



Abteilung Gartenbau
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Universität für Bodenkultur Wien

Masterarbeit

Wertgebende Inhaltsstoffe der Kapuzinerkresse zur Nutzung als funktionelles Lebensmittel

gestellt von:

Keutgen Anna, Univ.Prof. Dipl.-Ing.sc.agr. Dr.sc.agr

Keutgen Norbert, Priv.-Doz. Dr.

von:

Neuhold Elisa

Wien, November 2016

Zusammenfassung

Der Trend zur Nutzung funktioneller Lebensmittel steigt und die Kapuzinerkresse hat großes Nutzungspotenzial. Daher handelt die vorliegende Masterarbeit von ausgewählten, wertgebenden, sekundären Pflanzeninhaltsstoffen der Blätter und Blüten der Kapuzinerkresse *Tropaeolum* sp. Die Blätter und Blüten acht verschiedener Samengruppen wurden auf die Gehalte an Zuckern, Gesamtphenole, Anthocyane, Chlorophylle, Carotinoide und Ascorbinsäure untersucht, sowie auf die antioxidative Kapazität. Dabei wurden hohe Gesamtphenol- und Chlorophyllgehalte, sowie eine hohe antioxidative Kapazität der Blätter ermittelt. Die Blüten enthielten größere Mengen Anthocyane, Carotinoide und Ascorbinsäure als die Blätter. Sie hatten ebenfalls hohe Gehalte an Gesamtphenolen und eine hohe antioxidative Kapazität. Dunkle Blüten hatten einen höheren Anthocyangehalt als helle Blüten. Zwischen den Sorten gab es keinen Unterschied im Gehalt sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe.

Abstract

There is a trend in using functional food and nasturtium has a great service capacity. That's why the present study deals with selected, worth giving, secondary plant compounds of the leaves and petals of nasturtium *Tropaeolum* sp. The leaves and petals of eight seedgroups got analysed on their contents of sugar, polyphenols, anthocyanins, chlorophyll, carotenoids, ascorbic acid and their antioxidant capacity. The results show that the leaves had high contents of chlorophylls and polyphenols as well as a high antioxidant capacity. The petals had higher contents of anthocyanins, carotenoids and ascorbic acid than the leaves. They also had high levels of polyphenols and high antioxidant capacity. Dark flowers had a higher capacity of anthocyanins than bright ones. In between the species there was no difference in the content of secondary plant compounds.

Danksagung

Ich möchte mich bei meinen Eltern bedanken, dass sie mir ein Studium meiner Wahl ermöglicht haben und mich über so weite Strecken nicht nur finanziell unterstützt haben. Ein großer Dank geht an die ganze Familie für ihren Beistand und die ermutigenden Worte, insbesondere in den schwierigen Ausbildungs- und Lebensphasen. Außerdem möchte ich mich bei meinen Freunden bedanken, dass sie mich durch das Studium getragen haben und mir eine wunderschöne Studienzeit bereitet haben. Ein besonderes Dankeschön möchte ich an alle richten, die meine Launen in den schleppenden Zeiten der Masterarbeit ertragen haben, dies gilt besonders für meinen Mitbewohner, der mir an schlechten Tagen nicht ausweichen konnte.

Danke für die Betreuung an Prof. Anna Keutgen und Doz. Norbert Keutgen und das sich am Ende doch noch alles ausgegangen ist. Für den Laborzugang an jedem Wochentag möchte ich mich bei Prof. Elisabeth Helene Koschier bedanken. Zu guter Letzt gilt auch ein großer Dank Ing. Heike Foditsch für ihre fachliche Unterstützung im Labor und ihre erfrischende Art, Chemie verständlicher zu machen.

Unsere Nahrungsmittel sollten Heilmittel, unsere Heilmittel Nahrungsmittel sein.

Hippokrates von Kos

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht.....	3
2.1 Funktionelle Lebensmittel	3
2.1.1 Markt für funktionelle Lebensmittel.....	3
2.1.2 (Eine Art) Definition.....	4
2.1.3 Wirkung	5
2.1.4 Abgrenzung zu Nahrungsergänzungsmittel.....	5
2.1.5 Abgrenzung zu Arzneimittel.....	6
2.2 Essbare Blüten	8
2.2.1 Markt für essbare Blüten.....	8
2.2.2 Wirkung ausgewählter sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe essbarer Blüten	10
2.2.3 Weitere Inhaltsstoffe und die antioxidative Kapazität essbarer Blüten	15
2.3 Kapuzinerkresse <i>Tropaeolum</i> sp.....	19
2.3.1 Kultivierung	20
2.3.2 Anwendung	21
2.4 Inhaltsstoffe der Kapuzinerkresse <i>Tropaeolum</i> sp.....	22
2.4.1 Ausgewählte sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe der Kapuzinerkresse	25
3 Material und Methoden	28
3.1 Standort Versuchszentrum Jedlersdorf	28
3.2 Versuchsaufbau.....	32
3.3 Sortenbeschreibung.....	34
3.4 Methoden	37
3.5 Statistische Auswertung.....	43
4 Ergebnisse.....	44
4.1 Zucker	44
4.2 Gesamtphenole.....	47
4.3 Anthocyane	49
4.4 Chlorophyll	50
4.5 Carotinoide.....	53
4.6 Ascorbinsäure	55

4.7 Antioxidative Kapazität	57
5 Diskussion	59
6 Schlussfolgerung	67
7 Ausblick.....	68
8 Literaturverzeichnis	69
9 Eidesstattliche Erklärung.....	81

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Nitratkonzentration in ausgewählter Kräutern in mg kg ⁻¹ Frischgewicht (Efsa 2008).	16
Tab. 2: Inhaltsstoffe der Blüten der Kapuzinerkresse: Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht (NAVARRO-GONZÁLEZ et al. 2015).....	22
Tab. 3: Ein Auszug der Bodenanalyse der Versuchsfläche in Jedlersdorf im Juni 2013 (Quelle: AGES 2013)	31
Tab. 4: Ergebnisse der Laboranalyse über den Zuckergehalt der Blätter der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht)	45
Tab. 5: Ergebnisse der Laboranalyse über den Zuckergehalt der Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht)	46
Tab. 6: Ergebnisse der Laboranalyse über den Gesamtphenolgehalt der Blätter und Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht).....	47
Tab. 7: Ergebnisse der Laboranalyse über den Anthocyangehalt der Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$ Unterschiedlich Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede auf; NP = Niedrige Pracht).....	49

Tab. 8: Ergebnisse der Laboranalyse zu den Gehalten an Chlorophyll <i>a</i> , Chlorophyll <i>b</i> und den Gesamtchlorophyllgehalt der Blätter der untersuchten Sorten (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz bei Chlorophyll <i>a</i> nach Tamhane- Test, bei Chlorophyll <i>b</i> und Gesamtchlorophyll nach Tukey Test jeweils mit $P \geq 0.05$; NP = Niedrige Pracht)	51
Tab. 9: Ergebnisse der Laboranalyse über den Gehalt an Chlorophyll <i>a</i> , Chlorophyll <i>b</i> und den Gesamtchlorophyllgehalt der Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach Tamhane- Test; NP = Niedrige Pracht; nn = nicht nachgewiesen).....	52
Tab. 10: Ergebnisse der Laboranalyse der Carotinoide in den Blättern und Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht).....	53
Tab. 11: Ergebnisse der Laboranalyse des Gehalts an Ascorbinsäure in den Blättern und Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht; ng = nicht gemessen).....	55
Tab. 12: Ergebnisse der Laboranalyse zur antioxidativen Kapazität in den Blättern und Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz bei den Blättern nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$ bei den Blüten nach Tukey Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht).....	57

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Markt für funktionelle Lebensmittel weltweit 2014 Quelle: Kozonova & Povarova 2015	3
Abb. 2: Versuchszentrum Jedlersdorf Quelle: Wien GV 2016	28
Abb. 3: Maximum der Lufttemperaturen (rote Linie), Mittelwerte der Lufttemperaturen (grüne Linie) und Minimum der Lufttemperaturen (blaue Linie) in Grad Celsius gemessen an der Hohen Warte, gemessen im Zeitraum vom 15. Mai bis 10. Oktober 2015 Quelle: ZAMG 2016 b.....	29

Abb. 4: Niederschläge in Millimeter gemessen an der Hohen Warte, täglich gemessen im Zeitraum vom 15. Mai bis 10. Oktober. Quelle: ZAMG 2016b.....	30
Abb. 5: Niederschlagssummen bei der Messstation Groß Enzersdorf im Vergleich zwischen 1981 bis 2010 (hellblaue Linie) und 2015 (dunkelblaue Linie) Quelle: (ZAMG 2016a; ZAMG 2016b	30
Abb. 6: Vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen und den Sorten 1 – 8 des Sortenversuchs Kapuzinerkresse <i>Tropaeolum</i> sp.....	32
Abb. 7: Schema des Aufbaus einer Parzelle aus dem Sortenversuch Kapuzinerkresse <i>Tropaeolum</i> sp.	33
Abb. 8: <i>T. majus</i> 'Milkmaid' Quelle: Austro Saat 2016	34
Abb. 9: <i>T. majus</i> 'Alaska' Quelle: Austro Saat 2016	35
Abb. 10: <i>T. nanum</i> 'Cherry Rose' Quelle: Austro Saat 2016.....	35
Abb. 11: <i>T. nanum</i> 'Niedrige Pracht gefüllt' Quelle: Austro Saat 2016	35
Abb. 12: <i>T. cultorum</i> 'Peach Melba' Quelle: Austro Saat 2016	36
Abb. 13: <i>Tropaeolum</i> sp. 'Einfache niedrige Prachtmischung' Quelle: Austro Saat 2016.....	36
Abb. 14: <i>T. cultorum</i> 'Gleam Mischung' Quelle: Austro Saat 2016	36
Abb. 15: <i>T. peregrinum</i> 'Kanarische' Quelle: Austro Saat 2016	37
Abb. 16: Vorbereitung der Extrakte zur Analyse des Zucker-, Gesamtphenol-, Anthocyan-, Chlorophyll- und Carotinoidgehalts, sowie zur Analyse der antioxidativen Kapazität ...	38
Abb. 17: Aufbereitung der Extrakte zur Messung des Gesamtzuckers (li) nach der Hydrolyse im Wasserbad; (re) nach Zugabe von NaOH.....	39
Abb. 18: Aufbereitung der Extrakte zur Messung der Gesamtphenole.....	40
Abb. 19: Farbumschlag bei der Titration zur Analyse der Ascorbinsäure.....	42
Abb. 20: Gesamtzucker Gehalt in den Blättern der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei P ≥ 0,05).....	45
Abb. 21: Gesamtzucker Gehalt in den Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei P ≥ 0,05)	46
Abb. 22: Gesamtphenolgehalt in den Blättern der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei P ≥ 0,05).....	48
Abb. 23: Gesamtphenolgehalt in den Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei P ≥ 0,05).....	48
Abb. 24: Anthocyan Gehalt in den Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tamhane Test bei P ≥ 0,05)	50

Abb. 25: Gesamtchlorophyllgehalt in den Blättern der Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$)	52
Abbildung 26: Carotinoidgehalt in den Blättern der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$).....	54
Abbildung 27: Carotinoidgehalt in den Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$).....	54
Abbildung 28: Ascorbinsäuregehalt in den Blättern der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$)...	56
Abbildung 29: Ascorbinsäuregehalt in den Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$)...	56
Abbildung 30: Antioxidative Kapazität der Blätter der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mmol Fe ²⁺ L ⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tamhane- Test bei $P \geq$ 0,05).....	58
Abbildung 31: Antioxidative Kapazität der Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mmol Fe ²⁺ L ⁻¹ FG (Signifikanz nach Tukey Test bei $P \geq 0,05$)	58

Abkürzungsverzeichnis

ABTS	Azino-Di-(3-Ethylbenzthiazolin-6-Sulfonsäure)
ADI	Acceptable Daily Intake
AGES	Österreichische Agentur für Ernährungssicherheit
AMG	Arzneimittelgesetz
BOKU	Universität für Bodenkultur
DPPH	2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl
EFSA	European Food Safety Authority
EUFIC	European Food Information Council
FG	Frischgewicht
FOSHU	Foods for Specific Health Use
FRAP	Ferric Reducing Ability of Plasma
FUFOSE	Functional Food Science in Europe
GAE	Gallussäureäquivalente
H ₂ O ₂	Wasserstoffperoxid
HClO	Hypochlorige Säure
HPLC	High performance liquid chromatography
HPLC-PDA	High-performance liquid chromatography – Photodiod Array
LMSVG	Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetzes
MW	Mittelwert
Ng	nicht gemessen
NO [·]	Stickstoffmonooxid
NP einfach	Einfache niedrige Prachtmischung
NP gefüllt	Niedrige Pracht gefüllt
O ₂ ^{·-}	Hyperoxid-Anion
ONOO ⁻	Peroxinitrit-Anion
ORAC	Oxygen Radical Absorbance Capacity
S	Standardabweichung
TEAC	Trolox Equivalent Antioxidant Capacity

TG Trockengewicht
TPTZ – Lösung (2,4,6 Tri-pyridyl-s-triazin) – Lösung
VO Verordnung
ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

1 Einleitung

In Europa lässt sich ein Trend zum Konsum von gesunderhaltenden, funktionellen Lebensmitteln abzeichnen und der Markt ist ständig am Wachsen (KOZONOVA & POVAROVA 2015). Sekundäre Inhaltsstoffe dienen mitunter zur Gesunderhaltung des menschlichen Körper und Geistes (EUFIC 2006) und sind unter anderem in den essbaren Blüten enthalten wie in der Kapuzinerkresse, Veilchen und Rosenblüten. Die Kapuzinerkresse wird schon lange sowohl als Nahrungsmittel, als auch als Heilmittel genutzt. Bisher wurden die Blätter auf ihre Inhaltsstoffe untersucht (BAZYLKO et al. 2013; BAZYLKO et al. 2014), der Frage nachgegangen, ob unterschiedliche Blütenfarben auf unterschiedlichen Inhaltsstoffen wie Carotinoid- oder Flavonoidzusammensetzung basieren (GARZÓN & WROLSTAD, 2009; GARZÓN et al. 2015) doch es gibt noch keine Forschung über die möglicherweise variierende Zusammensetzung der Inhaltsstoffe unterschiedlicher Sorten. Da der Konsument aber sicher gehen soll, dass die funktionellen Lebensmittel auch halten was sie versprechen ist die eingehende inhaltstoffliche Analyse eine unabdingbare Voraussetzung für die zukünftige Nutzung der Kapuzinerkresse als funktionelles Lebensmittel. Daher soll Ziel dieser Arbeit sein herauszufinden, ob es sortenspezifische Unterschiede im Anteil der Inhaltsstoffe gibt. Ebenso soll festgestellt werden, ob es inhaltsstoffspezifische Unterschiede zwischen den Blättern und Blüten gibt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf ausgewählten wertgebenden Inhaltsstoffen wie dem Gehalt an Phenolen, Chlorophyll, Carotinoiden, Ascorbinsäure sowie der antioxidative Kapazität. Im Literaturteil wird der Gehalt der Inhaltsstoffe der Kapuzinerkress mit dem Gehalt anderer Lebensmittel verglichen, von denen positive Wirkungen und ein hoher Gehalt bestimmter sekundärer Inhaltsstoffe bekannt sind. Die Sortensichtung kann in Folge als Grundlage zur weiteren Forschung dienen.

