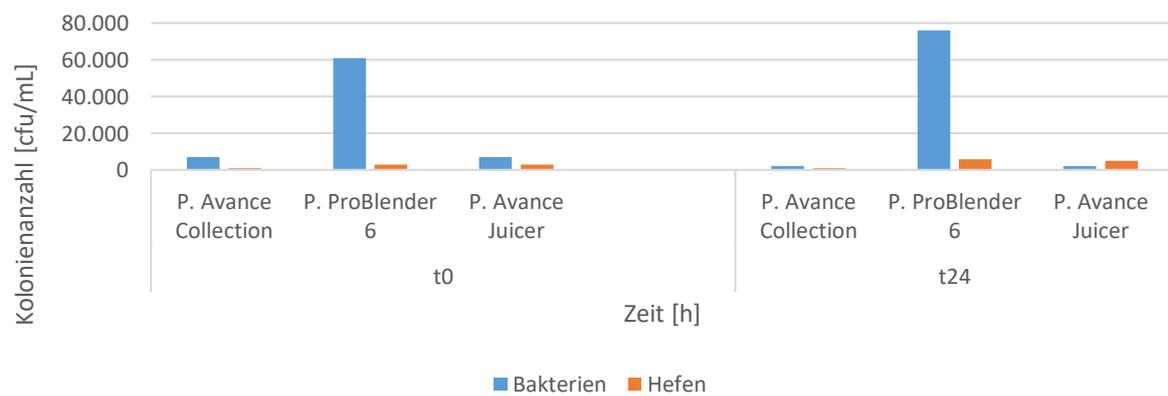
b

Apfel



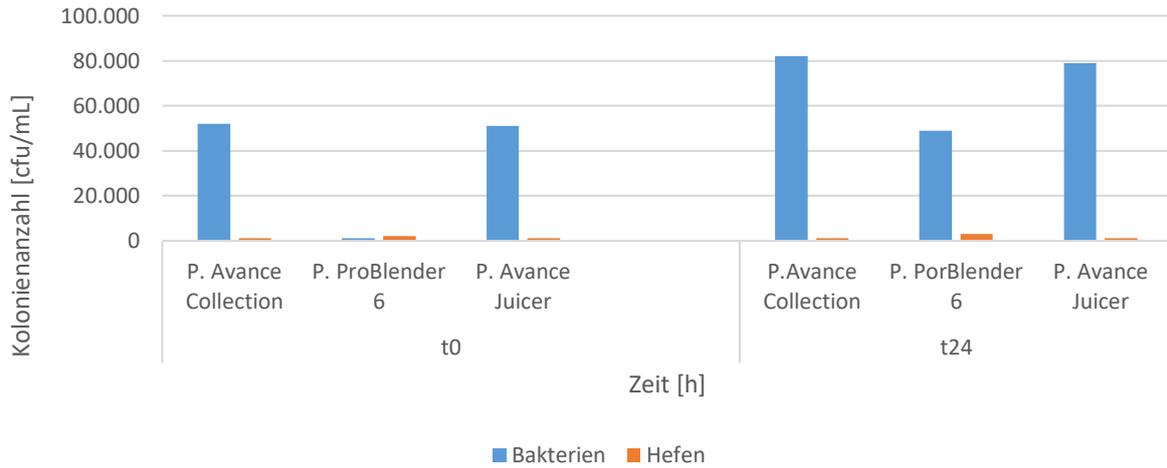
c

Rote Traube



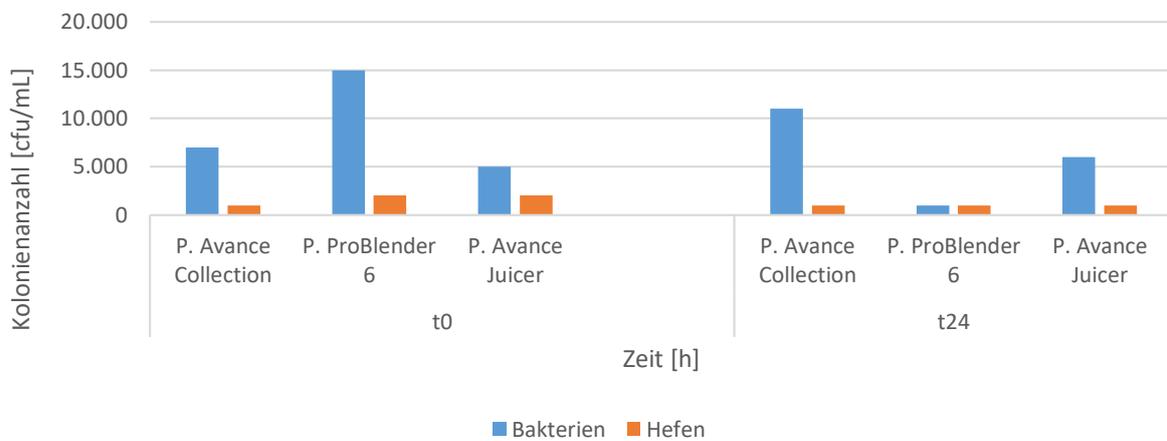
d

Spinat



e

Tomate



f

P. Avance Collection: Die meisten Bakterien befindet sich im Spinatsaft mit 52.000 cfu/mL, gefolgt von Tomatensaft mit 7.000 cfu/mL und Weintraubensaft mit der gleichen Menge, jedoch sinkt im Traubensaft die Anzahl der Bakterien wieder nach 24 h. Der größte Anteil an Hefen befindet sich in der 24 h gelagerten Probe des Orangensaftes. Die meisten Proben haben eine Hefekolonieanzahl/mL unter 1000 (Ausnahme: Orangensaft, Erdbeersaft).

P. ProBlender 6: Die größte Anzahl an Bakterien befindet sich in der frisch gepressten Probe des Apfelsaftes, die jedoch nach 24 h abnimmt. Die zweithöchste Anzahl an Bakterien befindet sich im Traubensaft und dessen Koloniezahln erhöht sich nach 24 h. Die wenigsten Bakterien befinden sich im frisch gepressten Spinatsaft, jedoch nimmt die Anzahl der Kolonien nach 24 h um das fast 50fache zu. Tomatensaft hat zu Beginn eine Anzahl von ca. 15.000 cfu/mL an Bakterien, sinkt aber nach 24 h auf ca. 1.000 cfu/mL ab. Die größten Kolonien an Hefen befinden sich im frisch gepressten Orangensaft und im 24 h gelagerten Apfelsaft. Die wenigsten Hefen sind im Tomaten- und Erdbeersaft zu finden.

P. Avance Juicer: Die höchste Anzahl an Bakterien befindet sich im Spinatsaft, sowohl bei der frisch gepressten als auch bei der 24 h gelagerten Probe. Die wenigsten Bakterien befinden sich im frisch gepressten Apfelsaft. Bezüglich Hefe enthält der Orangensaft mit 8.000 (frisch) bzw. 9.000 (24 h) cfu/mL die größte Population. Die niedrigste Rate an Hefen befindet sich im frisch gepressten Spinat- und Apfelsaft, sowie im 24 h gelagerten Tomaten- und Erdbeersaft.

Fazit: Bezüglich Bakterien hat Spinatsaft bei allen 3 Entsaftern sehr hohe Koloniezahlen. Die höchste Anzahl an Bakterien befindet sich in den Säften (sowohl frisch gepresst als auch 24 h gelagert) hergestellt von Philips ProBlender 6. Bezüglich Hefekolonien sind sowohl die Säfte des P. ProBlender 6 als auch des P. Avance Juicer mit einer höheren Kolonienanzahl versehen als P. Avance Collection (Abb. 34 und 35).

Die Hauptsäuren in Obst und Gemüse sind die Apfel- und Zitronensäure. In Obst befindet sich mehr Säure, deshalb ist der pH-Wert niedriger als im Gemüse, mit Ausnahme der Tomate, die botanisch gesehen auch zu den Früchten zählt und somit ebenfalls einen niedrigen pH-Wert aufweist. Gemüse liegt im Bereich 5,5 - 6,5 [Belitz 2008] und genau ab diesem pH-Wert können die meisten Bakterien sehr gut gedeihen, denn sie bevorzugen ein neutrales bis schwach alkalisches Milieu (pH-Wert 6,5 – 9). Hefen und Pilze bevorzugen saure Bereiche ab pH-Werten von 3 bis 6 [Eder 1974]. Dadurch ist zu erklären, weshalb die Menge an Bakterien in den Spinatsäften höher ist als in den anderen Säften.

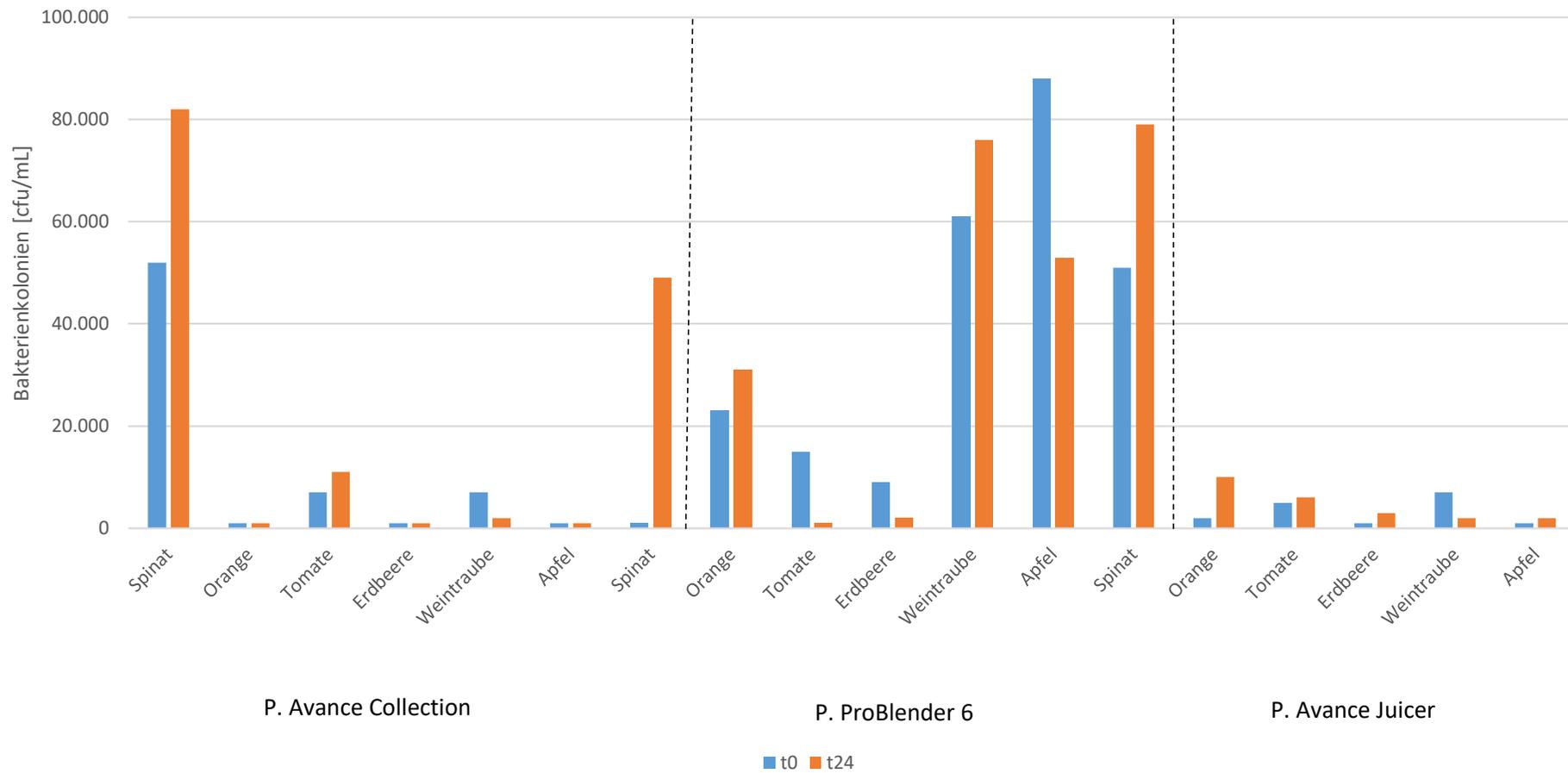


Abbildung 34: Bakterienkolonien in den Obst- und Gemüsesäften, hergestellt durch alle Entsafter. Die Obst- und Gemüsesäfte wurden frisch gepresst und bis zur Analyse bei -18 °C aufbewahrt. Die 24 h Probe wurde bei 4 °C im Kühlschrank gelagert und ebenfalls bis zur Analyse bei -18 °C gelagert. t0 = frisch gepresst, t24 = 24 h-Probe.