Die folgenden Forschungshypothesen wurden getestet:

- 1) In den Blättern der Kapuzinerkresse sind mehr Gesamtphenole, Anthocyane, Carotinoide, Zucker und Ascorbinsäure enthalten als in den Blüten und sie haben eine höhere antioxidative Kapazität als diese.

- 2) Die Sorten unterscheiden sich in ihren Gehalten an Gesamtphenolen, Anthocyanen, Carotinoiden, Ascorbinsäure, Zucker und antioxidativen Kapazitäten.

2 Literaturübersicht

2.1 Funktionelle Lebensmittel

Der Begriff 'funktionelle Lebensmittel' ist gleich zu setzen mit den Schlagwörtern wie functional food, superfood, nutraceutical, designer food, nano food, health food, Foods for Specific Health Use (FOSHU) etc. Das Vermarktungskonzept 'funktionelle Lebensmittel' hat ihren Ursprung in Japan, wo 1991 das Konzept der FOSHU gesetzlich verankert wurde.

Durch den Umweg über Amerika kamen 1995 die ersten Funktionellen Lebensmittel in Form von probiotischen Milchprodukten in den österreichischen Handel (MAYER-MIEBACH 2007). Vorläufer der funktionellen Lebensmittel gab es im deutschsprachigen Raum schon seit 1904 – damals kam Ovomaltine zu Beginn noch in Form eines medizinisches Präparats als Stärkungsmittel für Kleinkinder und Kranke auf den Markt (WANDER 2012).

2.1.1 Markt für funktionelle Lebensmittel

Der Markt (Abb. 1) für funktionelle Lebensmittel ist zurzeit der mit der größten Wachstumsrate in Europa. Japan hat den höchsten Marktanteil, gefolgt von Amerika. In beiden Ländern sind funktionelle Lebensmittel schon länger zugelassen, was das Wachstumspotenzial für den europäischen Markt verdeutlicht. Sechs von zehn Erwachsenen in Europa konsumieren bereits funktionelle Lebensmittel zumindest gelegentlich. Acht von zehn Konsumenten glauben, dass funktionelle Lebensmittel Herzerkrankungen, Bluthochdruck, Osteoporose und Typ II Diabetes verhindern oder zumindest verzögern können. Sechs von zehn europäischen Konsumenten erwarten Vorteile im Kampf gegen Krebserkrankungen, altersbedingten Gedächtnisverlust und Alzheimer (KOZONOVA & POVAROVA 2015). Dadurch

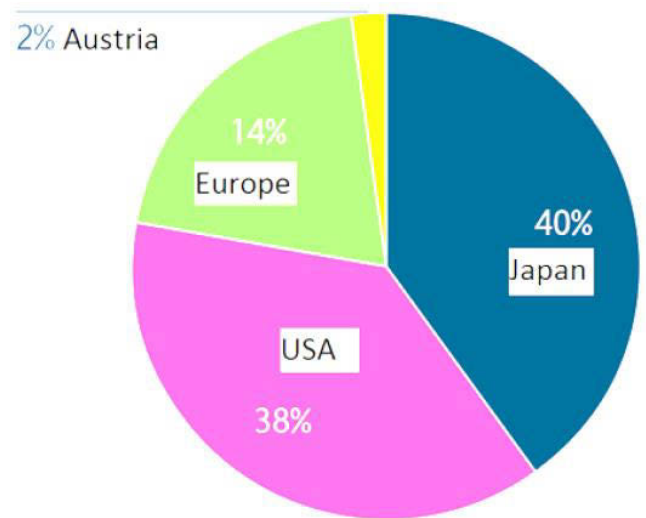


Abb. 1: Markt für funktionelle Lebensmittel weltweit 2014 Quelle: KOZONOVA & POVAROVA 2015

ist ein deutlicher Trend der Konsumenten hin zu funktionellen Lebensmitteln erkennbar. Die Europäische Union ist daher bemüht, einerseits den Markt für funktionelle Lebensmittel zu erschließen und andererseits den Konsumenten vor irreführenden Angaben zu schützen. Eine harmonische Gesetzgebung oder eine einheitliche Definition zu funktionellen Lebensmitteln gibt es in Europa aber noch nicht. Eine grobe Definition könnte lauten, dass funktionelle Lebensmittel jene Lebensmittel sind, die sich über den Nährwert hinaus positiv auf die körperliche und geistige Gesundheit der Konsumenten auswirken.

2.1.2 (Eine Art) Definition

Die European Food Information Council (EUFIC) schlägt die Charakterisierung funktioneller Lebensmitteln wie folgt vor: „Funktionelle Lebensmittel [...] sind Lebensmittel, die geeignet sind, als Teil einer üblichen Ernährung verzehrt zu werden und zudem biologisch aktive Bestandteile enthalten, die das Potenzial haben, die Gesundheit zu steigern und das Risiko von Krankheiten zu senken. Beispiele für funktionelle Lebensmittel sind Lebensmittel, die spezielle Mineralstoffe, Vitamine, Fettsäuren oder Ballaststoffe enthalten, oder Nahrungsmittel mit zugesetzten biologisch aktiven Substanzen wie Pflanzenchemikalien und Antioxidantien oder Probiotika, die Bakterienkulturen enthalten, welche für die Ernährung zuträglich sind“ (EUFIC 2006).

Die Functional Food Science in Europe (FUFOSE) zählt zu den funktionellen Lebensmitteln natürliche Nahrungsmittel, Nahrungsmittel, denen bestimmte Komponenten zugesetzt wurden, Lebensmittel, denen Bestandteile durch technologische oder biotechnologische Möglichkeiten entfernt wurden, Lebensmittel, bei denen die Beschaffenheit von ein oder mehreren Bestandteilen modifiziert wurde, Nahrungsmittel, in welchen die Bioverfügbarkeit einer oder mehrerer Komponenten geändert wurde, oder Nahrungsmittel, die sich durch eine Kombination aus den vorher genannten Möglichkeiten charakterisieren (EUFIC 2006).

2.1.3 Wirkung

Die Wirkung des funktionellen Lebensmittels soll bei einer in der Ernährung üblicherweise verzehrten Mengen auftreten. Ob ein Lebensmittel zu seinem Nährwert einen zusätzlichen gesundheitlichen Nutzen aufweist und als Nahrungsmittel mit Mehrwert beworben werden darf, entscheidet in der Europäischen Union die EFSA (European Food Safety Authority).

Dazu wurde in der Europäischen Union 2006 eine Verordnung über gesundheitsbezogene Aussagen eingeführt, um den Konsumenten vor irreführenden Angaben zu schützen. Ein „Health Claim“ gibt Auskunft darüber, ob ein bestimmter Inhaltsstoff, ein Lebensmittel oder Nahrungsergänzungsmittel eine spezielle Wirkung auf die Gesundheit hat (WKO 2012), wie beispielsweise „Zink trägt zur normalen Erhaltung des Immunsystems bei (VO (EU) NR. 432/2012 2012)“ oder „Vitamin C trägt dazu bei, die Zellen vor oxidativem Stress zu schützen (VO (EU) NR. 432/2012 2012)“.

Seit dem 14.12.2012 sind nur noch gesundheitsbezogene Angaben über einen Inhaltsstoff, ein Nahrungsmittel oder Nahrungsergänzungsmittel zulässig, die die EFSA durch die Verordnung (EU) 432/2012 zugelassen hat, sowie jene Inhaltsstoffe, Nahrungsmittel und Nahrungsergänzungsmittel, die sich noch in einem laufenden Prüfverfahren befinden. Angewendet wird die VO (EU) 432/2012 bei nährwert- und gesundheitsbezogenen Angaben über ein Produkt bei der kommerziellen Aufmachung, Kennzeichnung (Verpackung, sowie am Beipackzettel) und bei jeglicher Art von Werbung, beispielsweise auch bei Webauftritten (WKO 2012). Somit darf mit dem gesundheitlichen Mehrwert eines Produktes nicht mehr geworben werden, wenn dieser nicht wissenschaftlich nachgewiesen wurde.

2.1.4 Abgrenzung zu Nahrungsergänzungsmitteln

Wichtig ist die Abgrenzung von funktionellen Lebensmitteln zu Nahrungsergänzungsmitteln und Arzneimitteln. Nahrungsergänzungsmittel werden nach dem Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (LMSVG 2006) wie folgt definiert: „Lebensmittel, die dazu bestimmt sind, die normale Ernährung zu ergänzen und die aus Einfach- oder Mehrfachkonzentraten von Nährstoffen oder sonstigen Stoffen mit ernährungsspezifischer oder physiologischer Wirkung bestehen und in dosierter Form in Verkehr gebracht werden, d.h. in Form von z.B.:

Kapseln, Pastillen, Tabletten, Pillen und anderen ähnlichen Darreichungsformen, Pulverbeuteln, Flüssigampullen, Flaschen mit Tropfeinsätzen und ähnlichen Darreichungsformen von Flüssigkeiten und Pulvern zur Aufnahme in abgemessenen kleinen Mengen.“

Nahrungsergänzungsmittel werden im Gesetz wie Nahrungsmittel behandelt und dürfen daher keine krankheitsbezogenen Angaben tragen wie Arzneimittel. Nahrungsergänzungsmittel können eine normale, abwechslungsreiche Ernährung nicht ersetzen und daher eine ungesunde Ernährung nicht ausgleichen. Eine Verzehrsempfehlung sowie der Hinweis darauf, dass eine empfohlene Tagesdosis nicht überschritten werden darf, sind verpflichtend anzuführen (AGES 2015).

2.1.5 Abgrenzung zu Arzneimittel

Im Vergleich dazu werden Arzneimittel im Arzneimittelgesetzbuch (AMG 1983) wie folgt definiert:

„(1) Arzneimittel sind Stoffe oder Zubereitungen aus Stoffen, die

1. zur Anwendung im oder am menschlichen oder tierischen Körper und als Mittel mit Eigenschaften zur Heilung oder zur Linderung oder zur Verhütung menschlicher oder tierischer Krankheiten oder krankhafter Beschwerden bestimmt sind, oder
2. im oder am menschlichen oder tierischen Körper angewendet oder einem Menschen oder einem Tier verabreicht werden können, um entweder
 - a) die physiologischen Funktionen durch eine pharmakologische, immunologische oder metabolische Wirkung wiederherzustellen, zu korrigieren oder zu beeinflussen, oder
 - b) als Grundlage für eine medizinische Diagnose zu dienen.“

Arzneimittel dürfen nur im Kleinverkauf durch Apotheken abgegeben werden, es sei denn sie sind vom Apothekervorbehalt ausgenommen (ÖSTERREICHISCHE APOTHEKERKAMMER 2016).

Zusammenfassend kann man sagen, dass funktionelle Lebensmittel zur Förderung der Gesundheit und zur Absenkung des Erkrankungsrisikos beitragen können und nach

Genehmigung durch die EFSA mit gesundheitsbezogenen Attributen beworben werden dürfen. Funktionelle Lebensmittel können als Teil der normalen Ernährung konsumiert werden, Nahrungsergänzungsmittel hingegen dienen, wie der Name schon postuliert, zur Ergänzung einer normalen Ernährung. Sie dürfen keine krankheitsbezogenen Angaben tragen und unterscheiden sich außerdem von funktionellen Lebensmitteln durch ihre Darreichungsform. Arzneimittel hingegen dienen zur Wiederherstellung der Gesundheit, zur Linderung oder zur Vorbeugung von Krankheiten oder krankhaften Beschwerden.

Funktionelle Lebensmittel sind nicht nur Nahrungsmittel, die industriell verarbeitet wurden, oder Nahrungsmittel, die mit Stoffen angereichert wurden. Per Definition können sie auch ganz natürliche Nahrungsmittel sein, die von sich aus einen hohen Anteil gesundheitsfördernder Inhaltsstoffe aufweisen, wie beispielsweise Sanddorn *Hippophae rhamnoides* von Natur aus einen hohen Gehalt an Ascorbinsäure von 40 mg kg^{-1} aufweist (GUTZEIT et al. 2008).

Funktionelle Lebensmittel beinhalten sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe. Vielen sekundären Pflanzeninhaltsstoffen wurde eine antioxidative, antimikrobielle entzündungshemmende, immunstärkende Wirkung nachgewiesen (SCHEK 2013). Pflanzen nutzen diese sekundären Pflanzeninhaltsstoffe, um sich vor Fressfeinden zu schützen. Daher akkumulieren sie diese sowohl in den Blättern, als auch in den Blüten. Essbare Blüten beinhalten daher sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die auch für den Menschen eine protektive Wirkung haben können.

2.2 Essbare Blüten

Generell können die Blüten von Obst, Gemüse, Zierpflanzen und medizinisch genutzten Pflanzen gegessen werden, allerdings ist nicht jede Blüte essbar. Botanische Kenntnisse und die korrekte Identifikation der Pflanze sind beim Sammeln wilder Pflanzen unabdingbar, um Verwechslungen mit giftigen Pflanzen zu vermeiden. Die Blüten von Pflanzen aus dem Blumenhandel sind – wenn nicht anders ausgewiesen – aufgrund des hohen Pestizideinsatzes im Zierpflanzenbau nicht für den Verzehr geeignet (MLECK & ROP 2011).