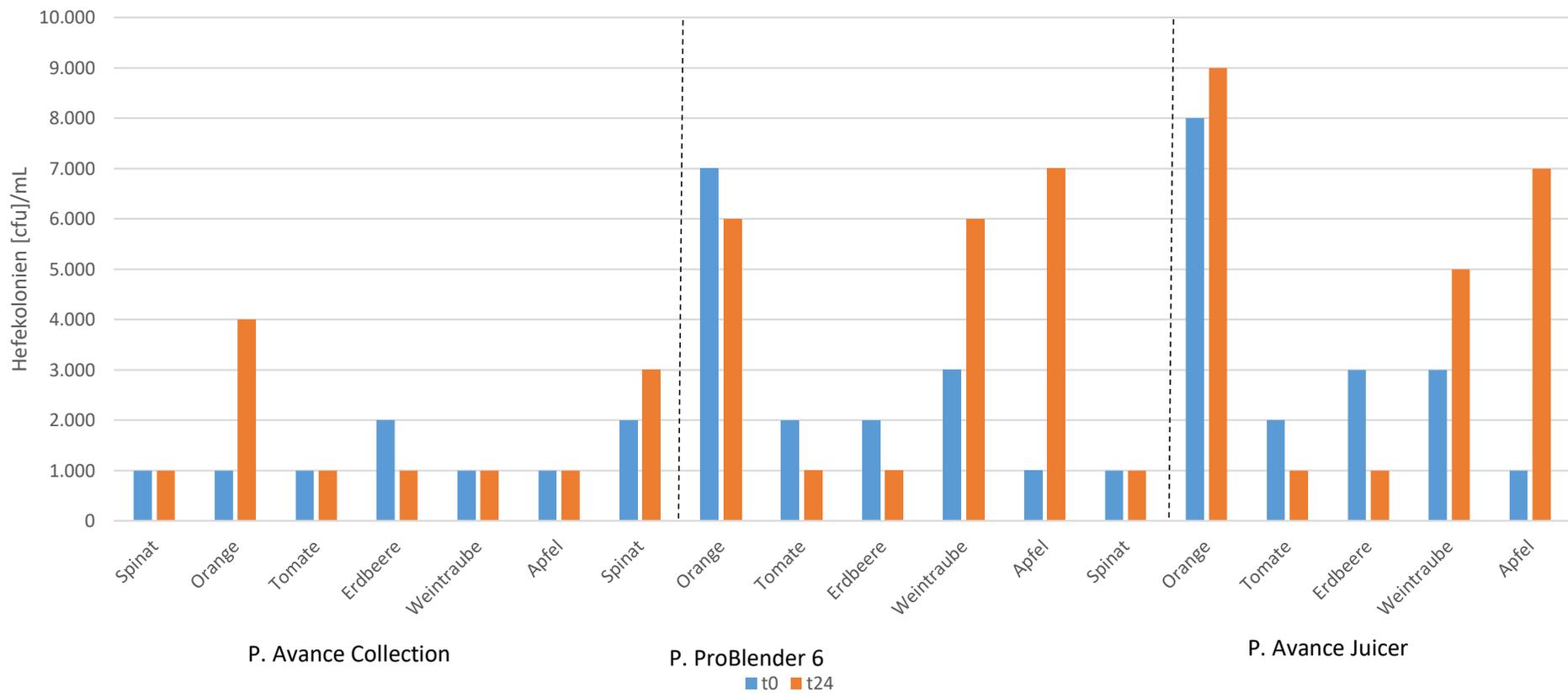


Abbildung 35: Hefekolonien in den Obst- und Gemüsesäften, hergestellt durch alle Entsafter. Die Obst- und Gemüsesäfte wurden frisch gepresst und bis zur Analyse bei -18 °C aufbewahrt. Die 24 h Probe wurde bei 4 °C im Kühlschrank gelagert und ebenfalls bis zur Analyse bei -18 °C gelagert. t0 = frisch gepresst, t24 = 24 h Probe.

G. Sensorische Beurteilung der Obst- und Gemüsesäfte

Die Entsafter-Modelle haben in diesem Abschnitt eine andere Bezeichnung:

Philips Avance Collection ProBlender 6 = P. ProBlender 6

Philips Avance Collection Juicer = P. Avance Collection

Philips Avance Series Juicer = P. Avance Juicer

Aus dem Bericht von Dr. Univ. Doz.in. Siegmund Barbara:

Die Ergebnisse der quantitativen Bewertungen werden in Form des arithmetischen Mittels angegeben – die Ergebnisse werden zur besseren Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Zubereitungsmethoden als Spinnendiagramme dargestellt.

Die Ergebnisse der sensorischen Analyse ergeben, dass die Säfte zwar von den gleichen Rohstoffen stammen, aber durch die Bearbeitung mit den verschiedenen Entsafter-Modellen zu unterschiedlichen Produkten führen können. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass die Entsafter die Obst- und Gemüsesorten verschieden mechanisch belasten. Durch die unterschiedlichen Herstellungsverfahren und auch die Lagerung der Säfte haben unterschiedliche Einflüsse auf die sensorischen Eigenschaften.

Die optischen Unterschiede, die sich bedingt durch die unterschiedliche Zubereitung ergeben, sind in Tab. 33 deutlich ersichtlich. Vor allem bei den eingesetzten Trauben sind die resultierenden Produkte optisch vollkommen unterschiedlich; bei den anderen Produkten (z.B. Tomaten) sind die Farbdifferenzen wesentlich geringer ausgeprägt. Die mechanische Belastung der Früchte ist bei dem Entsafter P. ProBlender 6 am stärksten ausgeprägt. Die Anthocyane sind bei den Weintrauben in den Schalen der Beeren lokalisiert und die Freisetzung erfordert eine relativ starke Zerkleinerung der Schalen.

Bei den anderen Produkten war der farbliche Unterschied in Abhängigkeit der Zubereitungstechnologien nicht so stark ausgeprägt, in manchen Fällen hatte die höhere mechanische Belastung allerdings signifikante Auswirkung auf die sensorischen Eigenschaften der Säfte.

Tabelle 33: Frisch gepresste Säfte der unterschiedlichen Obst- und Gemüsesorten. Abb. a-f: Reihenfolge von links nach rechts in jeder Abbildung: P. Avance Collection, P. ProBlender 6 und P. Avance Juicer

Obst- und Gemüsesäfte	
Orange	Erdbeere
 a	 b
Apfel	Weintraube
 c	 d
Spinat	Tomate
 e	 f

1. Orangensaft

Im Orangensaft verändert sich das Aroma signifikant, sodass keiner der Orangensäfte nach der 24 h-Lagerung als sensorisch genießbar bewertet wurde (Abb. 36 und 37). Am stärksten werden Veränderungen bzgl. der Bitterkeit wahrgenommen. Zusätzlich wurde der Verlust der frischen Zitrusfruchtigkeit notiert. Die anderen sensorischen Veränderungen fallen im Vergleich zur verstärkten Bitterkeit relativ wenig ins Gewicht.

Die Oxidation von Terpenen im Zuge der Lagerung und damit einhergehend der Verlust der „Orangenfruchtigkeit“ und die Zunahme der Bitterkeit scheint ein Grund für die Veränderungen zu sein. Zitrusfrüchte verfügen über hohe Terpenkonzentrationen. Bei der Zubereitung der Produkte wird Luftsauerstoff intensiv in das Produkt eingebracht, was eine Oxidation derartiger Verbindungen im Zuge der Lagerung mit sich bringt.

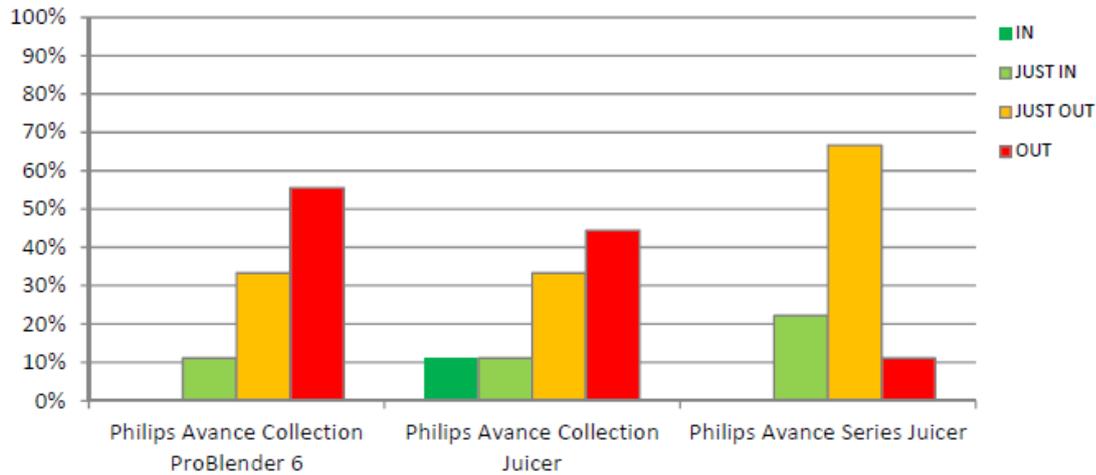


Abbildung 36: Ergebnisse des IN/OUT Tests für die Orangensäfte; n = 9

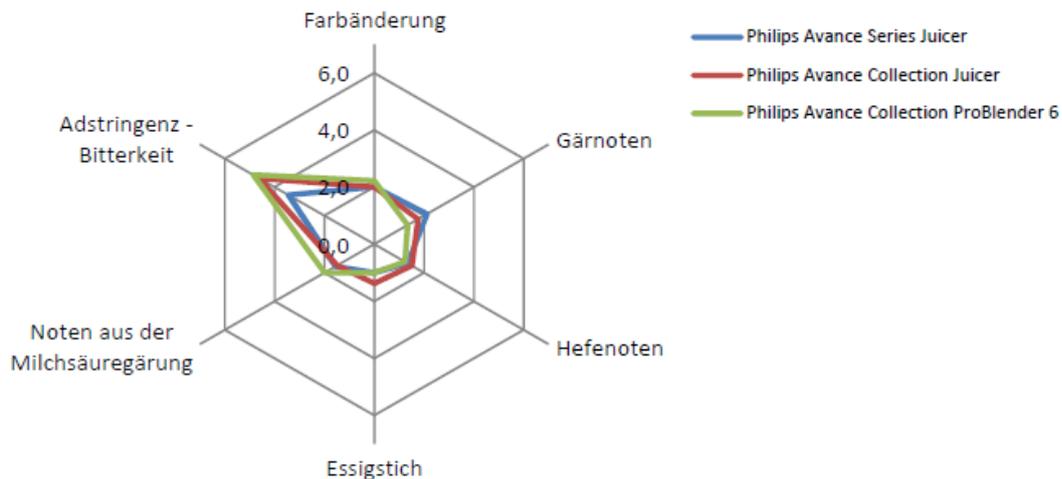


Abbildung 37: Ergebnis der quantitative-deskriptiven Beurteilung der Orangensäfte

2. Erdbeersaft

Keiner der Erdbeersäfte wurde nach der 24 h-Lagerung als sensorisch genießbar eingestuft. Die stärksten Veränderungen wurden in den Erdbeersäften von P. Avance Collection und P. ProBlender 6 festgestellt (Abb. 38 und 39).

Neben den Farbänderungen (Bräunung der Produkte) ist das Auftreten der Gärnoten (sowohl aus der Essigsäure- als auch aus der Milchsäuregärung) am auffälligsten. Aus den ergänzenden Notizen ist zu erkennen, dass im Zuge der Lagerung auch die typischen frisch-fruchtigen Erdbeernoten verloren gehen.