Essbare Blüten können zu Dekorationszwecken, frisch oder getrocknet verzehrt, in Alkohol, Zucker, Essig oder Salz konserviert, sowie in Eiswürfeln oder einzeln tiefgefroren werden. Sie verleihen dem Gericht nicht nur ein schönes Aussehen, sondern bereichern auch Aroma und Geschmack der Speisen, wie beispielsweise Borretschblüten *Borago officinalis* und Rosenblüten *Rosa sp. es tun* (MLECK & ROP 2011).

2.2.1 Markt für essbare Blüten

Der Konsum essbarer Blüten ist an sich keine Neuheit. Schon die Römer nutzten die Blüten von Holunder *Sambucus nigra* zur Herstellung von Getränken (MIKULIC-PETKOVSEK et al. 2015) und in Asien werden die Blüten der Taglilie *Heimerocallis disticha* schon seit langer Zeit in der Küche verwendet (TAI & CHEN 2000). Weiters können u.a. die Blüten folgender Pflanzen gegessen werden: Apfel *Malus sp.*, Borretsch *Borago officinalis*, Flieder *Syringa sp.*, Gänseblümchen *Bellis perennis*, Kamille *Matricaria chamomilla* L., Sommerlinde *Tilia platyphyllos*, wilde Malve *Malva sylvestris*, Melisse *Melissa officinalis*, Nelke *Dianthus sp.*, Studentenblume *Tagetes sp.*, Pelargonie *Pelargonium sp.*, Ringelblume *Calendula officinalis*, Rose *Rosa sp.*, Schafgabe *Achillea millefolium*, Zucchini *Cucurbita pepo subsp. pepo convar. giromontiina* und nicht zu vergessen von der Kapuzinerkresse *Tropaeolum sp.*

Seit den 1980er Jahren erfahren essbare Blüten wieder einen Aufschwung, weil gehobene Restaurants die Blüten als Dekorationselement entdeckten (KELLEY et al. 2001a).

Einen weiteren Aufschwung erhielt der Konsum essbarer Blüten durch den Trend der funktionellen Lebensmittel. Mit der Erforschung der chemischen Zusammensetzung von

essbaren Blüten konnte belegt werden, dass der Verzehr von Blüten einen gesundheitlichen Mehrwert für den Konsumenten darstellt. Sie enthalten unter anderem Phenole, Flavonoide, Vitamine, Mineralstoffe und haben eine hohe antioxidative Kapazität (ROP et al. 2012; MLECK & ROP 2011).

Ob der Konsument essbare Blüten kauft oder nicht, hängt von einigen Faktoren ab, wie in drei unterschiedlichen Studien von KELLEY et al. im Jahr 2000 in Michigan, USA gezeigt wurde. Dabei wurde speziell auf die Kundenakzeptanz von wildem Stiefmütterchen *Viola tricolor* L., Gartenstiefmütterchen *Viola x wittrockiana*, Borretsch *Borago officinalis*, Kapuzinerkresse, *Tropaeolum majus* L. und Knollenbegonie *Begonia x tuberhybrida* eingegangen.

Primär trägt das optische Erscheinungsbild zur Kaufentscheidung bei. In weiterer Folge sind Produktqualität und lange Haltbarkeit Faktoren, die zum Kauf beitragen. Für 86 –90 % (KELLEY et al. 2001b) bzw. 62 % (KELLEY et al. 2001c) der Konsumenten hing die Kaufentscheidung davon ab, ob die essbaren Blüten biologisch hergestellt wurden.

Wurden die Blüten verpackt angeboten, wurden Packungen aus unterschiedlichen Blütenarten und mit unterschiedlichen Farben gegenüber einfarbigen Packungen und Packungen, die nur eine Sorte enthielten, bevorzugt (KELLEY et al. 2001b).

Die Farbe der Blüten war wichtiger als der Preis und die Verpackungsgröße (KELLEY et al. 2001c). Dreifarbige Blütenmischungen aus gelben, orangen und blauen Blüten wurden am häufigsten gekauft (KELLEY et al. 2001b), jedoch kommt die Wahl der Farbmischung auf den Verwendungszweck an. Es werden zur Verzierung von Desserts andere Farbmischungen gewählt als für die Verwendung in Salaten (KELLEY et al. 2001c).

Für eine Packung mit neun Blüten würden die meisten Respondenten (27 %) 2,99 \$ bezahlen, für eine Packung mit achtzehn Blüten 5,00 \$ (KELLEY et al. 2001c).

Mehrfach wurde von den Probanden der Wunsch geäußert, die Verpackung transparent zu halten, um die Qualität der Blüten beurteilen zu können. Die Verpackung an sich sollte daher wenig beschriftet sein, jedoch besteht der Wunsch nach Angaben zum Haltbarkeitsdatum und Informationen zu Lagerung und Verwendung (KELLEY et al. 2001b).

Aus allen Studien geht hervor, dass die Blüten hauptsächlich zu Dekorationszwecken verwendet werden (52 %), nur 47 % der Befragten verwenden essbare Blüten auch für Salate (KELLEY et al. 2001c).

Fasst man alle drei Studien zusammen, gibt es keine demographischen Unterschiede im Kaufverhalten von essbaren Blüten (KELLEY et al. 2001d).

Über die Kundenakzeptanz essbarer Blüten in Österreich lag zum Zeitpunkt der Masterarbeit noch keine Marktanalyse vor. Denn essbare Blüten haben, besonders als Frischware, noch einen geringen Marktanteil, sodass sie von Statistik Austria und im grünen Bericht noch nicht erfasst wurden. In Österreich sind essbare Blüten bei Billa, Merkur, Adeg und Sutterlüty seit 2010 in Form frischer Blüten, als Bio-Saatgut und in Form von Balkonkisten erhältlich, sie zählen jedoch nicht zum Standardsortiment, welches ganzjährig erhältlich ist. Es können u.a. Hornveilchen *Viola cornuta*, Lavendel *Lavandula angustifolia*, Ringelblumen *Calendula officinalis*, Kapuzinerkresse *Tropaeolum majus* L. und Orangentages *Tagetes tenuifolia* 'Orange Gem', erstanden werden (REWE GROUP 2011; OEKONEWS 2011).

Biologisches Saatgut für essbare Blüten kann auch bei der Spar-Group Österreich von Mitte Februar bis Mitte Juli (KARRER 2016) und in Baumärkten erstanden werden.

Die Sonnentor Kräuterhandelsgesellschaft mbH bietet neben Bio-Gewürz-Blüten Mischungen und biologischen Blütenteemischungen, sowie getrocknete Rosenblütenknospen, Hibiskus-, Kamille-, Lavendel-, Linden-, Ringelblumen- und Hollunderblüten in Österreich an (SONNENTOR 2016).

2.2.2 Wirkung ausgewählter sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe essbarer Blüten

Essbare Blüten beinhalten sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe und Vitamine, weshalb sich ihr Verzehr positiv auf die Gesundheit des Menschen auswirken kann (EUFIC 2006). Beispielsweise sind die aufrechte Studentenblume *Tagetes erecta* und die Kapuzinerkresse *Tropaeolum majus* L. eine gute Luteinquelle. Dem Carotinoid Lutein wird eine antikanzerogene Wirkung nachgesagt. Nelken haben u.a. eine antibakterielle Wirkung, Rosenblüten eine antirheumatische Wirkung und Ringelblumen sind u.a. entzündungshemmend (LARA-CORTÉS et al. 2013).

Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe gehören zu den bioaktiven Substanzen und werden über den sekundären Pflanzenmetabolismus in geringen Mengen gebildet. Die Pflanzen bilden sie als Lock-, Duft-, Farb- und Geschmacksstoffe, zur Wachstumsregulation und zum Schutz vor Krankheiten und Schädlingen aus. Für den menschlichen Verzehr steht weniger der Nährstoffgehalt als die gesundheitsfördernde Wirkung im Vordergrund. Funktionellen Lebensmitteln werden u. a. einzelne sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe beigemischt, doch

können niemals die vielen in natürlichen Nahrungsmitteln vorkommenden Pflanzeninhaltsstoffe hinzugefügt werden, weshalb eine abwechslungsreiche Ernährung mit viel Obst, Gemüse, Kartoffeln, Hülsenfrüchten und Nüssen empfohlen wird. Außerdem sind in den Pflanzen viele Inhaltsstoffe kombiniert vorhanden, wodurch sie sich ergänzen und zusammen ihre Wirkung entfalten. Von einem Verzehr von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen in isolierter Form wird gewarnt, da sie in höherer Dosis verabreicht eine mögliche toxische Wirkung haben können sowie Absorption, Wirkung und Transport anderer Inhaltsstoffe verhindern können (SCHEK 2013).

Zu den sekundären Pflanzeninhaltsstoffen gehören u.a. Phenole, Carotinoide, Glucosinolate, Terpene und Saponine. Da der Fokus der vorliegenden Arbeit auf den Blättern und Blüten der Kapuzinerkresse liegt, wurde nur auf jene sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe näher eingegangen, die auch in der Kapuzinerkresse vorkommen. Angaben zu Inhaltsstoffgehalten der Kapuzinerkresse liegen im Unterkapitel 2.4 vor.

Phenole

Zu der Stoffgruppe der Phenole gehören die Phenolsäuren, Flavonoide, Lignane, Lignine sowie das Resveratrol. Sie alle weisen in ihrer Struktur einen Phenolring auf, ansonsten ist die Stoffgruppe sehr inhomogen in ihrem strukturellen Aufbau (WATZL 1999; SCHEK 2013).

Die Flavonoide umfassen ungefähr 9.000 bisher identifizierte Verbindungen (WILLIAMS & GRAYNER 2004). Das Wort Flavonoid kommt vom lateinischen Wort *flavus* und bedeutet gelb, goldgelb. Flavone und Flavonole sind gelbe Pigmente, denen die Flavonoide den Namen verdanken und in Blättern und Blüten, sowie Obst und Gemüsen vorkommen (WATZL 1999; SCHEK 2013).

Die Anthocyane sind wasserlösliche Pigmente und werden den Flavonoiden zugeordnet. Zu den Anthocyanen gehören die Anthocyanidine (Aglycone) und Anthocyanine (Glykoside). Bisher wurden ungefähr 400 verschiedene Anthocyane identifiziert (KONG et al. 2003). Die Anthocyane verursachen im Gegensatz zu den Flavonen und Flavonolen Farbtöne von rot über violett bis blau. In den essbaren Blüten kommen Pelargonidin, Cyanidin und Delphinidin am häufigsten vor (LARA-CORTÉS et al. 2013).

Die essbaren Blüten der aufrechten Studentenblume *Tagetes erecta*, gelbe Kosmee *Cosmos sulphureus*, mexikanischer Knöterich *Antigonon leptopus* und kahle Drillingsblume *Bougainvillea glabra* haben einen hohen Gehalt an Phenolen und dadurch bedingt eine hohe antioxidative Kapazität. Sie finden in der thailändischen Küche Verwendung in Salaten und Blütenteemischungen (KAISOON et al. 2012) Auch in der Studie von XIONG et al. (2014) wurden essbare Blüten untersucht, die in der chinesischen Küche häufige Anwendung finden. Durch Untersuchungen mit DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl), ABTS (Azino-Di-(3-Ethylbenzthiazolin-6-Sulfonsäure) und ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) konnten hohe Phenolgehalte und hohe antioxidative Kapazitäten in Strauch-Pfingstrose *Paeonia suffruticosa*, Chinarose *Rosa chinensis* und Apfelrose *Rosa rugosa* festgestellt werden (XIONG et al. 2014).

Die Wirkung der Polyphenole ist vielfältig. Unter anderem wirken sie

- antikanzerogen,
- antioxidativ: Polyphenole schützen insbesondere vor Oxidation durch Singulett-Sauerstoff und wirken als Radikalfänger,
- immunmodulierend und entzündungshemmend: insbesondere die Flavonole Quercetin, Myricetin und Kaempferol haben eine entzündungshemmende Wirkung und blockieren die Histaminfreisetzung,
- antithrombotisch: epidemiologische Studien zeigen, dass ein geringeres Risiko besteht an Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu sterben, wenn der Konsum an Flavonoiden erhöht wird,
- blutdrucksenkend,
- blutzuckersenkend,
- antimikrobiell: bestimmte Flavonoide können vor Karies, viralen Infektionskrankheiten und bakteriellen Harnwegsentzündungen schützen,
- verstärkend auf die Arzneimittelwirksamkeit: Flavonoide können die Wirksamkeit von Arzneimitteln wie beispielsweise Antihistaminika, Antiepileptika und Immunsuppressiva um 30–70 % verstärken (SCHEK 2013).

Chlorophyll

Chlorophyll ist ein grünes Pigment und ist ein wichtiger Bestandteil des Photosyntheseapparates. Es besteht aus einem derivatisierten Porphyrin-Ring. Im Zentrum des Chlorophylls und aller Chlorophyllderivate befindet sich ein Magnesium-Ion (SCHOEFS 2002). Chlorophyll *b* unterscheidet sich von Chlorophyll *a* durch einen Aldehydrest anstelle einer Methylgruppe in einer Seitenkette (LIN et al. 2013). Chlorophylle sind wie Carotinoide hydrophob.

In Nahrungsmitteln kommt Chlorophyll in grünen Gemüsen, Obst und Kräutern vor. Der menschliche und tierische Organismus kann Chlorophyll nicht selbst synthetisieren. Chlorophyll findet auch Verwendung als natürliches Färbemittel und Antioxidans (SCHOEFS 2002). Wird es als solches eingesetzt, wird das Chlorophyll als E 140, bzw. seine Derivate mit E 140 (i) oder E 140 (ii) gekennzeichnet (EFSA 2015).

Vergleichsweise enthält kleiner Sauerampfer *Rumex acetosella* $111,8 \pm 0,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TG}$ Chlorophyll *a*, echte Brunnenkresse *Rorippa nasturtium-aquaticum* $102,6 \pm 0,4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TG}$ und Borretsch *Borago officinalis* $24,0 \pm 0,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TG}$ Chlorophyll *a*. *R. acetosella* enthält $72,5 \pm 2,2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TG}$ Chlorophyll *b*, *R. nasturtium-aquaticum* enthält $108,7 \pm 1,0 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TG}$ und *B. officinalis* enthält $5,4 \pm 0,3 \text{ mg kg}^{-1} \text{ TG}$ Chlorophyll *b* (PEREIRA et al. 2011).

Chlorophyll hat eine antioxidative und entzündungshemmenden Wirkung (LIN et al. 2013). Ob es eine genotoxische Wirkung gibt, kann anhand der aktuellen Daten nicht ausgemacht werden (EFSA 2015).