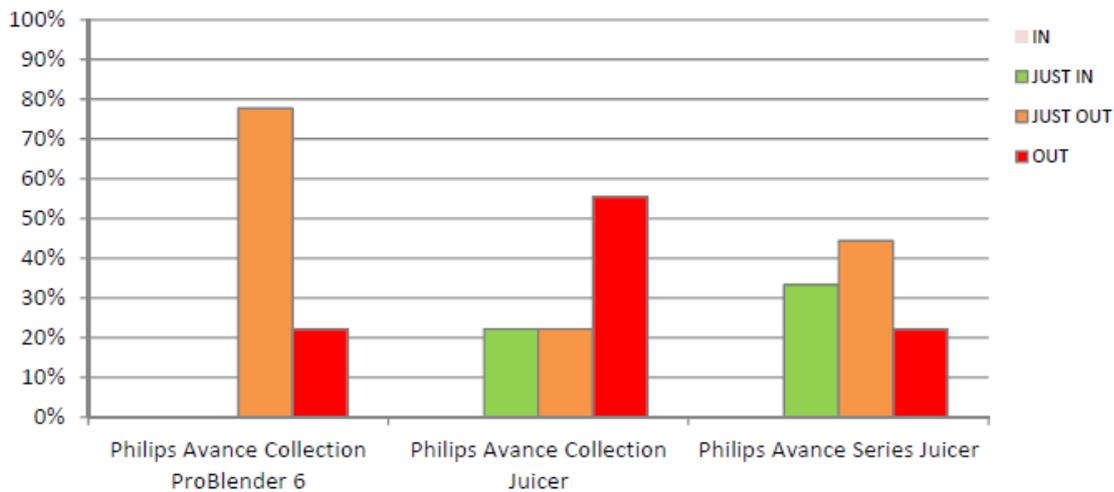


Abbildung 38: Ergebnisse des IN/OUT Tests für die Erdbeersäfte; n = 9

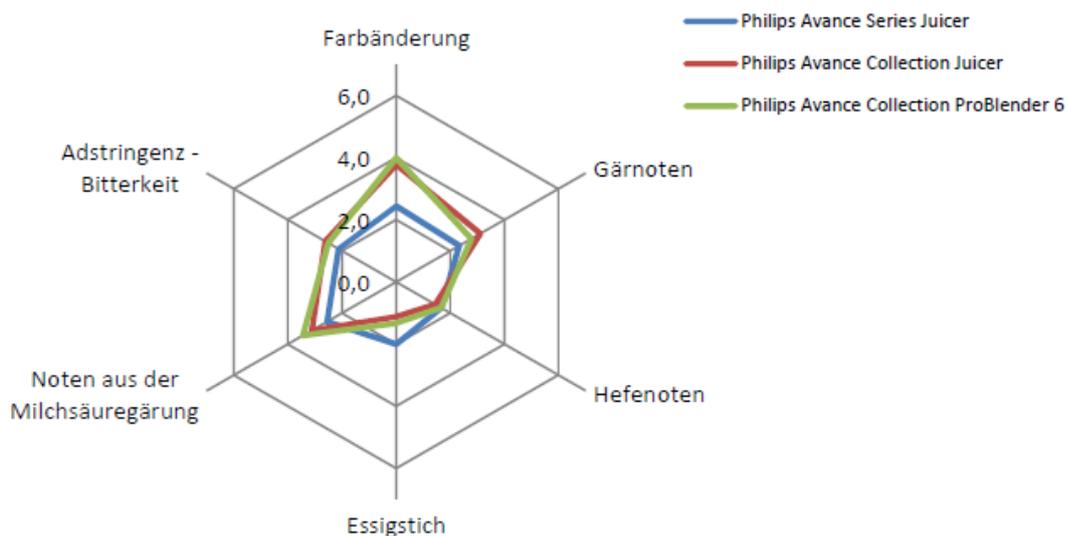


Abbildung 39: Ergebnis der quantitative-deskriptiven Beurteilung der Erdbeersäfte

3. Apfelsaft

Die Apfelsäfte sind auf sensorische Veränderungen im Zuge von gekühlter Lagerung über 24 h relativ unempfindlich. Alle Produkte wurden nach dieser Lagerdauer als sensorisch einwandfrei bewertet (Abb. 40 und 41). Die Produkte wiesen einen leichten Verlust der frischen Fruchtigkeit auf. Einzige Anmerkung war, dass der „Saft“ hergestellt durch P. ProBlender 6 eine musige bzw. breiartige Konsistenz verfügte, die als „gewöhnungsbedürftig“ eingestuft wurde.

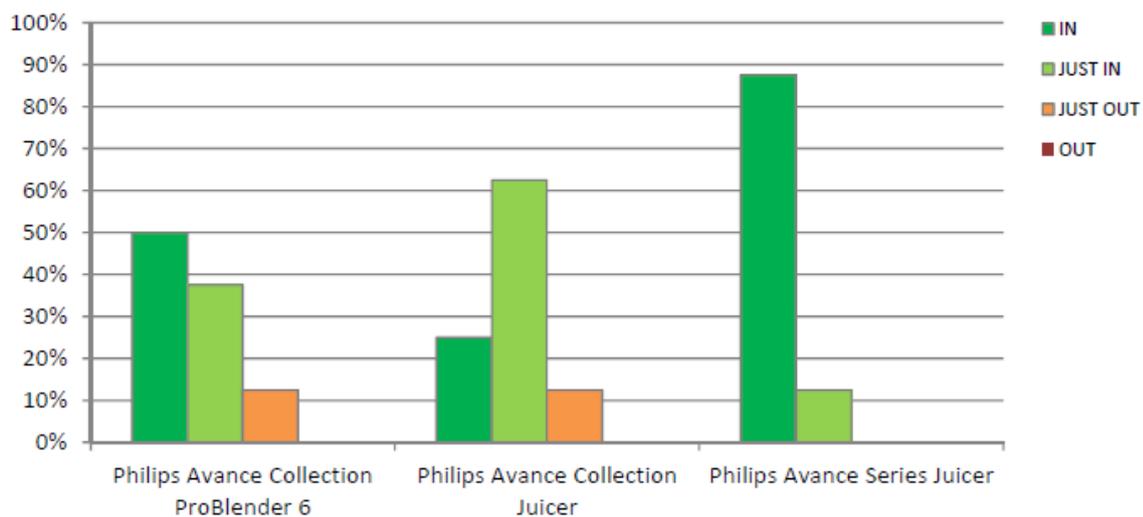


Abbildung 40: Ergebnisse des IN/OUT Tests für die Apfelsäfte; n = 8

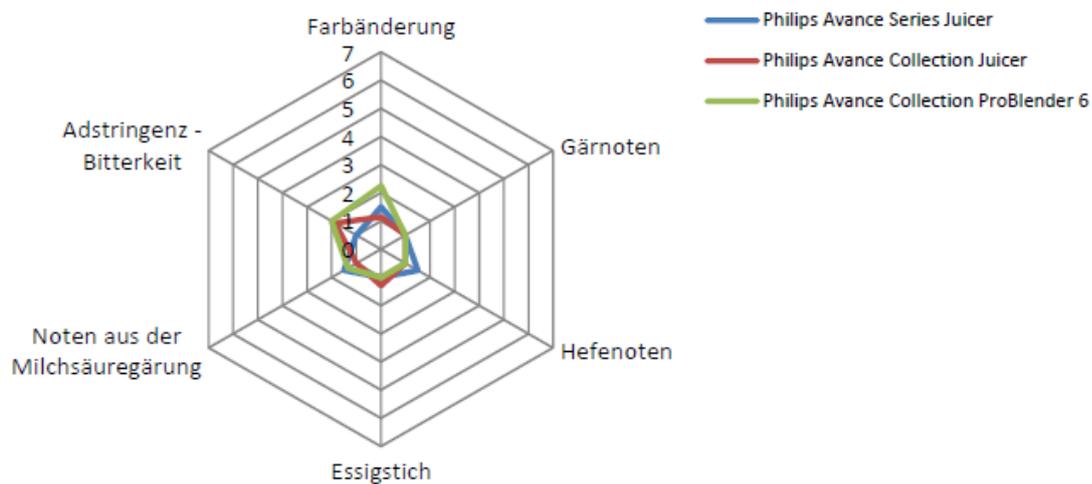


Abbildung 41: Ergebnis der quantitative-deskriptiven Beurteilung der Apfelsäfte

4. Weintraubensaft

Die Traubensäfte sind in Hinblick auf Veränderungen im Zuge einer 24-stündigen Lagerung verhältnismäßig stabil (Abb. 42 und 43). Die Säfte aus dem P. Avance Collection und P. ProBlender 6 werden mit 75 % „IN“ und „JUST IN“ Bewertungen als sensorisch in Ordnung bewertet. Bei P. Avance Juicer beurteilten 50 % der Prüfpersonen das Produkt mit „JUST IN“. Die für dieses Gerät beurteilte Farbveränderung ist nicht mit dem Vorliegen des intensiven Rot-Tons zu verwechseln, der aufgrund der stärkeren Zerkleinerung der Beeren beim P. ProBlender 6 auftritt.

Im Zuge der Lagerung verändert sich der Saft von P. Avance Juicer deutlich und es entwickeln sich starke Brauntöne. Dazu parallel werden verstärkt Gärnoten wahrgenommen, da sich die Hefe innerhalb von 24 h fast verdoppelt hat: von 3.000 zu 5.000 cfu/mL. Des Weiteren wird der Verlust der Fruchtigkeit angesprochen.

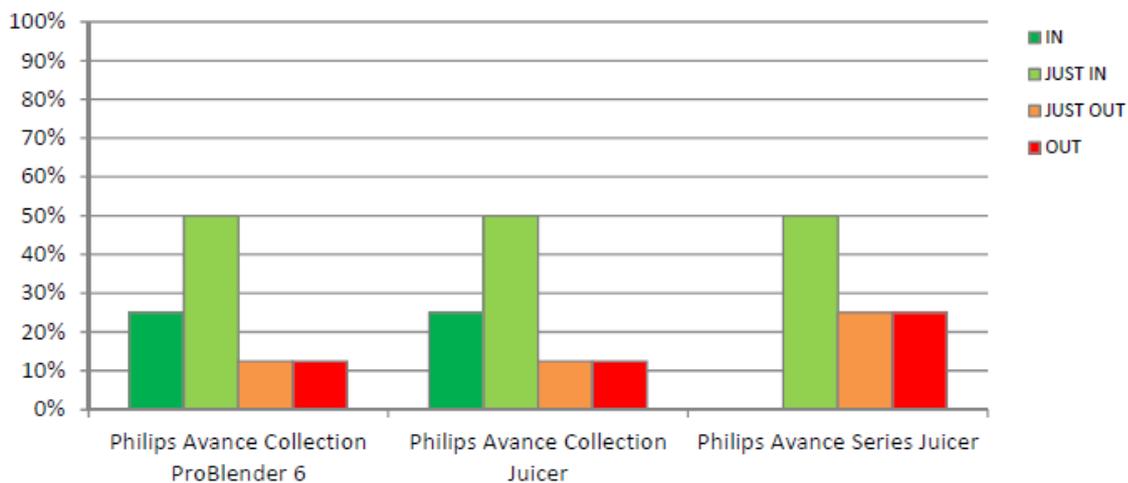


Abbildung 42: Ergebnisse de IN/OUT Tests für die Traubensäfte, n = 8

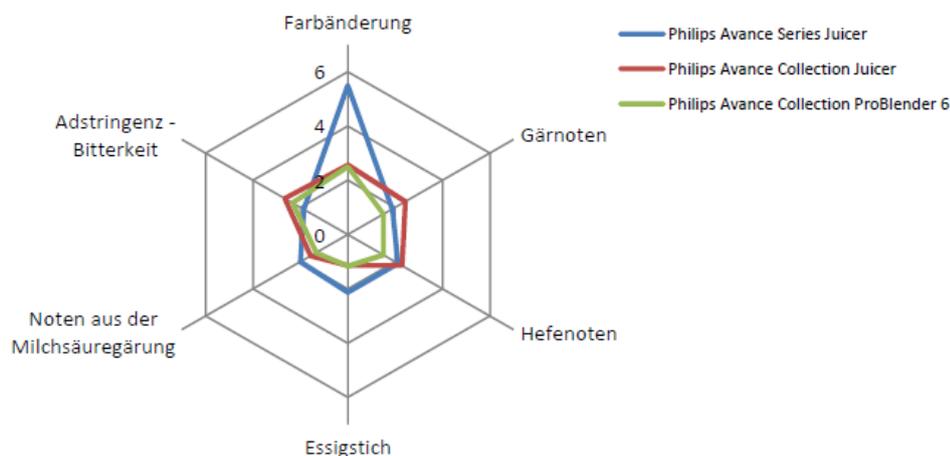


Abbildung 43: Ergebnis der quantitative-deskriptiven Beurteilung der Traubensäfte

5. Spinatsaft

Die Ergebnisse der Spinatsäfte sind insofern sehr schwierig zu bewerten, als schon die frisch zubereiteten Produkte vor der Lagerung als ungenießbar bewertet wurden. Im dennoch durchgeführten Vergleich der gelagerten und frischen Proben wurde keiner der gelagerten Säfte als sensorisch genießbar bewertet (Abb. 44 und 45). Die über 24 h gelagerten Säfte waren, unabhängig von der Zubereitungsart, (noch) stärker bitter als die frisch zubereiteten Säfte. Darüber hinaus wurden von fast jeder Person muffige, erdig-modrige Noten bzw. Kompost- oder Güllenoten angegeben.

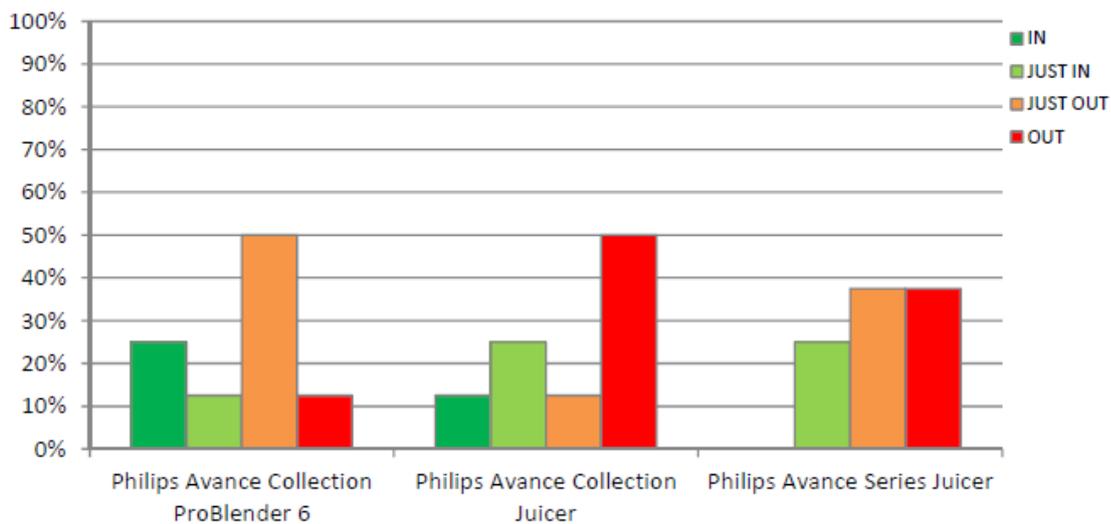


Abbildung 44: Ergebnisse des IN/OUT Tests für die Spinatsäfte; n = 8

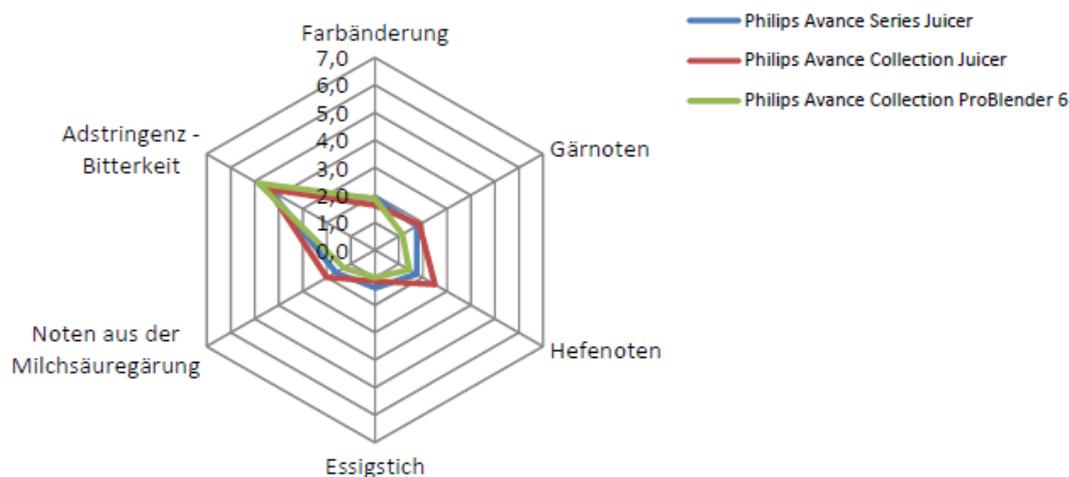


Abbildung 45: Ergebnis der quantitative-deskriptiven Beurteilung der Spinatsäfte; n = 8

6. Tomatensaft

Keiner der Tomatensäfte wurde als sensorisch genießbar eingestuft (Abb.46 und 47). Beanstandet wurden sowohl die auftretenden Farbänderungen als auch die zunehmende Bitterkeit.

Von einigen Prüfpersonen wurde auch der Verlust des typischen Tomatenaromas an-gemerkt bei gleichzeitiger Zunahme von Lipidoxidationsprodukten, was sich im Auf-treten von grünen, aldehydigen und metallischen Noten im Produkt äußert. Das Auf-treten derartiger Noten ist nicht überraschend. Der Fettgehalt von Tomatenkernen ist nicht unbeträchtlich. Bei Verletzen der Kerne im Zuge der Zubereitung werden die Lipide zugänglich, was im Zuge der Lagerung zur Ausbildung der beschriebenen Fehltöne in den Produkten führt.

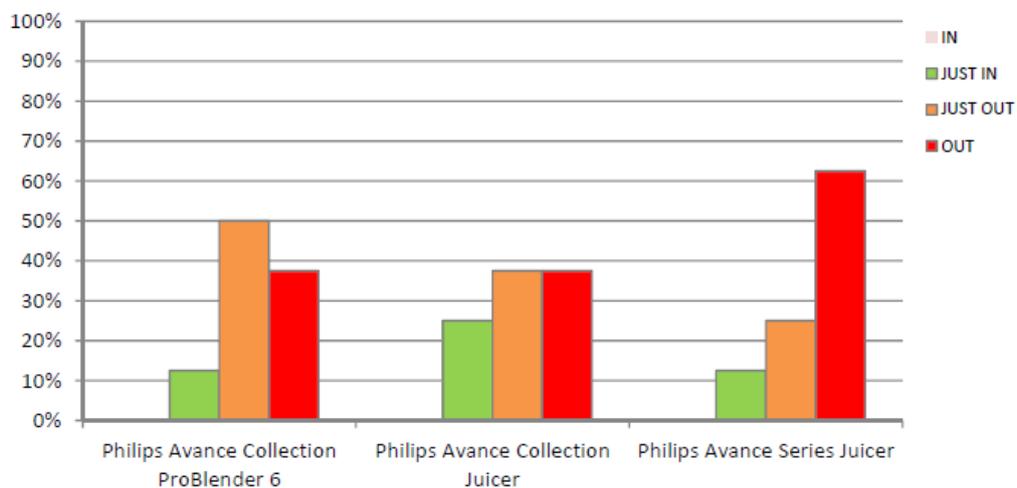


Abbildung 46: Ergebnisse des IN/OUT Tests für die Tomatensäfte; n = 8

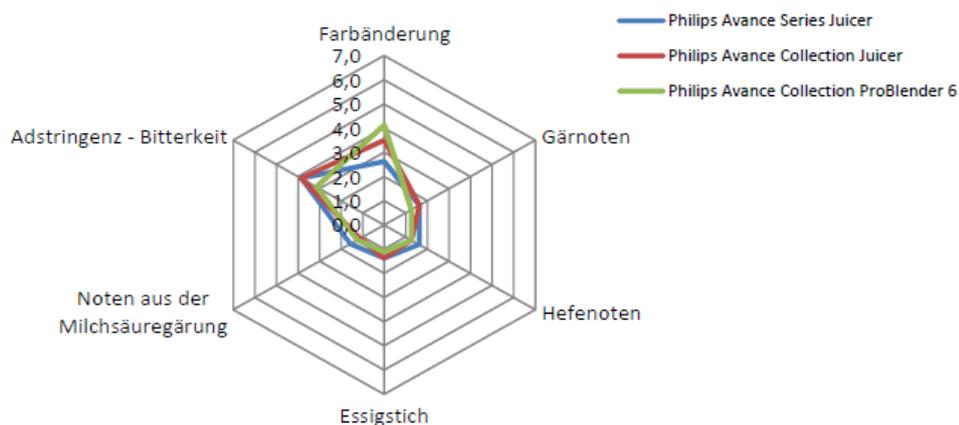


Abbildung 47: Ergebnis der quantitative-deskriptiven Beurteilung der Tomatensäfte; n = 8

7. Gesamtergebnis: Sensorische Beurteilung der Obst- und Gemüsesäfte

Die Ergebnisse dieser Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Säfte, die mit drei unterschiedlichen Entsafter-Modellen zubereitet wurden, unterscheiden sich in ihren Eigenschaften zum Teil grundlegend. Das betrifft einerseits die Konsistenz der Produkte (Apfel), andererseits das äußere Erscheinungsbild (rote Traube).
- Ob ein Produkt nach einer 24-stündigen Lagerzeit als genießbar beurteilt wurde, hängt in erster Linie nicht von der Art des Entsaftens ab, sondern vielmehr von der Obst- oder Gemüseart und deren Empfindlichkeit z.B. gegenüber Oxidationsreaktionen.
- Die Säfte aus Äpfeln und Trauben lassen sich gut über 24 h gekühlt lagern, sie werden nach diesem Zeitraum als in Ordnung eingestuft.
- Bei Tomaten- und Orangensäften scheinen innerhalb dieser Lagerzeit Oxidationsreaktionen abzulaufen, die einerseits zum Verlust der typischen Fruchtnoten und andererseits zum Auftreten von ausgeprägter Bitterkeit (Orange) und klassischen Fettoxidationsnoten (Tomaten) führten.
- Erdbeeren sind grundsätzlich eine höchst empfindliche Obstsorte. Die untersuchten Säfte beginnen schon nach der Lagerzeit von 24 h leicht zu gären. Von der Lagerung derartiger Erdbeerprodukte wird aus diesem Grund grundsätzlich abgeraten.
- Spinat scheint grundlegend für eine derartige Verarbeitung wenig geeignet zu sein. Die Säfte wurden unabhängig von der Zubereitungsart als sensorisch unattraktiv bewertet und von den Prüfpersonen abgelehnt. Im Zuge der Lagerung verändert sich das Produkt darüber hinaus noch deutlich ins Negative.

IV. Ausblick

Mit dieser Arbeit wurde eine Basis für die Entwicklung neuer Entsafter geschaffen. Weitere Untersuchungen wie das Messen von Hesperidin in Orangen sind geplant. Des Weiteren sind Fragen bezüglich Hygiene, Zusätze und Lagerung der Säfte für eine Genießbarkeit nach 24 h zu beantworten.

Ein kleines Nebenprojekt wurde ebenfalls gestartet. Es wurde ein Rezept für Müsliriegel entwickelt und zwar mit den Trestern aus den Entsaftern. Am besten eigneten sich die Rückstände von Apfel und Weintraube aus der Schneckenpresse (P. Avance Juicer, Abb. 48).



Abbildung 48: Müsliriegel aus den Rückständen des Entsafters P. Avance Juicer.

Es wurden verschiedene Zutatenkombinationen probiert und es wurde zusätzlich die Textur der Riegel gemessen.

Eine mögliche Rezeptvariante wäre:

Zutaten: 110 g Müslibasismischung, 75 g Honig, 50 g Butter, jeweils 40 g der Apfel- und Weinrückstände, 35 g Haselnüsse, 25 g gepoppter Amarant, 20 g Kokosraspeln, 10 g Mandelsplitter, 5 g Sesam, 2 TL Wasser, 1TL Zucker, 1 TL Speisestärke, 1 TL Proteinpulver Vanillegeschmack.

Zubereitung: Die Masse wird vermischt und bei 170 °C für 30 Minuten gebacken.

V. Anhang

A. Sensorisches Prüfprotokoll

Verkostung am Beispiel von Erdbeer- und Spinatsaft

Deskriptiver IN/OUT Test

Name:	
Prüfer Nr.:	

Prüfanleitung:

- Es sind jeweils Proben frisch gepresster Fruchtsäfte miteinander zu verkosten. Die Probe R ist eine frische Probe und dient als **Referenz**.
 - Die kodierten Proben sind sensorisch zu prüfen im Vergleich zur Referenz.
 - Wenn die Probe keine sensorischen Abweichungen von der Referenz aufweist, ist die Probe mit „**IN**“ zu beurteilen.
 - Wenn die Probe sensorische Abweichungen von der Referenz aufweist (Geruch, Geschmack, Textur, Farbe), ist die Probe je nach Stärke der Abweichung mit **JUST IN**, **JUST OUT** bzw. **OUT** zu beurteilen.
JUST IN: leichte sensorische Abweichung – noch nicht wirklich störend
JUST OUT: deutliche sensorische Abweichung – stark störend
OUT: vollkommen inakzeptabel
 - Ab einer Beurteilung mit **JUST IN** ersuche ich, die sensorischen Eigenschaften der Probe zu beschreiben sowie die ausgewählten Attribute in ihrer Intensität zu beurteilen.
-

Probe 343 – Erdbeersaft

<i>Referenz</i>	<i>Prüf- proben</i>	<i>IN</i>	<i>JUST IN</i>	<i>JUST OUT</i>	<i>OUT</i>	<i>Anmerkung Wie äußert sich die Abweichung?</i>
R 1	343					

JUST IN oder schlechter? Bitte die Intensität folgende Attribute beurteilen

Probe 343	nicht wahr- nehmbar						stark ausge- prägt
Farbänderung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gärnoten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hefenoten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Essigstich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Noten aus der Milchsäuregärung (Sauermilchton, buttrig..)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Adstringenz/Bitterkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sind dir sonstige Abweichungen aufgefallen? Wenn ja, dann bitte um Beschreibung!