Carotinoide

In der Natur kommen in etwa 700 Carotinoide (BRITTON et al. 2004; WATZL 1999; SCHEK 2013) vor, jedoch kann der Mensch nur etwa 40–50 davon aufnehmen und im Stoffwechsel umwandeln. Carotinoide sind hydrophob. Chemisch unterscheidet man zwischen den sauerstoff-freien Carotinoiden, dazu zählen Lycopin, α - und β -Carotin und den sauerstoff-haltigen Carotinoiden zu denen die Xantophylle Lutein und Zeaxanthin und das β -

Cryptoxanthin zählen. Die sauerstoff-freien Carotinoide sind relativ hitzestabil, während die sauerstoff-haltigen Carotinoide zu 60–100 % durch Erhitzen zerstört werden (WATZL 1999).

Sie sind weit verbreitete Farbstoffe und kommen häufig in gelben, orangen und roten Gemüsen sowie grünen Blättern vor. Die Xantophylle Lutein und Zeaxanthin aber auch Violaxanthin, Antheraxanthin und Neoxantin kommen häufig in essbaren Blüten vor und verursachen Farben von hell bis dunkelgelb und orange bis rot, je nachdem, in welchen Mengen sie in den Blüten vorhanden sind. Beispielsweise enthalten Veilchenblüten *Viola tricolor* mehr β -Carotin als Orangen. Gute Luteinquellen sind die Blüten der aufrechten Studentenblume *Tagetes erecta* und die Blüten der Kapuzinerkresse *Tropaeolum majus* L. (LARA-CORTÉS et al. 2013).

Ca. 50 Carotinoide können in Vitamin A umgewandelt werden. Carotinoide wirken immunmodulierend, cholesterinsenkend und entzündungshemmend. Lycopin, β -Carotin und β -Cryptoxanthin wirken besonders antioxidativ und sind besonders gute Radikalfänger. Sie schützen vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Krebs und Sonnenbrand (SCHEK 2013).

Glucosinolate

Die ca. 80 verschiedenen natürlich vorkommenden Glucosinolate kommen hauptsächlich in der Familie der Kreuzblütler vor. Sie bestehen aus einer Glucoseeinheit, einer Schwefelgruppe, einer Sulfatgruppe und unterscheiden sich untereinander anhand des Aglyconrestes (SCHEK 2013; WATZL 1999). Durch Erhitzen und Zerkleinern nimmt der Glucosinolatgehalt um mehr als 50% ab, es entstehen die Abbauprodukte Thiocyanate, Isothiocyanate und Indole/Senföle, welche für Geschmack, Geruch und Wirkung der Kreuzblütler letztendlich verantwortlich sind (SCHEK 2013). Die Gartenkresse hat unter den gängigen Gemüsearten den höchsten Gehalt an Glucosinolaten mit 1.210 mg kg⁻¹ FG. Kohlgemüse wie Kohlrabi, Kohlsprossen, Brokkoli, Rotkraut und Karfiol weisen im unerhitzten Zustand einen Gehalt von 500 – 1.100 mg kg⁻¹ FG auf, und erhitzt liegt der Gehalt an Glucosinolaten zwischen 210 – 730 mg kg⁻¹ FG (WATZL 1999).

Die Abbauprodukte wie Thiocyanate, Isothiocyanate und Indol wirken

- antikanzerogen: in Tierversuchen hemmen sie die Entstehung von Krebs in Magen, Brust, Leber und Lunge,
- antimikrobiell: (Iso-)Thiocyanate haben eine antibiotische Wirkung auf Viren, Pilze und Bakterien in den Harnwegen,
- cholesterinsenkend (SCHEK 2013).

2.2.3 Weitere Inhaltsstoffe und die antioxidative Kapazität essbarer Blüten

Nitrat

Nitrat NO_3^- ist ein anorganisches Anion, das in der Natur natürlich in Luft, Boden, Wasser und Nahrungsmitteln vorkommt. 80 – 95 % der Nitrate werden vom Menschen über Gemüse aufgenommen. Der Gehalt ist besonders hoch in Blattgemüse wie Spinat, Rucola und Salat, aber auch in Sellerie, Rote Rübe, Rettich und Krenn (BAHADORAN et al. 2016; CLEMENTS et al. 2014). Nitrate und Nitrite werden auch als Konservierungsmittel eingesetzt, da sie einen positiven Einfluss auf Geschmack und Farbe von verarbeitetem und geräuchertem Fleisch haben sowie eine antimikrobielle und antimykotische Wirkung aufweisen (CLEMENTS et al. 2014).

Der empfohlene ADI (acceptable daily intake) der WHO liegt bei 3,7 mg Nitrat pro Kilo Körpergewicht und Tag, was bei einem Erwachsenen mit 60 Kilogramm 222 mg pro Tag entspricht (WHO 1995).

Wieviel Nitrat im Nahrungsmittel enthalten ist, hängt von den Interaktionen vieler Faktoren ab. Die Kulturart, die Sorte und die gesamte Kulturführung (darunter fallen auch Anbaudichte, Dauer der Kulturführung, Verwendung von Stickstoffdünger etc.) sowie der Erntetermin und die Lagerdauer, aber auch Umweltfaktoren wie beispielsweise Bodentyp, Lichtintensität, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit spielen eine Rolle. Der Nitratgehalt ist sogar von Land zu Land und Region zu Region unterschiedlich (BAHADORAN et al. 2016, EFSA 2008). NUÑEZ DE GONZÁLES et al. (2015) fanden heraus, dass der Nitratgehalt von biologisch produziertem Gemüse signifikant geringer ist als der von konventionell

produziertem. Doch auch hier sollten weitere Studien herangezogen werden, die die Kulturführung und Saison der produzierten Gemüse mit einbeziehen.

Da die Schwankungsbreite des Nitratgehalts sehr hoch ist, hat die EFSA u. a. 41.000 Kräuter und Gemüse europaweit untersucht, um auf Mittelwerte zu kommen. Beispielsweise konnten in Basilikum hohe Nitratgehalte mit 2.292 mg kg⁻¹ FG nachgewiesen werden (Tab. 1).

Tab. 1: Nitratkonzentration in ausgewählter Kräutern in mg kg⁻¹ Frischgewicht (EFSA 2008).

	Probenumfang	Mittelwert in mg kg⁻¹ FG
Basilikum <i>Ocimum basilicum</i>	68	2.292
Borretsch <i>Borago officinalis</i>	15	1.918
Schnittlauch <i>Allium schoenoprasum</i>	83	748
Dill <i>Anethum graveolens</i>	57	1.332
Petersilie <i>Petroselinum crispum</i>	249	480

Der Konsum von Nitrat über Nahrungsmittel oder Trinkwasser hat beim Konsumenten einen schlechten Ruf, jedoch hat die EFSA 2008 die Wirkung von Nitrat und Nitrit sowie deren Metabolite überprüfen lassen und konnte durch epidemiologische Studien keine negativen Effekte auf die menschliche Gesundheit nachweisen (EFSA 2008; BEDALE et al. 2016).

BRYAN & LOSCALZO (2011) haben durch ihre Studie nachgewiesen, dass Nitrate keine kanzerogene und mutagene Wirkung haben. Die gefürchtete Bildung von Nitrosaminen kann durch die Aufnahme von Nitrat und Nitrit zusammen mit Antioxidantien, wie sie im Gemüse vorkommen, sogar verhindert werden (BRYAN & LOSCALZO 2011). BEDALE et al. (2016) fassten mehrere Studien zusammen. Danach hat Nitrat einen positiven Effekt gegen Bluthochdruck und kann pathogene Bakterien in der Mundhöhle abtöten bzw. deren Wachstum einschränken. Babys kann es vor bakteriellen Erkrankungen im Gastrointestinaltrakt schützen und durch die Bildung von Stickstoffmonooxid Ischämie verhindern. Nitrat hat einen positiven Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System und die körperliche Leistungsfähigkeit. Die Wirkung von Nitrat und deren Metabolite bleibt aber umstritten, da Effekte nicht am Menschen getestet wurden.

Ascorbinsäure

Vitamin C, auch L-Ascorbinsäure genannt, ist ein wasserlösliches Vitamin, das insbesondere in Obst und Gemüse natürlich vorkommt, aber oftmals auch anderen Lebensmitteln zugesetzt wird. Die Ascorbinsäure ist wichtig für die körpereigene Immunabwehr. Im menschlichen Körper ist Ascorbinsäure unter anderem an der Kollagensynthese sowie an der Synthese von Neurotransmittern beteiligt (NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH 2016). Außerdem ist es beteiligt an der Enzymstimulation, Hormonaktivierung und der phagozytischen Funktion der Leukozythen. Eine wichtige Rolle spielt es als Antioxidans, dadurch werden viele durch oxidativen Stress verursachte Krankheiten, wie beispielsweise einige Krebsarten, Herz- und Kreislauferkrankungen, sowie Bluthochdruck reduziert (WALINGO 2005).

Die empfohlene Tagesdosis beträgt 80 mg (BGBI. II Nr. 186/2009 2008). Reich an Ascorbinsäure sind die Früchte Erdbeere *Fragaria* sp., Papaya *Carica papaya* und Grapefruit *Citrus paradisi* mit 801, 737 und 483 mg kg⁻¹ FG (FRANKE et al. 2004).

Die Blüten der Palmlilie *Yucca filifera* enthalten 2.730 mg kg⁻¹ FG Ascorbinsäure (HERNÁNDES 1977). Auch die Kürbisblüte stellt eine gute Quelle für Vitamin C dar (LARA-CORTÉS et al. 2013).

Antioxidative Kapazität

Die antioxidative Kapazität von Nahrungsmitteln spielt eine Rolle bei der Vermeidung von Krankheiten, die in Verbindung mit oxidativem Stress stehen wie unter anderem Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs. Sie entsteht durch die synergistische Wirkung verschiedener Antioxidantien im Nahrungsmittel, wie Phenole, Carotinoide, Terpene, Maillard-Verbindungen, Ascorbinsäure, Tokopherol und Spurenelemente. Quantitativ haben Phenole den höchsten antioxidativen Effekt, gefolgt von Vitaminen und Carotinoiden (PÉREZ-JIMÉNEZ et al. 2008).

Da es viele Möglichkeiten gibt die antioxidative Kapazität zu messen, ist der Vergleich von einzelnen Ergebnissen erschwert (PÉREZ-JIMÉNEZ et al. 2008). CARLSEN et al. (2010) haben über 3.100 Nahrungsmittel, Getränke, Gewürze und Nahrungsergänzungsmittel mit einer

modifizierten FRAP-Methode gemessen, um einen Vergleich zu ermöglichen. Unter den Gewürzen und Kräutern hatte die Gewürznelke *Syzygium aromaticum* die höchste gemittelte antioxidative Kapazität von 2.773 mmol Fe²⁺ L⁻¹, gefolgt von Minze *Mentha* sp. und Piment *Pimenta dioica* mit 1.164 und 1.004 mmol Fe²⁺ L⁻¹ (CARLSEN et al. 2010). Die Blüten der Taglilie *Heimerocallis fulva* Linn. (QUE et al. 2007), sowie Rosenblüten *Rosa* sp. (NG et al. 2004) weisen eine hohe antioxidative Kapazität auf. In beiden Untersuchungen wurde die hohe antioxidative Kapazität u.a. auf das Vorhandensein von Gallussäure, einem Vertreter der Phenole, zurückgeführt.

Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit den wertgebenden Inhaltsstoffen der Kapuzinerkresse, sie gehört zu den bekannteren essbaren Blüten. Im folgenden Kapitel wird auf diese Pflanze näher eingegangen.

2.3 Kapuzinerkresse *Tropaeolum* sp.

Die Kapuzinerkresse gehört zur Ordnung der Kreuzblütlerartigen *Brassicales*. Die Familie der Kapuzinerkressengewächse *Tropaeolaceae* hat nur eine einzige Gattung: die Kapuzinerkressen *Tropaeolum*, jedoch befinden sich darunter 80–90 bekannte Arten (BOWN 2015), wie beispielsweise die gebräuchlichste Art 'Große Kapuzinerkresse' *Tropaeolum majus* L.

Ihren Ursprung hat die Kapuzinerkresse *Tropaeolum* in den südamerikanischen Anden. Sie wurde 1684 durch den niederländischen Mönch Pater Beverning von Peru nach Europa gebracht (CHRISTENHUSZ 2012), seither ist sie in ganz Europa verbreitet und wird als beliebte Zier-, Nutz- und Arzneipflanze verwendet.

Die Kapuzinerkresse ist in unseren Breitengraden einjährig, da sie frostempfindlich ist und abstirbt, sobald im Herbst Minusgrade auftreten. In den Ursprungsländern wächst sie mehrjährig, da es hier zu keiner Frosteinwirkung kommt. Die Kapuzinerkresse wächst rasch, je nach Sorte mit kriechenden, kletternden Ranken und kann an Gerüsten oder anderen Pflanzen emporwachsen. Andere Sorten wachsen buschartig und werden nur 30–50 cm hoch. Die Blätter der Kapuzinerkresse sind rund schildartig, die Hauptnerven sind deutlich sichtbar. Der Blattdurchmesser schwankt zwischen 1–2 cm bis 15 cm. Die Blüten wachsen aus den Blattachseln und sind trichterförmig. Das Farbspektrum reicht von cremeweiß über gelb, orange bis dunkelrot. In der Blütenachse bildet sich ein drüsenartiger Sporn, der wie eine Kapuze aussieht, woher vermutlich der Name Kapuzinerkresse stammt. In diesem Sporn bildet sich ein süßer Saft, der von Hummeln sehr geschätzt wird, die in weiterer Folge die Blüten bestäuben. Die Kapuzinerkresse bildet Zwitterblüten, das heißt, es befinden sich in einer Blüte sowohl männliche Staubblätter als auch weibliche Fruchtblätter – jedoch liegt Protandrie/Vormännlichkeit vor. Dies bedeutet, dass eine Selbstbestäubung verhindert wird, indem die männlichen Staubblätter reif werden, bevor die eigene Narbe reif wird. Nach erfolgreicher Bestäubung bilden sich zwei- bis dreisamige Schließfrüchte bzw. Kapseln, die sich ledrig anfühlen und leicht abfallen. Die Wurzeln sind dünn und bilden stark verzweigte Ausläufer (MIELKE & SCHÖBER-BUTIN 2007).