Probe 728 – Erdbeersaft

<i>Referenz</i>	<i>Prüf- proben</i>	<i>IN</i>	<i>JUST IN</i>	<i>JUST OUT</i>	<i>OUT</i>	<i>Anmerkung Wie äußert sich die Abweichung?</i>
R 2	728					

JUST IN oder schlechter? Bitte die Intensität folgende Attribute beurteilen

Probe 728	nicht wahr- nehmbar						stark ausge- prägt
Farbänderung	<input type="checkbox"/>						
Gärnoten	<input type="checkbox"/>						
Hefenoten	<input type="checkbox"/>						
Essigstich	<input type="checkbox"/>						
Noten aus der Milchsäuregärung (Sauermilchton, buttrig..)	<input type="checkbox"/>						
Adstringenz/Bitterkeit	<input type="checkbox"/>						

Sind dir sonstige Abweichungen aufgefallen? Wenn ja, dann bitte um Beschreibung!

Probe 519 – Erdbeersaft

<i>Referenz</i>	<i>Prüf- proben</i>	<i>IN</i>	<i>JUST IN</i>	<i>JUST OUT</i>	<i>OUT</i>	<i>Anmerkung Wie äußert sich die Abweichung?</i>
R 3	519					

JUST IN oder schlechter? Bitte die Intensität folgende Attribute beurteilen

Probe 519	nicht wahr- nehmbar						stark ausge- prägt
Farbänderung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gärnoten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hefenoten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Essigstich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Noten aus der Milchsäuregärung (Sauermilchton, buttrig..)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Adstringenz/Bitterkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sind dir sonstige Abweichungen aufgefallen? Wenn ja, dann bitte um Beschreibung!

Probe 270 – Spinatsaft

<i>Referenz</i>	<i>Prüf- proben</i>	<i>IN</i>	<i>JUST IN</i>	<i>JUST OUT</i>	<i>OUT</i>	<i>Anmerkung Wie äußert sich die Abweichung?</i>
R 4	270					

JUST IN oder schlechter? Bitte die Intensität folgende Attribute beurteilen

Probe 270	nicht wahr- nehmbar						stark ausge- prägt
Farbänderung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gärnoten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hefenoten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Essigstich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Noten aus der Milchsäuregärung (Sauermilchton, buttrig..)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Adstringenz/Bitterkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sind dir sonstige Abweichungen aufgefallen? Wenn ja, dann bitte um Beschreibung!

Probe 184 – Spinatsaft

<i>Referenz</i>	<i>Prüf- proben</i>	<i>IN</i>	<i>JUST IN</i>	<i>JUST OUT</i>	<i>OUT</i>	<i>Anmerkung Wie äußert sich die Abweichung?</i>
R 5	184					

JUST IN oder schlechter? Bitte die Intensität folgende Attribute beurteilen

Probe 184	nicht wahr- nehmbar						stark ausge- prägt
Farbänderung	<input type="checkbox"/>						
Gärnoten	<input type="checkbox"/>						
Hefenoten	<input type="checkbox"/>						
Essigstich	<input type="checkbox"/>						
Noten aus der Milchsäuregärung (Sauermilchton, buttrig..)	<input type="checkbox"/>						
Adstringenz/Bitterkeit	<input type="checkbox"/>						

Sind dir sonstige Abweichungen aufgefallen? Wenn ja, dann bitte um Beschreibung!

Probe 903 – Spinatsaft

<i>Referenz</i>	<i>Prüf- proben</i>	<i>IN</i>	<i>JUST IN</i>	<i>JUST OUT</i>	<i>OUT</i>	<i>Anmerkung Wie äußert sich die Abweichung?</i>
R 6	903					

JUST IN oder schlechter? Bitte die Intensität folgende Attribute beurteilen

Probe 903	nicht wahr- nehmbar						stark ausge- prägt
Farbänderung	<input type="checkbox"/>						
Gärnoten	<input type="checkbox"/>						
Hefenoten	<input type="checkbox"/>						
Essigstich	<input type="checkbox"/>						
Noten aus der Milchsäuregärung (Sauermilchton, buttrig..)	<input type="checkbox"/>						
Adstringenz/Bitterkeit	<input type="checkbox"/>						

Sind dir sonstige Abweichungen aufgefallen? Wenn ja, dann bitte um Beschreibung!

B. Chromatogramme

Die Menge an produzierten Daten und Chromatogrammen würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Deshalb ist pro Messmethode ein Beispiel in den nächsten drei Unterkapiteln angeführt.

1. Vitamin C-Messung mittels HPLC

Nachdem die Proben wie unter „Material und Methoden – Arbeitsablauf bzw. Hochleistungsflüssigkeitschromatographie“ vorbereitet und analysiert wurden erhielt man ein Chromatogramm mit der Retentionszeit, die gegen die Absorption bei 254 nm aufgetragen ist, wie die Abb. 49 zeigt. Das Chromatogramm zeigt die Konzentration von Vitamin C im frisch gepressten Tomatensaft, sowie nach 2, 5, 8 und 24 Stunden von allen Entsafter-Modellen.

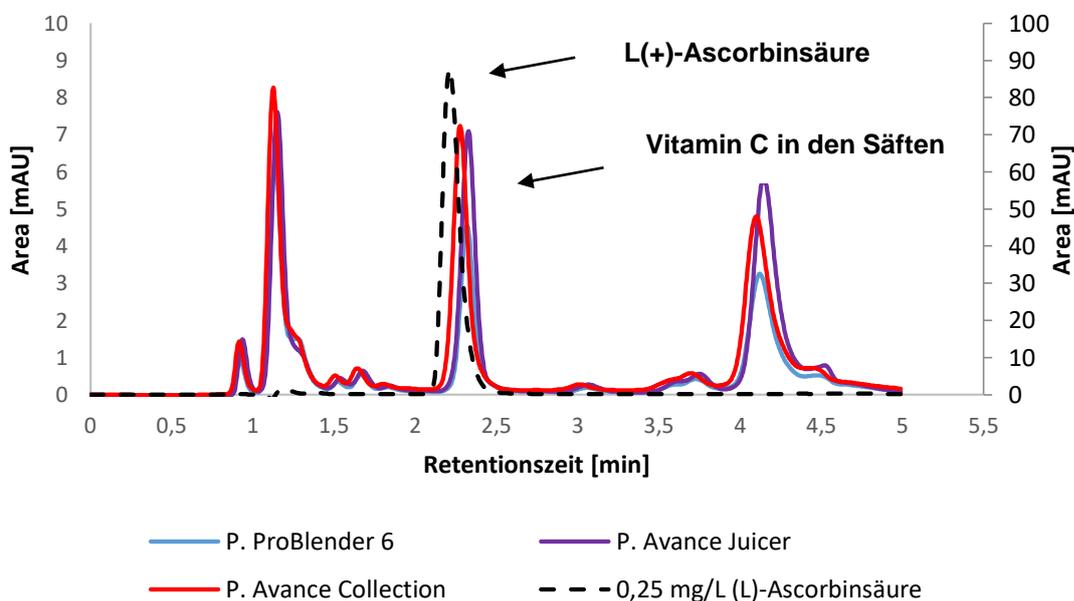


Abbildung 49: Frisch gepresster Tomatensaft von allen Entsafter-Modellen. Die Retentionszeit von Vitamin C liegt bei 2,1 – 2,2 min. Die rechte Skala gilt für den Referenzwert L(+)-Ascorbinsäure 0,25 mg/L.

2. β -Carotin Messung mittels HPTLC

Die Konzentration von β -Carotin wurde im frisch gepressten Tomatensaft, sowie nach 2, 5, 8 und 24 Stunden gemessen (Abb. 50-54).

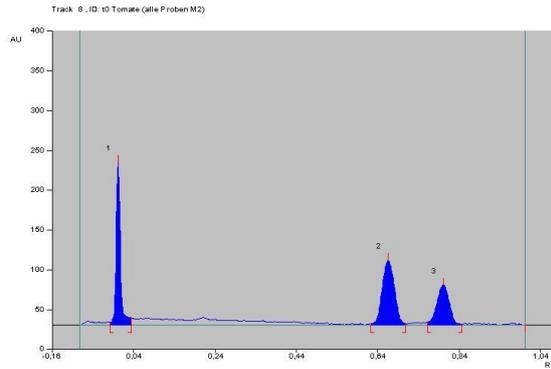


Abbildung 50: β -Carotin im Tomatensaft von P. ProBlender 6 zum Zeitpunkt t_0 = frisch gepresst. Der Retentionsfaktor (Rf) ist gegen die Absorption Unit (AU) aufgetragen. Nr. 1 = Startposition, Nr. 2 = Lykopen, Nr. 3 = β -Carotin.

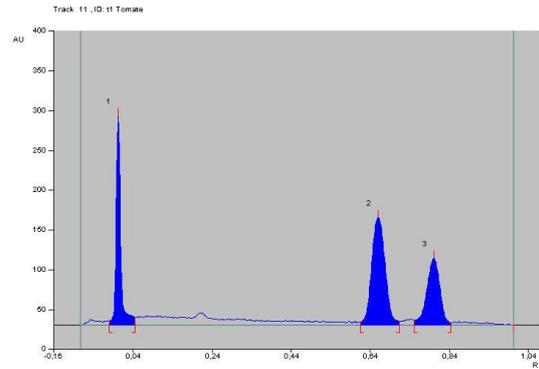


Abbildung 51: β -Carotin im Tomatensaft von P. ProBlender 6 zum Zeitpunkt t_1 = 2 h Lagerung bei 4 °C. Der Retentionsfaktor (Rf) ist gegen die Absorption Unit (AU) aufgetragen. Nr. 1 = Startposition, Nr. 2 = Lykopen, Nr. 3 = β -Carotin.

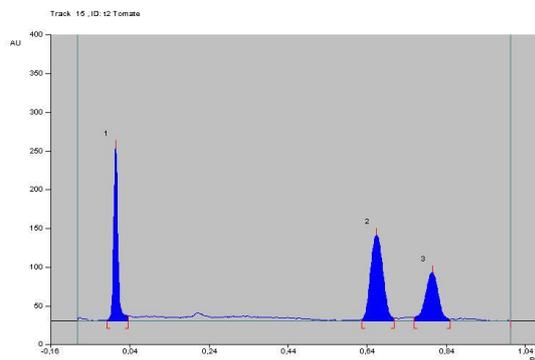


Abbildung 52: β -Carotin im Tomatensaft von P. ProBlender 6 zum Zeitpunkt t_2 = 5 h Lagerung bei 4 °C. Der Retentionsfaktor (Rf) ist gegen die Absorption Unit (AU) aufgetragen. Nr. 1 = Startposition, Nr. 2 = Lykopen, Nr. 3 = β -Carotin.

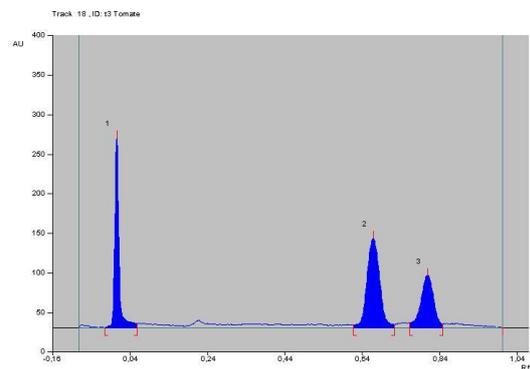


Abbildung 53: β -Carotin im Tomatensaft von P. ProBlender 6 zum Zeitpunkt t_3 = 8 h Lagerung bei 4 °C. Der Retentionsfaktor (Rf) ist gegen die Absorption Unit (AU) aufgetragen. Nr. 1 = Startposition, Nr. 2 = Lykopen, Nr. 3 = β -Carotin.

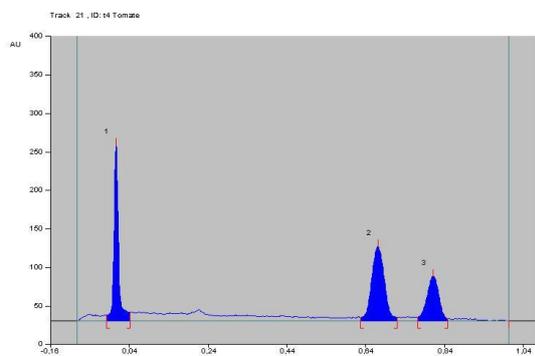


Abbildung 54: β -Carotin im Tomatensaft von P. ProBlender 6 zum Zeitpunkt t_4 = 24 h Lagerung bei 4 °C. Der Retentionsfaktor (Rf) ist gegen die Absorption Unit (AU) aufgetragen. Nr. 1 = Startposition, Nr. 2 = Lykopen, Nr. 3 = β -Carotin.