2.3.1 Kultivierung

Die Kapuzinerkresse kann im Feldanbau kultiviert werden. Am besten eignen sich warme, sonnige bis halbschattige Standorte. Der Boden sollte leicht, frisch bis feucht, humos, mäßig nährstoffreich, schwachsaure bis neutral und anlehmig sein. Aufgrund ihrer Frostempfindlichkeit wird die Kapuzinerkresse erst Mitte Mai nach den Spätfrösten direkt ausgesät oder als vorgezogene Stecklinge gesetzt. Sowohl bei der Direktsaat als auch beim Setzen der Stecklinge werden ein Reihenabstand von 30 – 40 cm und ein Abstand in der Reihe von 10 – 15 cm empfohlen. Für die Direktsaat wird eine Saatgutmenge von 4,5 – 6 kg/ha benötigt. Nach 10 – 16 Tagen nach der Aussaat kann mit dem Aufgang der Pflanzen gerechnet werden. Die Stecklinge werden im Glashaus in 7 – 8 cm großen Töpfen zu zwei bis drei Samen pro Topf bei Temperaturen von 16 – 20 °C vorgezogen. Bei zu kühler und feuchter Witterung wird das Wachstum gehemmt. Dichte Bestände müssen ausgedünnt werden, um einen gesunden Bestand zu sichern (MIELKE & SCHÖBER-BUTIN 2007). Nach dem Auflaufen ist die Kapuzinerkresse pflegeleicht. Ab Juni kommt die Pflanze in die Blüte, je öfter man die Blüten erntet, desto mehr Blüten produziert die Pflanze.

Nährstoffreiche Böden und starkes Düngen fördern zwar den Blattwuchs, die Blütenbildung geht aber zurück. Bei trockenem Wetter sollen die Pflanzen beregnet werden (MIELKE & SCHÖBER-BUTIN 2007).

Im Feldanbau wird mit einem Mähler geerntet. Im Privatanbau und für den Gebrauch frischer Blüten und Blätter kann während der gesamten Vegetationsperiode geerntet werden. Für die Ernte der Früchte im großen Stil ist ein mehrmaliger Drusch notwendig, da die Früchte ungleichmäßig reif werden und vor und während der Reife leicht abfallen (MIELKE & SCHÖBER-BUTIN 2007). Da die Kapuzinerkresse frostempfindlich ist, kann sie in unseren Breitengraden im Freiland nur einjährig kultiviert werden.

Nach der Ernte sind die Kapuzinerkresseblüten nach KELLEY et al. (2003) ohne optischen Qualitätsverlust bei 0 °C bis 2,5 °C für zwei Wochen lagerfähig. Bei Temperaturen zwischen –2,5 °C und 2,5 °C sind die Blüten ebenfalls noch nach zwei Wochen vermarktungsfähig. Eine Lagerungsdauer von einer Woche ist bei Temperaturen von –2,5 °C bis 10 °C gut möglich, ohne dass die Blüten unansehnlich werden. Nach zwei Wochen Lagerungsdauer bei –2,5 °C werden die Blüten der Kapuzinerkresse jedoch unansehnlich.

Die durchschnittliche Temperatur in den Kühlregalen der Supermärkte liegt sowohl im Sommer als auch im Winter zwischen 7,6 – 8,4 °C (LE BLANC et al. 1996). Daraus kann geschlossen werden, dass die Blüten von Kapuzinerkresse im Supermarkt ohne Qualitätsverlust eine Woche lang gelagert werden können.

2.3.2 Anwendung

In der Küche können die Blüten der Kapuzinerkresse als essbare Dekoration eingesetzt, oder in Öl bzw. Essig eingelegt werden. Blätter und Blüten finden Verwendung in Salaten und in Kräuterbutter und Kräutersalz. Die Blätter können als Pesto, in Suppen oder als Püree gegessen werden. Die Früchte kann man als Kapernersatz nutzen.

In Peru wird ein Tee oder Absud aus den Blättern gegen Haarausfall, Hämorrhoiden, Kopfweg und Halsentzündungen verwendet. In Bolivien badet man in einem Blätterauszug gegen Muskelschmerzen und Rheuma, in Guatemala verwendet man die Kapuzinerkresse gegen Bronchitis und Husten, in Cuba wird die Kapuzinerkresse als Zugpflaster verwendet (DUKE 2009). In Europa erkannte man schon im 18. Jahrhundert, dass man durch den hohen Gehalt an Ascorbinsäure Skorbut gut bekämpfen kann (CHRISTENHUSZ 2012). Heute können Präparate gegen infektiöse Erkrankungen der oberen Atemwege, akute Entzündungen der Harnwege und Krankheiten, die durch *Staphylococccen* und *Streptococccen* verursacht werden, mit Kapuzinerkresse behandelt werden. Die Kapuzinerkresse soll in Zukunft Antibiotika ersetzen, da die in ihr enthaltenen Senföle antibakteriell wirken. (MIELKE & SCHÖBER-BUTIN 2007). DUKE (2009) listete eine ganze Reihe an Wirkungen in *Duke's Handbook of Medicinal Plants of Latin America* auf, die er der Kapuzinerkresse zuschreibt: abführend, allergieauslösend, antiseptisch, beruhigend und anregend, bakterizid, fiebersenkend, fungizid, gegen Skorbut, harntreibend, heilungsbeschleunigend, magenstärkend, menstruationsfördernd, reinigend, schleimlösend, schmerzlindernd, verdauungsfördernd. Außerdem findet die Kapuzinerkresse Verwendung als Wundmittel und als Zugpflaster.

Auf die Pflanzeninhaltsstoffe, die in der Kapuzinerkresse vorkommen, wird nun im folgenden Kapitel genauer eingegangen.

2.4 Inhaltsstoffe der Kapuzinerkresse *Tropaeolum sp.*

Wie andere essbare Blüten hat die Kapuzinerkresse einen hohen Wassergehalt (Tab. 2). Aufgrund des niedrigen Gehalts an Kohlenhydraten und Fetten ist der Energiegehalt gering. Vergleichsweise haben die aufrechte Studentenblume *Tagetes erecta* und Parakresse *Spilanthus oleracea* mit $14,5 \pm 1,24$ % und $13,56 \pm 0,79$ % einen beinahe doppelt so hohen Gehalt an Gesamtkohlenhydraten (NAVARRO-GONZÁLES et al. 2014). Unter den Kohlenhydraten sind sowohl leicht verdauliche Kohlenhydrate wie Zucker als auch faserhaltige Kohlenhydrate wie Cellulose zusammengefasst. Unter Ballaststoffe sind die faserhaltigen Kohlenhydrate extra aufgelistet (Tab. 2). So wird ersichtlich, dass der Großteil der Kohlenhydrate bei den Blüten der aus unverdaulichen Fasern besteht (NAVARRO-GONZÁLES et al. 2014).

Tab. 2: Inhaltsstoffe der Blüten der Kapuzinerkresse: Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht (NAVARRO-GONZÁLEZ et al. 2015)

Inhaltsstoffe	Gehalt [MW ± s]	Inhaltsstoffe	Gehalt [mg kg ⁻¹ FG; MW ± s]
Energie (kcal/100 g)	21,44 ± 0,89	Eisen	5,51 ± 0,74
Wassergehalt (%)	89,32 ± 0,16	Kalium	2,25 ± 0,07
Kohlenhydrate gesamt (%)	7,14 ± 0,87	Kalzium	0,55 ± 0,07
Ballaststoffe (%)	4,51 ± 0,52	Kupfer	4,72 ± 0,20
Proteine (%)	1,99 ± 0,06	Magnesium	0,35 ± 0,07
Fettgehalt (%)	0,33 ± 0,03	Mangan	3,97 ± 0,26
Ascheanteil (%)	0,63 ± 0,01	Natrium	0,10 ± 0,00
		Phosphor	0,50 ± 0,00
		Schwefel	0,40 ± 0,00
		Strontium	3,88 ± 0,02
		Zink	6,60 ± 0,64

Die Kapuzinerkresse hat hohe Gehalte an Zink, Eisen, Kupfer, Mangan und Strontium (NAVARRO-GONZÁLES et al. 2015). Der Mineralstoffgehalt ist dem anderer essbarer Blüten ähnlich (NAVARRO-GONZÁLES et al. 2015; ROP et al. 2012) Der Mineralstoffgehalt essbarer Blüten ist jedoch gleich oder teilweise höher als der von Gemüsen und Früchten. Beispielsweise enthält die Himbeere *Rubus occidentalis* 0,178 mg 100 g⁻¹ FG Kalium (ROP et al. 2012), die Kapuzinerkresse 0,225 mg 100 g⁻¹ FG (NAVARRO-GONZÁLES et al. 2015). ROP et al. (2012) haben die Sorte *T. majus* 'Tom Pouce' auf ihre Makro- und Mikronährstoffe untersucht und erhielten bei den Mikronährstoffen Eisen ($6,47 \pm 0,31$ mg kg⁻¹ FG), Mangan ($5,85 \pm 0,24$ mg kg⁻¹ FG), Kupfer ($4,72 \pm 0,20$ mg kg⁻¹ FG) und Zink ($6,6 \pm 0,64$ mg kg⁻¹ FG) ähnliche Ergebnisse. Bei den Makronährstoffen Phosphor ($481,31 \pm 6,82$ mg kg⁻¹ FG), Kalium ($2.453,39 \pm 94,73$ mg kg⁻¹ FG), Kalzium ($337,23 \pm 18,62$ mg kg⁻¹ FG), Magnesium ($149,38 \pm 8,57$ mg kg⁻¹ FG) und Natrium ($88,52 \pm 4,27$ mg kg⁻¹ FG) erhielten sie wesentlich höhere Werte. Ursachen dafür können unterschiedliche Standortbedingungen und Düngemaßnahmen sein. Ob gedüngt wurde und in welchen Mengen gedüngt wurde geht jedoch aus keiner der beiden Studien hervor.

Ascorbinsäure

GARZÓN & WROLSTAD (2009) haben mittels HPLC-Analyse den Gesamtascorbinsäuregehalt der orangen Blüten der Kapuzinerkresse ermittelt und dabei einen Gehalt von 715 mg kg⁻¹ FG erhalten. Dieser Gehalt ist höher als der Vitamin C- Gehalt der Frucht der Habebutte *Rosa canina* L. mit 627 mg kg⁻¹ FG und von frischen Orangensaft *Citrus aurantium var. dulcis* mit 500 mg kg⁻¹ (GARZÓN & WROLSTAD 2009).

Bei den Untersuchungen von BAZYLKO et al. (2013) an Kapuzinerkressenblättern wurde ein Ascorbinsäuregehalt mittels Spektrophotometer von 27.740 ± 600 mg kg⁻¹ FG bei wässrigem Extrakt aus getrockneten Blättern ermittelt und in einem Hydroethanol- Extrakt, ebenfalls aus getrockneten Blättern von 2.506 ± 1.120 mg kg⁻¹ FG. In einem wässrigen Extrakt wurden bei gefriergetrockneten Blättern ein Ascorbinsäuregehalt von 23.740 ± 1.780 mg kg⁻¹ FG ermittelt, in einem Hydroethanol – Extrakt aus gefriergetrockneten Blättern wurde ein Ascorbinsäuregehalt von 18.960 ± 320 mg kg⁻¹ FG ermittelt.

BAZYLKO et al. (2014) maßen den Ascorbinsäuregehalt aus einer Blatt-Blütenmischung mittels Spektrophotometer und bekamen eine Konzentration von $10.300 \pm 100 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ bei wässrigem Extrakt aus gefriergetrockneten Blättern und Blüten und $10.700 \pm 200 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ in einem Hydroethanol- Extrakt aus gefriergetrockneten Blättern und Blüten. Aus dem Saft aus frischen Kapuzinerkresseblättern wurde ein Ascorbinsäuregehalt von $18.100 \pm 900 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ ermittelt.

Antioxidative Kapazität

GARZÓN et al. (2015) haben für drei verschiedene Blütenfarben der Kapuzinerkresse folgende antioxidative Kapazität in den Blüten gemessen: rote Blüten $18.719 \pm 696 \text{ } \mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1} \text{ FG}$, orange Blüten $11.790 \pm 1.570 \text{ } \mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1} \text{ FG}$ und gelbe Blüten $7.111 \pm 3.545 \text{ } \mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1} \text{ FG}$. Für die Analyse wurde das ORAC-Testverfahren angewandt.

NAVARRO-GONZÁLEZ et al. (2015) haben Kapuzinerkresseblüten auf antioxidative Kapazität untersucht und kamen mittels TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) auf $951 \pm 10 \text{ } \mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1} \text{ FG}$ und mittels ORAC auf $4.784 \pm 80 \text{ } \mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1} \text{ FG}$.

BAZYLKO et al. (2013) haben wässrige Extrakte und Hydroethanol-Extrakte aus den Blättern der Kapuzinerkresse auf ihre antioxidative Kapazität *in vitro* und *ex vivo* getestet. Dabei haben sie herausgefunden, dass beide Extrakte ohne signifikante Unterschiede gleichermaßen gut gegen die Radikale O_2^- (Hydroxid-Anion) H_2O_2 , (Wasserstoffperoxid) HClO (Hypochlorige Säure), NO^\cdot (Stickstoffmonoxid) und ONOO^- (Peroxinitrit-Anion), sowie auf das synthetische Radikal DPPH wirkten.

Obwohl die Kapuzinerkresse eine der besser erforschten essbaren Blüten ist, lagen zum Zeitpunkt der Masterarbeit keine Vergleichsdaten über den Nitrat- und Chlorophyllgehalt in der Kapuzinerkresse vor.

2.4.1 Ausgewählte sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe der Kapuzinerkresse

Phenole

In der Kapuzinerkresse sind vor allem Phenolsäuren und Flavonoide vertreten. Der Gesamtphenolgehalt in den roten Blüten der Kapuzinerkresse beträgt 9.087 ± 2.846 mg GAE kg^{-1} FG, in den orangen Blüten $6.877 \pm 1.613,6$ mg GAE kg^{-1} FG und in den gelben Blüten $5.384 \pm 65,6$ mg GAE kg^{-1} FG. Diese Ergebnisse wurden mittels Folin-Ciocalteu-Reagenz ermittelt (GARZÓN et al. 2015).