3. Messung der Anthocyane mittels HPLC

Nachdem die Proben wie unter „Material und Methoden – Arbeitsablauf bzw. Hochleistungsflüssigkeitschromatographie“ vorbereitet und analysiert wurden erhielt man ein Chromatogramm mit der Retentionszeit, die gegen die milli-Absorbance Unit aufgetragen ist. Die Messung der Anthocyane erfolgte mittels einer HPLC-Methode, die bereits in der Arbeitsgruppe etabliert ist. Deshalb wurden die Retentionszeiten der gemessenen Anthocyane mit den Retentionszeiten einer Publikation verglichen (*siehe Methoden: Messung der Anthocyane im Erdbeer- und Weintraubensaft und Tab. 8*). Als Beispiel werden in Abb. 55 die Anthocyane des Erdbeersaftes, hergestellt von P. ProBlender 6, im frisch gepressten Saft, sowie nach 2,5, 8 und 24 h gezeigt.

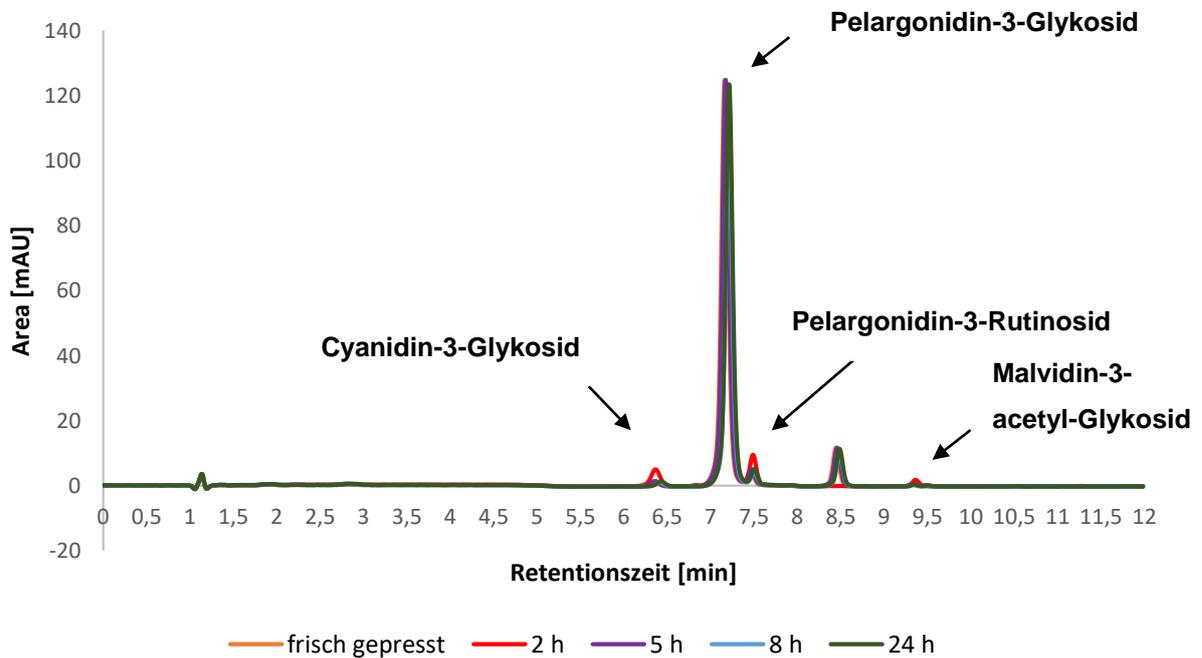


Abbildung 55: Anthocyane im Erdbeersaft hergestellt mit P. ProBlender 6.

VI. Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: DIE ASCORBINSÄURE ALS REDOX-SYSTEM [REHNER 2010].	20
ABBILDUNG 2: SYNERGISMUS ZWISCHEN VITAMIN E UND VITAMIN C [EBERMANN 2011].	21
ABBILDUNG 3: BIOSYNTHESE VON 11-CIS-RETINALDEHYD, ALL-TRANS-RETINOL UND ALL-TRANS-RETINSÄURE [REHNER 2010].	24
ABBILDUNG 4: EINTEILUNG DER PHENOLISCHEN SUBSTANZEN ANHAND GEMEINSAMER STRUKTURMERKMALE [RIMBACH 2015].	25
ABBILDUNG 5: GRUNDSTRUKTUR DER ANTHOCYANIDINE [WATZL 2002].	26
ABBILDUNG 6: ENTSAFTER DER MARKE PHILIPS [BILDER AUS: BEDIENUNGSANLEITUNG].	35
ABBILDUNG 7: AUFBAU DES P. AVANCE COLLECTION [BEDIENUNGSANLEITUNG VON PHILIPS AVANCE COLLECTION].	35
ABBILDUNG 8: AUFBAU DES PHILIPS PROBLENDER 6 [BEDIENUNGSANLEITUNG PHILIPS PRO-BLENDER 6].	36
ABBILDUNG 9: AUFBAU DES PHILIPS AVANCE JUICER [BEDIENUNGSANLEITUNG PHILIPS AVANCE JUICER].	37
ABBILDUNG 10: B-CAROTIN AUS ORANGENSAFT, TOMATENSAFT UND SPINATSAFT (VON LINKS NACH RECHTS). DIE PROBEN WURDE 1:1 MIT ESSIGSÄUREETHYLESTER VERMISCHT, GESCHÜTTELT UND ZENTRIFUGIERT.	38
ABBILDUNG 11: ARBEITSABLAUF, VOM PRESSEN DER SÄFTE BIS ZUR ENTNAHME DER PROBEN. [BILDQUELLEN: EPPENDORFREAKTIONSGEFÄß: CORPORATE.EPPENDORF.COM, OBST & KÜHLSCHRANK: AUSMALBILDER.DE, ENTSAFTER: AMAZON.DE]	39
ABBILDUNG 12: HPTLC-AUFTRENNUNG DER CAROTINOIDE DURCH DIE MOBILE PHASE AM BEISPIEL VON SPINATSAFT.	42
ABBILDUNG 13: AUFTRAGUNG DER EXTRAHIERTEN SPINATSAFTPROBE MITTELS AUTOMATISCHEN SAMPLERS ZUR ANALYSE DES B-CAROTINS AUF DER KIESELGELPLATTE.	43
ABBILDUNG 14: PH-METER	43
ABBILDUNG 15: AUFBAU EINES MIKROSENSORS FÜR DIE SAUERSTOFFMESSUNG [LOLIGO SYSTEMS APS (2005)].	45
ABBILDUNG 16: SPEKTRUM DES TETRAMETHYLBENZIDINS. FARBLOS: 3,3',5,5'-TETRAMETHYLBENZIDIN (Λ_{MAX} 210 NM, 286 NM); BLAU: 3,3',5,5'-TETRAMETHYLBENZIDIN-RADIKALKATION (Λ_{MAX} 210 NM, 370 NM, 650 NM); GELB: 3,3',5,5'-TETRAMETHYL-1,1'-DIPHENOCHINON-4,4'-DIIMONIUMION, (Λ_{MAX} 210 NM, 450 NM) [GALLATI 1985].	46
ABBILDUNG 17: STABILITÄT DES VITAMIN C GEHALTES IM ORANGENSAFT IM VERLAUF VON 24 H. DIE LAGERUNG ERFOLGTE BEI 4 °C UND DIE SÄFTE WURDEN MIT ALLEN ENTSAFTERN HERGESTELLT.	52
ABBILDUNG 18: STABILITÄT DES VITAMIN C GEHALTES IM ERDBEERSAFT IM VERLAUF VON 24 H. DIE LAGERUNG ERFOLGTE BEI 4 °C UND DIE SÄFTE WURDEN MIT ALLEN ENTSAFTERN HERGESTELLT.	53
ABBILDUNG 19: STABILITÄT DES VITAMIN C GEHALTES IM SPINATSAFT IM VERLAUF VON 24 H. DIE LAGERUNG ERFOLGTE BEI 4 °C UND DIE SÄFTE WURDEN MIT ALLEN ENTSAFTERN HERGESTELLT.	54
ABBILDUNG 20: STABILITÄT DES VITAMIN C GEHALTES IM TOMATENSAFT IM VERLAUF VON 24 H. DIE LAGERUNG ERFOLGTE BEI 4 °C UND DIE SÄFTE WURDEN MIT ALLEN ENTSAFTERN HERGESTELLT.	56
ABBILDUNG 21: GESAMTERGEBNIS DES VITAMIN C GEHALTES IM VERLAUF VON 24 H IN ALLEN OBST- UND GEMÜSESÄFTEN, GEPRESST MIT ALLEN ENTSAFTERN.	58
ABBILDUNG 22: B-CAROTIN IM ORANGENSAFT IM VERLAUF VON 24 H. DIE LAGERUNG ERFOLGTE BEI 4 °C UND DIE SÄFTE WURDEN MIT ALLEN ENTSAFTERN HERGESTELLT.	60
ABBILDUNG 23: B-CAROTIN IM SPINATSAFT IM VERLAUF VON 24 H. DIE LAGERUNG ERFOLGTE BEI 4 °C UND DIE SÄFTE WURDEN MIT ALLEN ENTSAFTERN HERGESTELLT.	61
ABBILDUNG 24: B-CAROTIN IM TOMATENSAFT IM VERLAUF VON 24 H. DIE LAGERUNG ERFOLGTE BEI 4 °C UND DIE SÄFTE WURDEN MIT ALLEN ENTSAFTERN HERGESTELLT.	62

ABBILDUNG 25: GESAMTÜBERSICHT DES B-CAROTIN GEHALTES IN ALLEN FRUCHTSÄFTEN, HERGESTELLT MIT DEN 3 VERWENDETEN ENTSAFTERN.	64
ABBILDUNG 26: STABILITÄT DER ANTHOCYANE IM ERDBEERSAFT INNERHALB VON 24 H, HERGESTELLT MIT ALLEN ENTSAFTERN. FÜR PELARGONIDIN-3-GLUKOSID (ORANGENER BALKEN) GILT DIE RECHTE SKALA.....	66
ABBILDUNG 27: STABILITÄT DER ANTHOCYANE IM TRAUBENSAFT INNERHALB VON 24 H, HERGESTELLT MIT ALLEN ENTSAFTERN. FÜR DELPHINIDIN-3-GLUKOSID (ORANGENER BALKEN) UND PETUNIDIN-3-GLUKOSID (BLAUER BALKEN) GILT DIE RECHTE SKALA.....	68
ABBILDUNG 28: PH-WERTE DER FRISCH GEPRESSTEN SÄFTE ALS AUCH DER 24 H GELAGERTEN SÄFTE ALLER ENTSAFTER-MODELLE.....	74
ABBILDUNG 29: ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT DER FRISCH GEPRESSTEN SÄFTE ALS AUCH DER 24 H GELAGERTEN SÄFTE ALLER ENTSAFTER-MODELLE.....	78
ABBILDUNG 30: SAUERSTOFFKONZENTRATION DER FRISCH GEPRESSTEN SÄFTE ALS AUCH DER 24 H GELAGERTEN SÄFTE ALLER ENTSAFTER-MODELLE.....	82
ABBILDUNG 31: ANTI-OXIDATIVE KAPAZITÄT DER OBST- UND GEMÜSESÄFTE. ENZYMATISCHE OXIDATION DES TETRAMETHYLBENZIDINS.....	84
ABBILDUNG 32: ANTI-OXIDATIVE KAPAZITÄT DER OBST- UND GEMÜSESÄFTE. NACH DER INKUBATIONSZEIT UND ZUGABE DER STOPP-LÖSUNG (=ABSENKUNG DES PH-WERTES).....	84
ABBILDUNG 33: GESAMTERGEBNIS DER ANTI-OXIDATIVEN KAPAZITÄT IN DEN VERSCHIEDENEN OBST- UND GEMÜSESÄFTEN (FRISCH GEPRESST & 24 H GELAGERT) HERGESTELLT DURCH DIE UNTERSCHIEDLICHEN ENTSAFTER-MODELLE.....	87
ABBILDUNG 34: BAKTERIENKOLONIEN IN DEN OBST- UND GEMÜSESÄFTEN, HERGESTELLT DURCH ALLE ENTSAFTER. DIE OBST- UND GEMÜSESÄFTE WURDEN FRISCH GEPRESST UND BIS ZUR ANALYSE BEI -18 °C AUFBEWAHRT. DIE 24 H PROBE WURDE BEI 4 °C IM KÜHLSCHRANK GELAGERT UND EBENFALLS BIS ZUR ANALYSE BEI -18 °C GELAGERT. T0 = FRISCH GEPRESST, T24 = 24 H-PROBE.....	94
ABBILDUNG 35: HEFEKOLONIEN IN DEN OBST- UND GEMÜSESÄFTEN, HERGESTELLT DURCH ALLE ENTSAFTER. DIE OBST- UND GEMÜSESÄFTE WURDEN FRISCH GEPRESST UND BIS ZUR ANALYSE BEI -18 °C AUFBEWAHRT. DIE 24 H PROBE WURDE BEI 4 °C IM KÜHLSCHRANK GELAGERT UND EBENFALLS BIS ZUR ANALYSE BEI -18 °C GELAGERT. T0 = FRISCH GEPRESST, T24 = 24 H PROBE.....	95
ABBILDUNG 36: ERGEBNISSE DES IN/OUT TESTS FÜR DIE ORANGENSÄFTE; N = 9.....	98
ABBILDUNG 37: ERGEBNIS DER QUANTITATIVE-DESKRIPTIVEN BEURTEILUNG DER ORANGENSÄFTE	98
ABBILDUNG 38: ERGEBNISSE DES IN/OUT TESTS FÜR DIE ERDBEERSÄFTE; N = 9.....	99
ABBILDUNG 39: ERGEBNIS DER QUANTITATIVE-DESKRIPTIVEN BEURTEILUNG DER ERDBEERSÄFTE	99
ABBILDUNG 40: ERGEBNISSE DES IN/OUT TESTS FÜR DIE APFELSÄFTE; N = 8	100
ABBILDUNG 41: ERGEBNIS DER QUANTITATIVE-DESKRIPTIVEN BEURTEILUNG DER APFELSÄFTE	100
ABBILDUNG 42: ERGEBNISSE DE IN/OUT TESTS FÜR DIE TRAUBENSÄFTE, N = 8.....	101
ABBILDUNG 43: ERGEBNIS DER QUANTITATIVE-DESKRIPTIVEN BEURTEILUNG DER TRAUBENSÄFTE	101
ABBILDUNG 44: ERGEBNISSE DES IN/OUT TESTS FÜR DIE SPINATSÄFTE; N = 8	102
ABBILDUNG 45: ERGEBNIS DER QUANTITATIVE-DESKRIPTIVEN BEURTEILUNG DER SPINATSÄFTE; N = 8	102
ABBILDUNG 46: ERGEBNISSE DES IN/OUT TESTS FÜR DIE TOMATENSÄFTE; N = 8.....	103
ABBILDUNG 47: ERGEBNIS DER QUANTITATIVE-DESKRIPTIVEN BEURTEILUNG DER TOMATENSÄFTE; N = 8....	103
ABBILDUNG 48: MÜSLIRIEGEL AUS DEN RÜCKSTÄNDEN DES ENTSAFTERS P. AVANCE JUICER.....	105
ABBILDUNG 49: FRISCH GEPRESSTER TOMATENSaft VON ALLEN ENTSAFTER-MODELLEN. DIE RETENTIONSZEIT VON VITAMIN C LIEGT BEI 2,1 – 2,2 MIN. DIE RECHTE SKALA GILT FÜR DEN REFERENZWERT L(+)-ASCORBINSÄURE 0,25 MG/L.	113
ABBILDUNG 50: B-CAROTIN IM TOMATENSaft VON P. PROBLENDER 6 ZUM ZEITPUNKT T0 = FRISCH GEPRESST. DER RETENTIONSFAKTOR (RF) IST GEGEN DIE ABSORPTION UNIT (AU) AUFGETRAGEN. NR. 1 = STARTPOSITION, NR. 2 = LYKOPIN, NR. 3 = B-CAROTIN.	114