Unter den Flavonolen konnten sowohl Myricetin, Quercetin und Kaempferol in gefriergetrockneten Proben roter, oranger und gelber Blüten der Kapuzinerkresse mittels HPLC-PDA (High-performance liquid chromatography – Photodiode Array) nachgewiesen werden. Dabei enthielten die roten Blüten den höchsten Anteil an Myricetin (24.240 ± 183 mg kg^{-1} TG) und Quercetin (1.236 ± 156 mg kg^{-1} TG), während die orangen Blüten den höchsten Kaempferolgehalt hatten (13.920 ± 4803 mg kg^{-1} TG). Im Frischgewicht lagen die Werte etwas niedriger (GARZÓN et al. 2015). In den Blüten der Damaszenerrose *Rosa damascena* konnte ein Kaempferolgehalt von 14.800 ± 350 mg kg^{-1} TG festgestellt werden. Dieser Gehalt war der Höchste unter den 20 untersuchten Pflanzenmaterialien (HAGHI & HATAMI 2010) und ist mit dem Kaempferolgehalt der orangen Blüten der Kapuzinerkresse aus der Studie von GARZÓN et al. (2015) vergleichbar.

Die Zwiebel *Allium cepa* ist der Hauptlieferant für Quercetin in der Diät des durchschnittlichen US-Bürgers. Sie enthält 1.130 ± 60 mg kg^{-1} TG Quercetin. Ringelblumenblüten *Calendula officinalis* enthalten 1.120 ± 60 mg kg^{-1} TG Quercetin und die roten Blüten der Kapuzinerkresse enthalten sogar 1.236 ± 156 mg kg^{-1} TG Quercetin. Quercetin hat eine antioxidative und entzündungshemmende Wirkung, Ringelblumenblüten und Kapuzinerkresseblüten stellen eine gute Quelle dar (GARZÓN et al. 2015).

GARZÓN & WROLSTAD (2009) untersuchten mittels pH-Differenzialmethode orange Blüten der Kapuzinerkresse auf Anthocyanengehalt und erhielten 720 mg kg^{-1} FG monomerische Anthocyane, wobei 91 % des gesamten Anthocyangehaltes das Pelargonidin 3-Sophorisid

ausmachte. Daher wurde in der vorliegenden Arbeit bei der Analyse der Anthocyane Perlagonidin-3-Glucosid als Leithanthocyan angenommen.

GARZÓN et al. (2015) konnten mittels HPLC-Electrospray Ionization Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry in gelben, orangen und roten Blüten ähnliche Anthocyanprofile ermitteln. Delphinidin-3-Dihexosid, Cyanidin-3-Sophorisid und Pelargonidin-3-Sophorisid konnten in allen Proben nachgewiesen werden. Über die pH-Differenzialmethode wurden in orangen Blüten $1.088 \pm 372 \text{ mg kg}^{-1}$ FG und in roten Blüten $1.680 \pm 73 \text{ mg kg}^{-1}$ FG gemessen. Der Anthocyanengehalt in gelben Blüten war nicht nachweisbar. In dieser Studie wurde Cyanidin-3-Glucosid als Leithanthocyan angenommen (GARZÓN et al. 2015).

Carotinoide

Wie bereits erwähnt, sind die Blüten der Kapuzinerkresse eine gute Luteinquelle. Aus den Blüten und Blättern der Kapuzinerkresse konnten acht verschiedene Carotinoide extrahiert werden. Violaxanthin, Antheraxanthin, Zeaxanthin, Zeinoxanthin, β -Cryptoxanthin, α -Carotin und β -Carotin. In gelben Blüten der Kapuzinerkresse wurden $450 \pm 60 \text{ mg kg}^{-1}$ FG und in den orangen Blüten $350 \pm 50 \text{ mg kg}^{-1}$ FG Lutein nachgewiesen, während Violaxanthin und β -Carotin nur in Spuren nachgewiesen wurden und Neoxanthin unter der nachweisbaren Grenze lag. Die Blätter der Kapuzinerkresse enthielten $136 \pm 18 \text{ mg kg}^{-1}$ FG Lutein, $48 \pm 13 \text{ mg kg}^{-1}$ FG Neoxanthin, 74 ± 23 Violaxanthin und $69 \pm 7 \text{ mg kg}^{-1}$ FG β -Carotin (NIIZU & RODRIGUES-AMAYA 2005). Zusammenfassend kann man sagen, dass besonders die gelben Blüten der Kapuzinerkresse eine gute Luteinquelle sind und ein hervorragendes funktionelles Lebensmittel darstellen. Um diesen Luteingehalt aufnehmen zu können wird empfohlen die Blüten frisch und unerhitzt zu verzehren (LARA-CORTÉS et al. 2013) Die Blätter sind eine gute Lutein und β -Carotin-Quelle (LARA-CORTÉS et al. 2013; NIIZU & RODRIGUES-AMAYA 2005).

Glucosinolate

Die Kapuzinerkresse enthält im Vergleich zu anderen glucosinolathaltigen Pflanzen nur ein Glucosinolat, das Glucotropaeolin (KJÆR et al. 1978). Der Gehalt an Glucotropaeolin in der Kapuzinerkresse ist jedoch von mehreren Faktoren abhängig. Erstens vom Substrat, in dem die Pflanze wächst, es gibt einen großen Unterschied im Glucosinolatgehalt zwischen *in vitro* und in Erde kultivierten Pflanzen (MATALLANA et al. 2006). Eine weitere Rolle spielt der im Substrat enthaltene Gehalt an Schwefel, obgleich nicht die Konzentration ein limitierender Faktor ist, da 70 – 90 % des Schwefels im Nährmedium zurückbleiben (MATLLANA et al. 2006). Stattdessen sind die Aufnahmefähigkeit und Aufnahmekapazität für die Assimilation von Schwefel entscheidend. Man vermutet weitere Einflussfaktoren auf die Synthese und Anreicherung von Glucosinolaten. Diskutiert werden die Pflanzenentwicklung an sich, die Temperaturen, der Befall mit Krankheitserregern und das Boden-Wasserpotenzial (KLEINWÄCHTER et al. 2008).

Der Gehalt an Glucotropaeolin in der Kapuzinerkresse schwankt zwischen 10 – 55 $\mu\text{mol g}^{-1}$ TG bei *in vitro* kultivierten Pflanzen auf einem Standardmedium und 60 – 80 $\mu\text{mol g}^{-1}$ TG bei in Erde gewachsenen Pflanzen (MATALLANA et al. 2006). KLEINWÄCHTER et al. (2008) fanden ebenfalls hohe Schwankungen im Glucosinolatgehalt in den Blättern der Kapuzinerkresse, allerdings schon zwischen den einzelnen Individuen. Ihre Ergebnisse liegen zwischen weniger als 40 $\mu\text{mol g}^{-1}$ TG bis über 130 $\mu\text{mol g}^{-1}$ TG mit einen Durchschnittswert von 60 $\mu\text{mol g}^{-1}$ TG, was mit den Ergebnissen für in Erde gezogenen Pflanzen übereinstimmt (MATALLANA et al. 2006).

3 Material und Methoden

3.1 Standort Versuchszentrum Jedlersdorf

Der Kapuzinerkresseversuch wurde im Sommer 2015 im Versuchszentrum Jedlersdorf der Universität für Bodenkultur (BOKU) angelegt. Das Versuchszentrum ist eine Außenstelle der BOKU im Nordosten von Wien bei 48,29 Breitengraden und 16,43 Längengraden. Es befindet sich auf einer Seehöhe von 164 m (MAPCOORDINATES 2016).



Abb. 2: Versuchszentrum Jedlersdorf Quelle: WIEN GV 2016

Klima

Das Versuchszentrum Jedlersdorf (Abb. 2) liegt eben in einer windexponierten Lage und befindet sich klimatisch am westlichen Rand des Pannonikums. Hier herrschen relativ trocken-warme Sommer und mäßig-warme Winter vor (BOKU 2014).

Im Jahresdurchschnitt scheint die Sonne ungefähr 18 Stunden. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 9,9 °C, das Temperaturmaximum erreicht im Mittel im Juli 32,2 °C, das mittlere Temperaturminimum erreicht im Jänner –13,3 °C (ZAMG 2016a).

Der Jahresniederschlag beträgt 551 mm, wobei im Mittel der meiste Niederschlag im Juni, mit 72 mm gemessen in Groß Enzersdorf (ZAMG 2016a) und 70,2 mm (ZAMG 2016b) gemessen auf der hohen Warte, fällt.

Der Sommer 2015 war in Österreich extrem heiß und trocken. Die nächstgelegene Wetterstation zu Jedlersdorf mit Tagesaufzeichnungen – die Hohe Warte Wien – verzeichnet zwischen dem 15. Mai und 10. Oktober 2015 42 Tage mit Temperaturen über 30 °C, davon herrschten an 17 Tagen Höchsttemperaturen über 35 °C (Abb. 3).

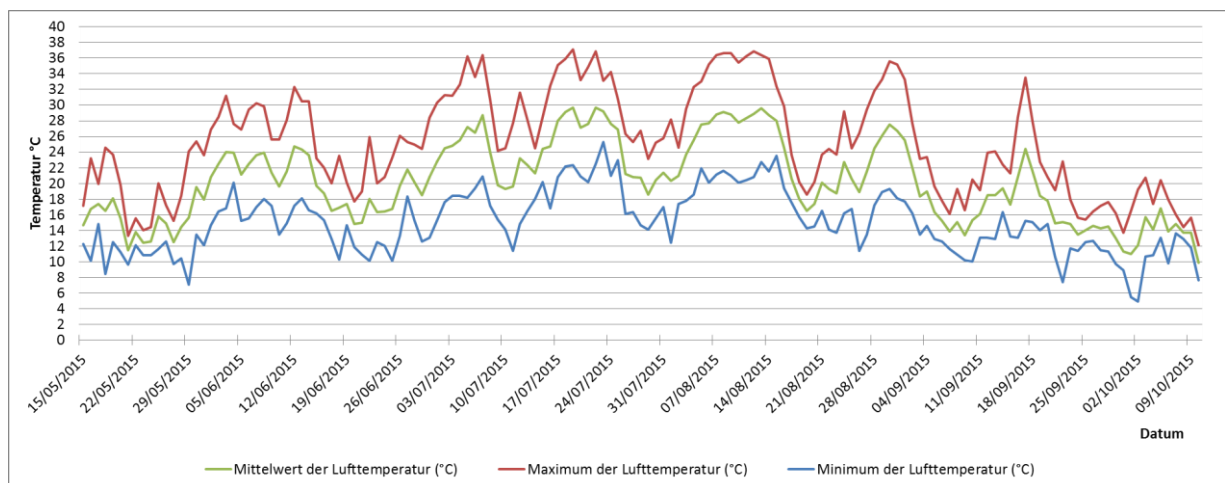


Abb. 3: Maximum der Lufttemperaturen (rote Linie), Mittelwerte der Lufttemperaturen (grüne Linie) und Minimum der Lufttemperaturen (blaue Linie) in Grad Celsius gemessen an der Hohen Warte, gemessen im Zeitraum vom 15. Mai bis 10. Oktober 2015 Quelle: ZAMG 2016 b

Der tägliche Niederschlag vom 15. Mai bis 10. Oktober 2015 wurde an der Messstation Hohe Warte gemessen und ergab insgesamt 210,5 ml Regen (Abb. 4).

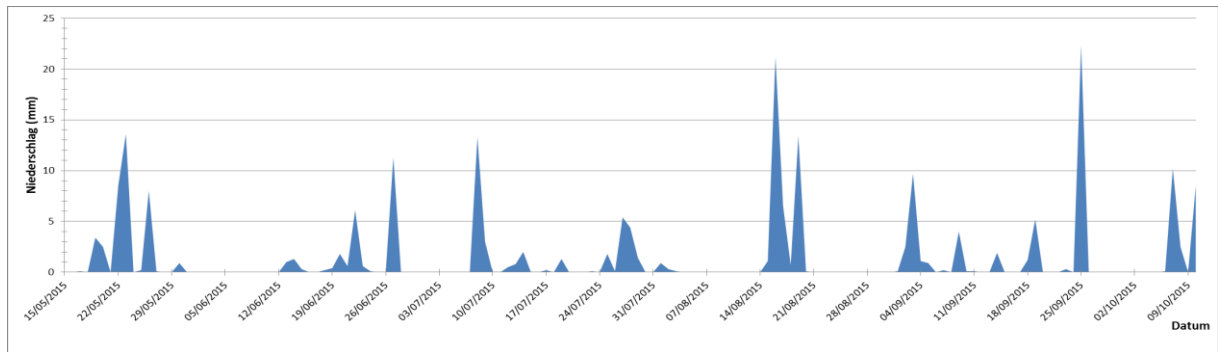


Abb. 4: Niederschläge in Millimeter gemessen an der Hohen Warte, täglich gemessen im Zeitraum vom 15. Mai bis 10. Oktober. Quelle: ZAMG 2016b

Der Juni 2015 galt als überdurchschnittlich warm und trocken, es gab eine Niederschlagssumme von 33 mm, was nach den Wetterdaten von Groß Enzersdorf ungefähr um die Hälfte weniger ist als das Jahresmittel von 1981 bis 2010 (Abb. 5). Der Juli 2015 war der wärmste seit Messbeginn und auch der August war extrem heiß und trockener als im Jahresmittel von 1981 bis 2010 (ZAMG 2016b) (Abb. 5).

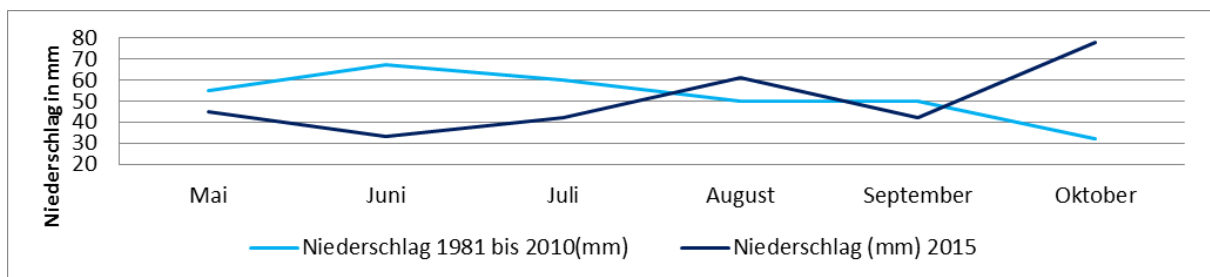


Abb. 5: Niederschlagssummen bei der Messstation Groß Enzersdorf im Vergleich zwischen 1981 bis 2010 (hellblaue Linie) und 2015 (dunkelblaue Linie) Quelle: (ZAMG 2016a; ZAMG 2016b)

Boden

Beim Bodentyp handelt es sich um einen Tschernosem aus Löß (WIEN GV 2016). Am 28.06.2013 wurden Bodenproben von der AGES auf ausgewählte Nährstoffe analysiert. Die Beprobungstiefe befand sich in 0–25 cm und 25–50 cm Tiefe.

Tab. 3: Ein Auszug der Bodenanalyse der Versuchsfläche in Jedlersdorf im Juni 2013
(Quelle: AGES 2013)

Parameter	Tiefe (cm)	Ergebnis	Bewertung
pH-Wert: CaCl ₂	0–25	7,5	alkalisch
Phosphor: CAL	0–25	174 mg kg ⁻¹	hoch
Kalium: CAL	0–25	355 mg kg ⁻¹	sehr hoch
Magnesium: verfügbar	0–25	148 mg kg ⁻¹	hoch
Humusgehalt	0–25	4,2 %	humos – C
Stickstoff nachlieferbar (Bebrütung)	0–25	41 mg kg ⁻¹ 7d ⁻¹	mittel
Bor: pflanzenverfügbar	0–25	2,9 mg kg ⁻¹	hoch
Eisen: EDTA	0–25	70 mg kg ⁻¹	mittel
Mangan: EDTA	0–25	64 mg kg ⁻¹	mittel
Kupfer: Königswasser	0–25	147,9 mg kg ⁻¹	Richtwert < 60 mg kg ⁻¹
Zink: EDTA	0–25	41 mg kg ⁻¹	hoch
Quecksilber: Königswasser	0–25	0,59 mg kg ⁻¹	Richtwert < 0,5 mg kg ⁻¹

Die Bodenuntersuchung (Tab. 3) zeigt, dass der Boden alkalisch ist. Phosphor- und Magnesiumgehalte sind hoch, der Kaliumgehalt ist sehr hoch. Der Boden ist humos mit einer guten Stickstoffnachlieferung. Eisen und Mangan sind ausreichend vorhanden. Die Gehalte an Bor und Zink sind hoch, der Kupfergehalt übersteigt den Richtwert um mehr als das Doppelte und auch der Quecksilbergehalt liegt etwas über dem Richtwert.

Daraus kann geschlossen werden, dass der Boden ausreichend mit Nährstoffen versorgt ist, welche auch gut pflanzenverfügbar sind. Der hohe Kupfergehalt könnte jedoch einschränkenden Einfluss auf das Wurzelwachstum haben, Kupfergehalte über 20 – 30 mg kg⁻¹ TG haben auf die meisten Pflanzen bereits toxische Wirkung (MARSCHNER 2012). Bereits bei 21 mg kg⁻¹ Trockenmasse werden Maispflanzen im Wurzelwachstum gestört (SCHILLING 2000), der hier vorliegende Wert von 147,9 mg kg⁻¹ ist siebenfach höher. Die Kupfermobilität nimmt jedoch ab einem pH-Wert von 7 ab, wodurch die Toxizität verringert sein könnte (BMLFUW 2008).

3.2 Versuchsaufbau

Der Kapuzinerkresseversuch wurde in einer vollständig randomisierten Blockanlage mit vier Wiederholungen von acht Samengruppen angelegt. Auf einer Fläche von 15,70 m x 8,40 m wurden 32 Parzellen so angeordnet, dass im ersten Block acht Parzellen mit jeweils einer Sorte angelegt wurden, die sich dann in drei weiteren Blöcken zufällig angeordnet wiederholten (Abb. 6). Jede Parzelle betrug 1,60 m x 1,30 m. Um die gesamte Versuchsfläche sowie zwischen den Parzellen befand sich ein 0,40 m breiter Weg (Abb. 7). Jede Parzelle wurde mit jeweils fünfzehn Pflanzen der jeweiligen Sorte bepflanzt. Dabei wurden in drei Reihen fünf Pflanzen in einem Abstand von 0,40 m x 0,25 m gesetzt. Zum Parzellenrand befand sich ein Abstand von 0,20 m, bevor die Bepflanzung in den Reihen begann.

Rund um die Versuchsfläche wurden der Länge nach achtzehn, der Breite nach neun Randpflanzen gesetzt, um Einflüsse von außerhalb der Parzelle zu minimieren.

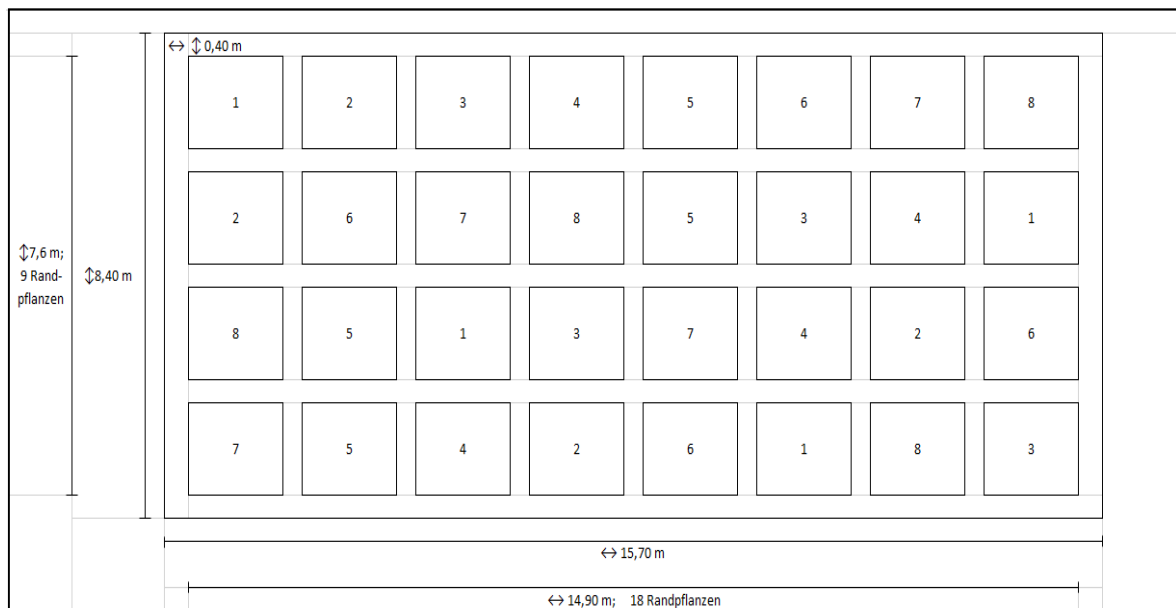


Abb. 6: Vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen und den Sorten 1 – 8 des Sortenversuchs Kapuzinerkresse *Tropaeolum* sp.

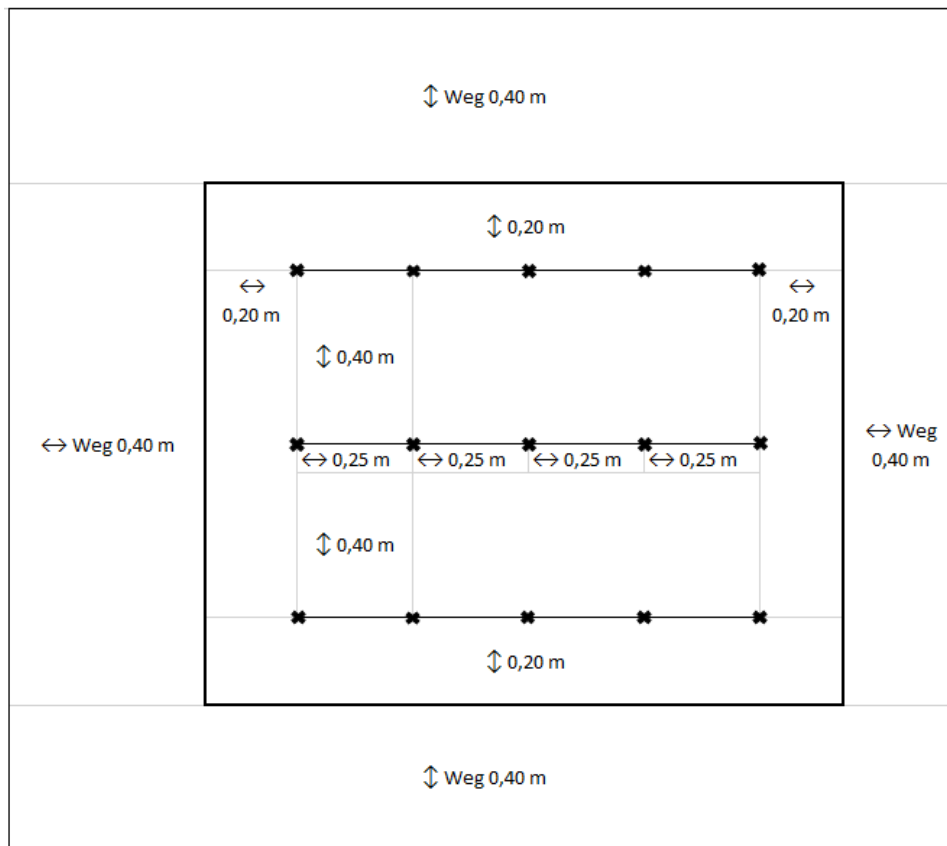


Abb. 7: Schema des Aufbaus einer Parzelle aus dem Sortenversuch Kapuzinerkresse *Tropaeolum* sp.

Der Versuch wurde im Frühjahr 2015 angelegt. Die Pflanzen wurden im Glashaus der Universität für Bodenkultur vor Ort vorgezogen, bis sie eine Größe von ca. zehn Zentimeter erreicht hatten. Anschließend wurden sie Mitte Mai ausgepflanzt. Um das Unkrautkommen zu unterdrücken, wurde auf der Versuchsfläche eine Folie von MyPex® aufgelegt. Dabei handelt es sich um eine gängige, im Gartenbau genutzte, wasser- und luftdurchlässige schwarze Gewebefolie. Da der Sommer 2015 extrem trocken war, wurde während längerer Trockenperioden mit einem Gardena Aquazoom Regner bewässert. Es wurden keine Düngemittel eingesetzt. Aufgrund eines starken Befalls mit Erdflöhen *Halticinae* wurde das Pflanzenschutzmittel Neudosan® Neu Blattlausfrei drei Wochen nach dem Auspflanzen angewandt. Das Pflanzenschutzmittel besteht aus Rapsöl und Kaliseife und ist im Biologischen Landbau zugelassen (NEUDORFF 2015). Der Bestand erholte sich nach der Anwendung wieder.

Am 01.10.2015 wurde der Versuch beendet und die Pflanzen abgeerntet. Die Proben der Blüten und Blätter wurden auf der Versuchsanlage direkt nach der Ernte bei $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ tiefgekühlt.

3.3 Sortenbeschreibung

Das Saatgut stammte von der Österreichischen Samenzucht- und Handels-Aktiengesellschaft – Austroaat Wien.

Die Sortenbeschreibung erwies sich insofern als kompliziert, da es sich auf den Saatgutpackungen um Handelsbezeichnungen handelte und nicht um Sortennamen und dazugehörige Beschreibungen schwer zu ermitteln waren. Da im Bereich Blumensaatgut große Uneinigkeit bezüglich der Nomenklatur herrscht, ist auch das Heranziehen von Saatgutbeschreibungen anderer Firmen mit Vorsicht zu genießen. Beispielsweise wird die Sorte 'Peach Melba' bei der Firma Austroaat (AUSTROSAAT 2016) als *Tropaeolum cultorum* ausgewiesen, bei der Firma Kiepenkerl (KIEPENKERL 2016a) und Dehner (DEHNER 2016) aber als *Tropaeolum minus*. Beim Saatgut 'Tip Top Alaska' herrscht selbst auf der Homepage von Kiepenkerl Uneinigkeit, da diese Mischung einmal als *T. majus* und einmal als *T. minus* angeführt wird (KIEPENKERL 2016b). Trotzdem werden im folgenden Abschnitt auch Beschreibungen anderer Saatgutfirmen herangezogen, sofern äußere phänologische Merkmale gleich bleiben. Jeder Sorte bzw. Samengruppe wurde im Versuch eine Nummer zugeteilt, die Zuordnung findet sich auch in folgender Auflistung wieder.

- 1 *T. majus* 'Milkmaid' hebt sich durch über dem Laub sitzende, cremeweiße Blüten hervor. Je nach Anbieter wird sie zwischen 30 cm (THOMPSON & MORGAN 2016a; TREPPENS 2016) und 180 cm (TUINZADEN 2016; JOHNSONS 2016) hoch, wodurch bei ihrer Wüchsigkeit zwischen buschförmig und rankend zu unterscheiden ist.



Abb. 8: *T. majus* 'Milkmaid' Quelle:

- 2 *T. majus* 'Alaska': Typisch für diese Mischungen sind die panaschierten Blätter, die für sich alleine schon einen Zierwert aufweisen. Die Blätter weisen zudem einen kompakten, dichten, buschförmigen Wuchs auf. Die Sorte bleibt meist gedungen und wird um die 20–30 cm hoch. Je nach Mischung und Anbieter blüht die Sorte 'Alaska' in unterschiedlichen Farben von creme über gelb, orange und rot (KIEPENKERL 2016b; CROCUS 2016; THOMPSON & MORGAN 2016b). Die genutzte Sorte von Austrosaat zeigt einfache Blüten.



Abb. 9: *T. majus*
'Alaska' Quelle:
Austrosaat 2016

- 3 *T. nanum* 'Cherry Rose' ist eine Mischung aus roten, einfachen und halbgefüllten Blüten. Sie wächst niedrig und kompakt bis ca. 30 cm Höhe. Sie bildet den charakteristischen, typischen Blütenstern der Kapuzinerkressen aus (AUSTROSAAT 2016).



Abb. 10: *T. nanum*
'Cherry Rose' Quelle:
Austrosaat 2016

- 4 Die Mischung *T. nanum* 'Niedrige Pracht gefüllt' (NP gefüllt) zeichnet sich durch die gefüllten, verschiedenfarbigen Blüten aus. Sie wächst niedrig und wird ca. 30 cm hoch (AUSTROSAAT 2016).