ABBILDUNG 51: B-CAROTIN IM TOMATENSAFT VON P. PROBLENDER 6 ZUM ZEITPUNKT T1 = 2 H LAGERUNG BEI 4 °C. DER RETENTIONS-FAKTOR (RF) IST GEGEN DIE ABSORPTION UNIT (AU) AUFGETRAGEN. NR. 1 = STARTPOSITION, NR. 2 = LYKOPIN, NR. 3 = B-CAROTIN.	114
ABBILDUNG 52: B-CAROTIN IM TOMATENSAFT VON P. PROBLENDER 6 ZUM ZEITPUNKT T2 = 5 H LAGERUNG BEI 4 °C. DER RETENTIONS-FAKTOR (RF) IST GEGEN DIE ABSORPTION UNIT (AU) AUFGETRAGEN. NR. 1 = STARTPOSITION, NR. 2 = LYKOPIN, NR. 3 = B-CAROTIN.	114
ABBILDUNG 53: B-CAROTIN IM TOMATENSAFT VON P. PROBLENDER 6 ZUM ZEITPUNKT T3 = 8 H LAGERUNG BEI 4 °C. DER RETENTIONS-FAKTOR (RF) IST GEGEN DIE ABSORPTION UNIT (AU) AUFGETRAGEN. NR. 1 = STARTPOSITION, NR. 2 = LYKOPIN, NR. 3 = B-CAROTIN.	114
ABBILDUNG 54: B-CAROTIN IM TOMATENSAFT VON P. PROBLENDER 6 ZUM ZEITPUNKT T4 = 24 H LAGERUNG BEI 4 °C. DER RETENTIONS-FAKTOR (RF) IST GEGEN DIE ABSORPTION UNIT (AU) AUFGETRAGEN. NR. 1 = STARTPOSITION, NR. 2 = LYKOPIN, NR. 3 = B-CAROTIN.	114
ABBILDUNG 55: ANTHOCYANE IM ERDBEERSAFT HERGESTELLT MIT P. PROBLENDER 6.....	115

VII. Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: VITAMINE UND MINERALSTOFFE: GEHALT IN DEN OBST- UND GEMÜSESORTEN SOWIE DER TÄGLICHE BEDARF FÜR 10 BIS 65-JÄHRIGE MENSCHEN. K = KALIUM, NA = NATRIUM, CA = CALCIUM, MG = MAGNESIUM, P = PHOSPHOR, K.A. = KEINE ANGABEN. WERTE FÜR SPINAT [LM-WARENKUNDE] BEZIEHEN SICH AUF TIEFKÜHLWARE. [RIMBACH 2015; ¹ EBERMANN 2011; ² LM-WARENKUNDE, ³ BELITZ 2008]	12
TABELLE 2: ABSORPTIONSMAXIMA VON ANTHOCYANIDINEN. ^A IN METHANOL, 0,01%IG AN HCL. ^B 3-GLUCOSIDE. ^C ALCL ₃ BEWIRKT BLAUVERSCHIEBUNG UM 14-23 NM [BELITZ 2008].....	27
TABELLE 3: GEHALT AN VITAMINEN IN DEN VERSCHIEDENEN OBST- UND GEMÜSESORTEN PRO 100 G FRISCHGEWICHT. ANTI-OXIDATIV WIRKENDE VITAMINE SIND ORANGE MARKIERT [LM WARENKUNDE 2016].	30
TABELLE 4: HERKUNFT UND SORTE DER VERWENDETEN OBST- UND GEMÜSESORTEN IN DEN VERSCHIEDENEN EXPERIMENTEN.....	34
TABELLE 5: AUFBAU DES P. AVANCE COLLECTION [BEDIENUNGSANLEITUNG PHILIPS AVANCE COLLECTION].	36
TABELLE 6: AUFBAU DES PHILIPS PROBLENDER 6 [BEDIENUNGSANLEITUNG PHILIPS PROBLENDER 6].....	36
TABELLE 7: AUFBAU DES PHILIPS AVANCE JUICER [BEDIENUNGSANLEITUNG PHILIPS AVANCE JUICER].	37
TABELLE 8: RETENTIONSZEIT DER ANTHOCYANE IM ERDBEER- UND TRAUBENSAFT.	41
TABELLE 9: ENTSCHEIDUNGSKRITERIEN ZUR BEURTEILUNG VON PRODUKTIONSBEGLEITENDER SENSORIK [BUSCH-STOCKFISCH 2002].	49
TABELLE 10: STABILITÄT DES VITAMIN C GEHALTES IM ORANGENSAFT, GEPRESST MIT ALLEN VERWENDETEN ENTSAFTERN. JEDER WERT ENTSPRICHT DEM MITTELWERT AUS 3 WIEDERHOLUNGEN, STD.AB = STANDARDABWEICHUNG.....	52
TABELLE 11: STABILITÄT DES VITAMIN C GEHALTES IM ERDBEERSAFT, GEPRESST MIT ALLEN VERWENDETEN ENTSAFTERN. JEDER WERT ENTSPRICHT DEM MITTELWERT AUS 3 WIEDERHOLUNGEN, STD.AB. = STANDARDABWEICHUNG.....	53
TABELLE 12: STABILITÄT DES VITAMIN C GEHALTES IM SPINATSAFT, GEPRESST MIT ALLEN VERWENDETEN ENTSAFTERN. JEDER WERT ENTSPRICHT DEM MITTELWERT AUS 3 WIEDERHOLUNGEN, STD.AB. = STANDARDABWEICHUNG.....	54
TABELLE 13: STABILITÄT DES VITAMIN C GEHALTES IM TOMATENSAFT, GEPRESST MIT ALLEN VERWENDETEN ENTSAFTERN. JEDER WERT ENTSPRICHT DEM MITTELWERT AUS 3 WIEDERHOLUNGEN, STD.AB. = STANDARDABWEICHUNG.....	55
TABELLE 14: GESAMTERGEBNIS DES VITAMIN C-GEHALTES IN DEN OBST- UND GEMÜSESÄFTEN.....	57
TABELLE 15: STABILITÄT DES B-CAROTINS IM ORANGENSAFT INNERHALB VON 24 H UND GEPRESST MIT ALLEN ENTSAFTERN. WERTE ENTSPRECHEN MITTELWERTE, STD.ABW. = STANDARDABWEICHUNG.....	59
TABELLE 16: STABILITÄT DES B-CAROTINS IM SPINATSAFT INNERHALB VON 24 H UND GEPRESST MIT ALLEN ENTSAFTERN. WERTE SIND MITTELWERTE, STD.ABW. = STANDARDABWEICHUNG.	60
TABELLE 17: STABILITÄT DES B-CAROTINS IM TOMATENSAFT INNERHALB VON 24 H UND GEPRESST MIT ALLEN ENTSAFTERN. WERTE ENTSPRECHEN DEM MITTELWERT, STD.ABW. = STANDARDABWEICHUNG	62
TABELLE 18: GESAMTÜBERSICHT DES B-CAROTIN-GEHALTES IN DEN VERSCHIEDENEN OBST- UND GEMÜSESÄFTEN, HERGESTELLT MIT DEN 3 UNTERSCHIEDLICHEN ENTSAFTERN. MW = MITTELWERT, STD.ABW. = STANDARDABWEICHUNG.....	63
TABELLE 19: STABILITÄT DER ANTHOCYANE IM ERDBEERSAFT. VERGLEICH DER VERWENDETEN SAFTPRESSEN. [MAU] = MILLI ABSORBANCE UNIT - ENTSPRICHT DER PEAKFLÄCHE; CYANIDIN-3-GLUKOSID (CYN-3-GLU), PELARGONIDIN-3-GLUKOSID (PEL-3-GLU), PELARGONIDIN-3-RUTINOSID (PEL-3-RUT), MALVIDIN-3-ACETYL-GLYKOSID (MAL-3-AC-GLU).....	66
TABELLE 20: STABILITÄT DER ANTHOCYANE IM WEINTRAUBENSAFT. VERGLEICH DER VERWENDETEN SAFTPRESSEN. [MAU] = MILLI ABSORBANCE UNIT - ENTSPRICHT DER PEAKFLÄCHE.	67

TABELLE 21: PH-WERT DER OBST- UND GEMÜSESÄFTE. ABB. A-F UND TAB. A-F: DIFFERENZ DES PH-WERTES DER FRISCH GEPRESSTEN SÄFTE (T0) MIT DEN JEWELIGEN 24 H (T24) GELAGERTEN SÄFTEN. VERGLEICH DER ENTSAFTER-MODELLE.	70
TABELLE 22: PH-WERT DER FRISCH GEPRESSTEN SÄFTE IM VERGLEICH ZU DEN 24 H GELAGERTEN SÄFTEN ALLER ENTSAFTER-MODELLE.	73
TABELLE 23: ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT DER OBST- UND GEMÜSESÄFTE. ABB. UND TAB. A-F: DIFFERENZ DES LEITWERTES DER FRISCH GEPRESSTEN SÄFTE (T0) MIT DEN JEWELIGEN 24 H (T24) GELAGERTEN SÄFTEN ALLER ENTSAFTER-MODELLE.	74
TABELLE 24: ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT DER FRISCH GEPRESSTEN SÄFTE IM VERGLEICH MIT DEN 24 H GELAGERTEN SÄFTEN ALLER ENTSAFTER-MODELLE.	77
TABELLE 25: SAUERSTOFFKONZENTRATION DER FRISCH GEPRESSTEN SÄFTE IM VERGLEICH ZU DEN 24 H GELAGERTEN SÄFTEN ALLER ENTSAFTER-MODELLE. ABB. UND TAB. A-F: GRÜN = PROBE WURDE NICHT ZENTRIFUGIERT; ROT = WERT IST NICHT KONSTANT, T0 = FRISCH GEPRESST, T24 = 24 H GELAGERT. .	79
TABELLE 26: SAUERSTOFFKONZENTRATION DER FRISCH GEPRESSTEN SÄFTE IM VERGLEICH MIT DEN 24 H GELAGERTEN SÄFTEN ALLER ENTSAFTER-MODELLE. GRÜN = PROBE WURDE NICHT ZENTRIFUGIERT; ROT = WERT IST NICHT KONSTANT.	82
TABELLE 27: BESCHRIFTUNGSSCHEMA DES TAC-ASSAYS. GRAU: STD = STANDARD = TROLOX IN [MMOL/L]; STD. A = 0 MMOL/L; STD. B = 0,375 MMOL/L; STD. C = 0,75 MMOL/L; STD. D = 1,5 MMOL/L; STD. E = 3 MMOL/L; BLAU: CTR 1&2 = KONTROLLE; M1 = PHILIPS AVANCE COLLECTION, M2 = PHILIPS PROBLENDER 6, M3 = PHILIPS AVANCE JUICER; S = SPINAT (DUNKELGRÜN), T = TOMATE (DUNKELROT), W = ROTE WEINTRAUBE (VIOLETT), A = APFEL (HELLGRÜN), O = ORANGE (ORANGE), E = ERDBEERE (HELLROT); T0 = FRISCH GEPRESST, T24 = 24 H GELAGERTER FRUCHTSAFT (GEKÜHLT BEI 4 °C).	83
TABELLE 28: ABSORPTION DER FRUCHTSÄFTE BEI 450 NM. GEMESSEN IN FRISCH GEPRESSTEN SÄFTEN UND NACH 24 H (T0, T24). VERGLEICH DER VERSCHIEDENEN ENTSAFTER MODELLE.	84
TABELLE 29: ANTI-OXIDATIVE KAPAZITÄT DER VERSCHIEDENEN OBST- UND GEMÜSESÄFTE. VERGLEICH DER FRISCH GEPRESSTEN SÄFTE (T0) MIT DEN 24 H (T24) BEI 4 °C GELAGERTEN SÄFTEN UND ZWISCHEN DEN VERSCHIEDENEN ENTSAFTER MODELLEN.	85
TABELLE 30: ANTI-OXIDATIVE KAPAZITÄT DER OBST- UND GEMÜSESÄFTE. ABB. A-F: VERGLEICH DER VERSCHIEDENEN ENTSAFTER MODELLE UND UNTERSCHIEDE ZWISCHEN FRISCH GEPRESSTEN SÄFTEN (T0) UND 24 H (T24) BEI 4 °C GELAGERTEN SÄFTEN.	86
TABELLE 31: BAKTERIEN, HEFEN UND SCHIMMEL IN DEN VERSCHIEDENEN OBST- UND GEMÜSESÄFTEN ALLER ENTSAFTER-MODELLE. T0 = FRISCH GEPRESST, T24 = 24 H BEI 4 °C GELAGERT. ≤ KLEINER BZW. UNTER DEM ANGEgebenEN WERT.	89
TABELLE 32: BAKTERIENKOLONIEN UND HEFEKOLONIEN IN DEN FRISCH ZUBEREITETEN SÄFTEN ALS AUCH NACH 24 H LAGERUNG. ABB. A-F: VERGLEICH DER VERWENDETEN ENTSAFTER-MODELLE. T0 = FRISCH GEPRESST, T24 = 24 H BEI 4 °C GELAGERT.	90
TABELLE 33: FRISCH GEPRESSTE SÄFTE DER UNTERSCHIEDLICHEN OBST- UND GEMÜSESORTEN. ABB. A-F: REIHENFOLGE VON LINKS NACH RECHTS IN JEDER ABBILDUNG: P. AVANCE COLLECTION, P. PROBLENDER 6 UND P. AVANCE JUICER.	97

VIII. Literatur

B

Baltes W., Matissek R., **Lebensmittelchemie**, 7. Auflage, 2011, Springer Heidelberg Dordrecht London New York

Bannwarth H., Kremer P. B., Schulz A.; **Basiswissen Physik, Chemie und Biochemie – Vom Atom bis zur Atmung – für Biologen, Mediziner und Pharmazeuten**; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007

Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P., **Lehrbuch der Lebensmittelchemie**, 6. Auflage, 2008, Springer Verlag Berlin Heidelberg

Bedienungsanleitung Philips Avance Collection (2016): <http://www.isearch.philips.com/>

Bedienungsanleitung Philips ProBlender 6 [2016]: <http://www.isearch.philips.com>

Bedienungsanleitung Philips Avance Juicer (2016): <http://www.isearch.philips.com/>

Bhowmik D., Sampath K.K.P., Shraavan P., Shweta S., **Tomato – A Natural Medicine and Its Health Benefits**, Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, Vol. 1. No.1 2012, ISSN 2278-4136

Biesalski H.K, Grimm P., **Taschenatlas Ernährung**, 2015, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

Brandes R.P.L., Schröder K., **Schutz oder Schaden für die Gefäße? Bei Sauerstoffradikalen kommt es auf das Gleichgewicht an**, Das Wissensmagazin - Forschung Frankfurt 1/2012, Goethe Universität Frankfurt am Main

Busch-Stockfisch M., **Praxishandbuch Sensorik**, Kapitel 3.2.5, Grundwerk 08/2002, Behr's Verlag)

Bützer P., **Vitamin C, L-Ascorbinsäure**, Pädagogische Hochschule, St. Gallen 2009

C

Carlsson S. (Hsg), **Spinat – saisonfrisch**, 2001, Gondrom, Bindlach

Chemie-Lexikon, pH-Meter (Januar 2016) <http://www.chemie.de/lexikon/PH-Meter.html>

Clark D.P., Pazdernik N.J., **Molekulare Biotechnologie, Grundlagen und Anwendungen**, 2009 Elsevier Inc., Burlington USA (Originalverlag), dt. Ausgabe: Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg

D

Die Umweltberatung Wien (Hrsg.), die Umweltberatung Niederösterreich, Die Wiener Volkshochschulen, Umweltschutzverein Bürger und Umwelt, **Saisonkalender**, 7. Auflage, März 2015, Redaktion: Knieli M., Homolka G., Buchengasse 77/4; 1100 Wien; <http://www.umweltberatung.at/saisonkalender-obst-und-gemuese>

Dillingen-Becker J., **Handbuch des gesamten Gemüsebaues, einschließlich der Küchenkräuter**, Verlag: Parey P. 1956, Original von: Cornell University

Dimitrovska M, Bocevska, Dimitrovski, Murkovic M., 2011 **Anthocyanin composition of Vranec, Cabernet Sauvignon, Merlot and Pinot Noir grapes as indicator of their varietal differentiation**, European Food Research and Technologie (2011) 232:591–600, DOI 10.1007/s00217-011-1425-9

Dümel J., Bachelor-Arbeit. **Beerenanbau in Berggebieten: Kulturbestand und Entwicklungspotenzial in einer exemplarischen Gemeinde**, 2015, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wädenswil

E

Ebermann R., Elmadfa I., **Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung**, 2. Auflage, 2011, © Springer-Verlag, Wien

Eder T.-C. (1974), **Mikrobiologische Probleme bei Lebensmitteln im Haushalt**, Hauswirtschaft und Wissenschaft 4/74, Deutsche Gesellschaft für Hauswirtschaft e.V., Lappersdorf, Deutschland

El-Otmani M., A. Ait-Oubahou, Department of Horticulture, Institute Agronomique et Veterinaire, L. Zacarias IATA, CSIC, **Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits**, Acai to Citrus, A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 2011, Chapter 21

F

Firma WTW; **Konduktometer – die elektrische Leitfähigkeit** (Online-Katalog der Firma WTW, 2016)

Frede W. (Hrsg), **Taschenbuch für Lebensmittelchemiker – Lebensmittel, Bedarfsgegenstände, Kosmetika, Futtermittel**, 3. Vollständig überarbeitete Auflage, 2010, © Springer Verlag Berlin Heidelberg

G

Gallati H., Pracht I., **Peroxidase aus Meerrettich: Kinetische Studien und Optimierung der Peroxidase-Aktivitätsbestimmung mit den Substraten H₂O₂ und 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidin**, Journal of clinical chemistry and clinical biochemistry. Vol. 23, 1985, pp. 453-460

Gey M., 2015 **Instrumentelle Analytik und Bioanalytik – Biosubstanzen, Trennmethode, Strukturanalytik, Applikationen**, 3. Auflage, 2015, Springer Verlag Berlin Heidelberg

Gómez-Alonso S., Garcia-Romero E., Hermosin-Gutiérrez I., **HPLC analysis of diverse grape and wine phenolics using direct injection and multidetection by DAD and fluorescence**, Journal of Food Composition and Analysis 20 (2007) 618-626

H

Habermehl G., Hammann P. E., Krebs H. C., Ternes W., **Naturstoffchemie – Eine Einführung**, 3. Auflage, 2008, Springer Verlag Berlin Heidelberg

Häck M., LDO, Optische Messung der Sauerstoff-Konzentration im Wasser, Nov. 2006 Hach Lange Firmenschrift, Praxisbericht Prozess-Messtechnik LDO,

J

Johnson H., Brook St., **Der große Johnson: Die Enzyklopädie der Weine, Weinbaugebiete und Weinerzeuger der Welt**, 19. Auflage 2009, Copyright © Octopus Publishing Group Ltd., Text copyright © Hugh Johnson, Gräfe und Unzer Verlag GmbH, München

K

Kuhn N., Klapötke T. M., **Allgemeine und Anorganische Chemie – Eine Einführung**, 2014, Springer Verlag Berlin Heidelberg

Kurzweil P., **Chemie, Grundlagen, Aufbauwissen, Anwendung und Experimente**, 2015, 10. Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden

L

Leff J.W., Fierer N. **Bacterial Communities Associated with the Surfaces of Fresh Fruits and Vegetables**, 2013, PLoS ONE 8(3): e59310.

Liebster G., **Gemüse: Warenkunde – Warenkunde Obst und Gemüse Band 2**, 2002, Verlag: Hädecke

LM-Lexikon = **Lebensmittellexikon (online)**:<https://www.lebensmittellexikon.de/>; 2016

LM-Warenkunde = **Lebensmittellexikon (online)**: <http://lebensmittel-warenkunde.de/>, 2016

Loh. S, **Bewertung des Einflusses verschiedener Garverfahren auf die sensorische und ernährungsphysiologische Qualität von frischen und TK-Gemüsen anhand ausgewählter Parameter**, 2004, Cuvillier Verlag

Loligo systems Aps; **Instruction Manual MICROX TX 3 fiber-optic oxygen meter**, Software Version TX3v531 January 2005 (loligosystems.com)

Lösche K., **Enzyme in der Lebensmitteltechnologie**, 2000, Behr's Verlag GmbH&Co, Hamburg

M

Maniak U., **Hydrologie und Wasserwirtschaft – Eine Einführung für Ingenieure**, 6. Auflage, 2010, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

O

Omnignostic Forschungs GmbH **Instructions for use TAC Fast Track**, 2015, Omnignostic Forschungs GmbH, Donaustrasse 137, 3421 Höflein an der Donau

Ottow J.C.G., **Mikrobiologie von Böden, Biodiversität, Ökophysiologie und Metagenomik**, 2011, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-00823-8

P

Pedri U., Pertoll G.; Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg, **Die Auswirkung unterschiedlicher Standorte auf die Trauben- und Weinqualität bei der Sorte ‚Sauvignon blanc‘**, Mitteilungen Klosterneuburg 62 (2012): 123-142; Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Direktor HR DI Dr. Eder R.

Princz S.; **Aufbau einer Online-Abgasanalytik für einen Labor-Fermenter**, 2010, Bachelor Thesis, Hochschule Ulm

R

Rehner G., Daniel H., **Biochemie der Ernährung**, 3. Auflage, 2010, © Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg

Riedl P., Murkovic M., **Determination and Quantification of Anthocyanins in Fruits and Berries**, Ernährung/Nutrition Volume 35, 11-2011

Rimbach G., Nagursky J., Erbersdobler H. F., **Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger**, 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

S

Sahm H., Antranikian G., Stahmann K.P., Takors R., **Industrielle Mikrobiologie**, 2013, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Schubert V., Reiningger G. (Januar 2016) ChemgaPedia, **Potentiometrische pH- Messung**, http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap_11/vlus/pot_phmesung.vlu/Page/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap_11/kap11_2/kap11_2b/kap11_25b.vscml.html

Souci S.W., Fachmann W, Kraut H., **Die Zusammensetzung der Lebensmittel: Nährwert-Tabellen**. 7. Auflage, MedPharm Scientific Publishers, Stuttgart 2008

W

Watzl B., Bub A., **Basiswissen: Carotinoide**, Ernährungs-Umschau 48, 2001, Heft 2, Wiesbaden

Wejnar R., **Der Einfluss der Temperatur auf die Bildung von Zucker, Äpfelsäure und Weinsäure in Weintrauben**, 1965, Institut für Allgemeine Botanik der Friedrich-Schiller-Universität Jena,