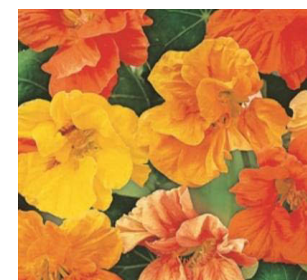


Abb. 11: *T. nanum*
'Niedrige Pracht
gefüllt' Quelle:
Austrosaat 2016

- 5 Charakteristisch für die Sorte *T. cultorum* 'Peach Melba' sind die leuchtend gelben, typisch gespornten Blüten, welche eine orange Zeichnung aufweisen. Zudem sind die Blüten nicht gefüllt. Sie wächst niedrig und kompakt bis ca. 30 cm Höhe (AUSTROSAAT 2016).



Abb. 12: *T. cultorum*
'Peach Melba' Quelle:
Austrosaat 2016

- 6 Die Sortenmischung *Tropaeolum*. sp. 'Einfache niedrige Prachtmischung' (NP einfach) weist besonders runde Blätter auf und hat vielfarbige, einfach gefüllte Blüten, die aus dem Laub ragen. Sie bleibt im Wuchs niedrig und wird ca. 30 cm hoch (AUSTROSAAT 2016).



Abb. 13: *Tropaeolum*
sp. 'Einfache
niedrige
Prachtmischung'
Quelle: Austrosaat 2016

- 7 Die Sorte *T. cultorum* 'Gleam Mischung' zeichnet sich durch die besonders rundlichen Blätter aus, die Blüten sind gelb bis orangefarben. Die Sorte ist starkwüchsig und wird ca. 50 cm hoch (AUSTROSAAT 2016).



Abb. 14: *T. cultorum*
'Gleam Mischung'
Quelle: Austrosaat 2016

8 *T. peregrinum (canariense)* 'Kanarische' unterscheidet sich in Form der Blüten und Blätter stark von anderen Kapuzinerkressen. Die Blätter sind feigenblattförmig, die Blüten sind gelb und geschlitzt. Sie wächst kletternd-rankend und wird ca. 150 cm hoch (AUSTROSAAT 2016). Ihren Ursprung hat sie wie alle *Tropaeolum* sp. in Peru. Der Name kommt vom heimischen Namen *huallpa*, übersetzt vom spanischen *pajarito amarillo*, der Kanarienvogelblume, und hat daher nichts mit den Kanarischen Inseln zu tun (HANELT 2001).



Abb. 15: *T. peregrinum* 'Kanarische' Quelle: Austrosaat 2016

3.4 Methoden

Aufbereitung der Frischproben zur Analyse

Die tiefgefrorenen Frischproben der Kapuzinerkresse wurden durch zwei verschiedene Verfahren aufbereitet, jenes für die Ascorbinsäureanalyse und jene für die anderen Analysen.

Für die Untersuchung des L-Ascorbinsäuregehalts der Blätter und Blüten wurden ungefähr fünf Gramm homogenisiertes Frischematerial eingewogen und diese mit 30 ml zweiprozentiger Oxalsäure in einem Becherglas vermischt. Nach ungefähr zehn Minuten wurden die Proben in einer Zentrifuge von Hettich, Rotina 35 R bei 10.000 Umdrehungen/Minute und 4 °C zwei Minuten lang zentrifugiert, da sowohl bei den Blättern als auch bei den Blüten eine starke Trübung auftrat und eine einfache Filtration durch die Rotilabo®-Rundfilter nicht möglich war.

Für die Extraktzubereitung für die Analysen des Zuckergehalts, der Gesamtphenole, der Anthocyane, der Chlorophylle, der Carotinoide und der antioxidativen Kapazität wurden wie folgt verfahren: Die Blätter bzw. Blüten wurden mittels eines Simpex Stabmixers SR 12412 professional homogenisiert. Es wurden jeweils ungefähr zehn Gramm der Probe mit einer A&D Weighing ER – 120 A Waage abgewogen. Anschließend wurden die abgewogenen

Proben in einem Becherglas mit 30 ml von vergälltem Ethanol (99,8 %) vermengt und ein weiteres Mal gemixt. Die Probe wurde in einen Erlenmeyerkolben umgefüllt, mit einem Parafilm M[®] versiegelt und in einem GFL Schüttelwasserbad 1086 für 30 min bei 22 °C geschüttelt. Anschließend wurden die Proben durch einen Rotilabo[®]-Rundfilter, Typ 113 A, (Ø 110 mm) filtriert. Die gewonnenen Extrakte (Abb. 16) wurden in Szintillationsgefäße umgefüllt, bei –18 °C gelagert und für die Messungen nach Bedarf für weitere Analysen verwendet.

Nach einer inhaltsstoffspezifischen Aufbereitung der Extrakte wurden die jeweiligen Pflanzeninhaltsstoffe mittels Spektrophotometer Metertech UV/VIS SP – 8001 gemessen.



Abb. 16: Vorbereitung der Extrakte zur Analyse des Zucker-, Gesamtphenol-, Anthocyan-, Chlorophyll- und Carotinoidgehalts, sowie zur Analyse der antioxidativen Kapazität

Zuckerbestimmung

Bei der Bestimmung der reduzierender Zucker wurden, nach dem Verfahren von TALBURT & SMITH (1987), ein Milliliter Extrakt mit neun Milliliter Ethanol verdünnt und mit drei Milliliter Dinitrophenol-Lösung (DNP) vermengt. Anschließend wurde die Probe zehn Minuten bei 81 °C im Wasserbad erhitzt.

Zur Bestimmung des Gesamtzuckergehalts wurden 38 ml destilliertes Wasser mit zwei Milliliter der Probe und einem Tropfen Salzsäure vermengt, damit bei 81 °C in einem 30 – minütigem Wasserbad eine Hydrolyse stattfinden konnte. Nach dem Abkühlen wurde der Probe konzentrierte Natronlauge beigefügt und der pH-Wert eingestellt, da die Lösung

basisch sein soll (Abb. 17). Anschließend wurde wie oben verfahren. Nach dem Abkühlen wurde die Absorbanz bei $\lambda = 600 \text{ nm}$ mit dem Spektrophotometer erfasst.

Wird die Differenz von Gesamtzucker und reduzierenden Zuckern mit der Umsetzungseffizienz der Hydrolyse von 0,95 multipliziert, erhält man den Saccharosegehalt. Die Ergebnisse werden in $\text{mg kg}^{-1} \text{ FG}$ ausgedrückt.



Abb. 17: Aufbereitung der Extrakte zur Messung des Gesamtzuckers (li) nach der Hydrolyse im Wasserbad; (re) nach Zugabe von NaOH

Messung der Gesamtphenole

Der Gesamtphenolgehalt wurde mittels Folin-Ciocalteu-Reagenz bestimmt. Dabei handelt es sich um eine kolorimetrische Methode, also eine vergleichende Messung der Ausfärbung bei unterschiedlichen Gallussäuregehalten von der unbekannt, zu messenden Substanz im Vergleich zu einer bekannten Substanz, deren Ergebnisse in Gallussäureäquivalenten dargestellt werden.

Die Phenole werden durch die Folin-Ciocalteu Reagenz im alkalischen Milieu eingefärbt, weshalb der pH-Wert der zu messenden Lösungen zwischen 10 und 14 liegen soll (KEUTGEN & PAWLEZIK 2007). Trübungen, die die Messungen stören könnten, sind nicht aufgetreten.

Für die Messung der Gesamtphenole der Kapuzinerkressen wurde zunächst eine Standardkurve im Bereich von 0 bis $6,608 \text{ mg L}^{-1}$ nach KEUTGEN & PAWLEZIK (2007) erstellt. Die Extrakte wurden bei $37 \text{ }^\circ\text{C}$ 15 Minuten inkubiert und danach eine Minute lang unter

fließendem Wasser abgekühlt. Anschließend wurde die Absorbanz bei 735,8 nm gemessen (KEUTGEN & PAWLEZIK 2007).

Zu den Ergebnissen in GAE (Gallussäureäquivalenzen) wurden das Volumen des Messkolbens in cm^3 und das Einwaagegewicht einberechnet. Diese Ergebnisse wurden in der SI – Einheit mg kg^{-1} angegeben.



Abb. 18: Aufbereitung der Extrakte zur Messung der Gesamtphenole

Messung der Anthocyane

Der Anthocyangehalt wurde mittels pH-Differenzialmethode nach GIUSTI & WROLSTAD (2001) gemessen. Die pH-Differenzialmethode ist eine einfache Methode, um quantitativ den monomeren Anthocyangehalt zu analysieren.

Für die Bestimmung wurden jeweils 200 μL des Extraktes einmal mit drei Milliliter Kaliumchlorid – Lösung 0,025 M, pH 1,0 und einmal mit Natriumacetat – Lösung 0,4 M, pH 4,5 vermischt. Nach 15 Minuten Inkubationszeit wurden die Werte der Extrakte im Spektrophotometer bei 520 nm und 700 nm gemessen. Als Leitsubstanz wurde Pelargonidin-3-glucosid angenommen. Die Ergebnisse der monomeren Anthocyangehalte der Kapuzinerkresseproben wurden in mg kg^{-1} FG angegeben.

Bestimmung der Chlorophylle und Gesamtcarotinoide

Die Extrakte wurden für die Untersuchung auf Chlorophyll *a* und *b*, Gesamtchlorophyll, sowie auf Carotinoide nach der Bestimmungsmethode von KEUTGEN (2006) aufbereitet. Alle Extrakte wurden jedoch aufgrund von vorliegenden Trübungen im Extrakt vor der Aufbereitung für zwei Minuten bei 10.000 Umdrehungen/Minute und 4 °C zentrifugiert. Für die Messung im Spektrophotometer wurden die Extrakte aufgrund starker Färbung im Verhältnis 1:4 mit Ethanol verdünnt. Anschließend wurde die Absorbanz bei $\lambda = 470$ nm, $\lambda = 653$ nm und $\lambda = 666$ nm gemessen. Aus den daraus resultierenden Werten wurden die Gehalte an Chlorophyll *a*, *b*, Gesamtchlorophyllen und Gesamtcarotinoiden berechnet.

Askrobinsäurebestimmung

Nach der Extraktaufbereitung wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt, wo als Standard die Askrobinsäure in destilliertem Wasser genutzt wurde. Die Blindprobe wurde mit zweiprozentiger Oxalsäure durchgeführt, da keine Askrobinsäure enthalten war, passierte der Farbumschlag nach der ersten Titration. Der Ascorbinsäure-Nachweis erfolgte durch die Titration mit der Tillman Reagenz, dem 2,6-Dichlorphenolindophenol (DCPIP). Die Titration wurde mit einer HandyStep[®] S-Pipette und einem 20 μ l Aufsatz durchgeführt. Dabei wurde solange pipettiert, bis ein Farbumschlag von transparent auf rosa entstand, der auch ca. eine Minute lang angehalten hat. Die Extrakte der Blüten waren von vornherein rosa, daher musste genauer auf einen Farbumschlag geachtet werden (Abb. 19). Die erhaltenen Werte wurden in eine Formel gesetzt, um den Askrobinsäuregehalt zu berechnen.



Abb. 19: Farbumschlag bei der Titration zur Analyse der Ascorbinsäure

Messung der Antioxidativen Kapazität

Die Messung der antioxidativen Kapazität wurde mit dem FRAP-Assay (Ferric Reducing Ability of Plasma) in modifizierter Form durchgeführt (KEUTGEN & PAWELZIK 2007 nach BENZIE & STRAIN 1996). FRAP ist eine einfache, kostengünstige und leicht reproduzierbare Methode, um die antioxidative Kapazität von Lebensmitteln, Getränken und Nahrungsergänzungsmitteln festzustellen. Bei einem niedrigen pH-Wert wird Fe^{3+} -TPTZ (2,4,6 Tri-pyridyl-s-triazin) durch antioxidative Inhaltsstoffe zu Fe^{2+} reduziert, wobei ein blauer Farbumschlag der Lösung entsteht. Dieser Farbumschlag wird im Spektrophotometer bei 593 nm gemessen. Die Veränderungen der Absorbanz, die im Spektrophotometer gemessen werden, sind über weite Konzentrationsbereiche linear. Durch die Kalibrierung des Spektrophotometer mit Standardlösungen (KEUTGEN & PAWELZIK 2007) können die Messwerte verglichen werden.

Für die Messung der antioxidativen Kapazität der Kapuzinerkressen wurden zuerst mehrere Standards festgelegt. Weiters wurden 200 ml Acetat – Puffer, 20 ml TPTZ – Lösung, 20 ml FeCl_3 – Lösung und 24 ml destilliertes Wasser gemischt und im Wasserbad auf 37 °C erwärmt. Ein Milliliter der FRAP- Lösung wurden mit 100 μl der Probe vermengt, die Absorbanz wurde im Spektrophotometer bei 593 nm gemessen und die antioxidative Kapazität berechnet (KEUTGEN & PAWELZIK 2007).

3.5 Statistische Auswertung

Die mit Excel errechneten Werte wurden mittels IBM SPSS Statistics Version 21 ausgewertet. Ob die Proben varianzhomogen sind, wurde mit dem Levene-Signifikanztest getestet. Es wurde ein Signifikanzlevel von $P < 0,05$ festgelegt.

Wenn keine Varianzhomogenität vorlag, das heißt, dass sich die Signifikanz unter $P \geq 0,05$ befand, wurden mit dem Tamhane- Test die Mittelwerte paarweise miteinander verglichen, um herauszufinden, ob es zwischen den einzelnen Sorten einen signifikanten Unterschied gab.

Wurde beim Levene-Signifikanztest eine Varianzhomogenität ermittelt, wurde die ANOVA fortgesetzt und mittels Tukey Test weiter ermittelt, welche Sorten sich voneinander unterscheiden. Wurden hier Signifikanzen $P \geq 0,05$ errechnet, gab es keine Unterschiede.

4 Ergebnisse

Die Art *Tropaeolum peregrinum* 'Kanarische' hatte bereits Auflaufschwierigkeiten im Glashaus, fiel nach dem Befall mit Erdflöhen *Halticinae* vollständig aus. Sie wurde somit in der Bewertung nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Laboranalysen zum Gehalt an Zuckern, Gesamtphenolen, Anthocyanen, Chlorophyll, Carotinoiden, Ascorbinsäure und der gesamten antioxidativen Kapazität wurden in den Tabellen 4 bis 12 dargelegt. Um die unterschiedlichen Gehälter der einzelnen Inhaltsstoffe in Blättern und Blüten zu verdeutlichen, wurden sie grafisch in Form von Boxplots in den Abbildungen 20 bis 31 dargestellt.

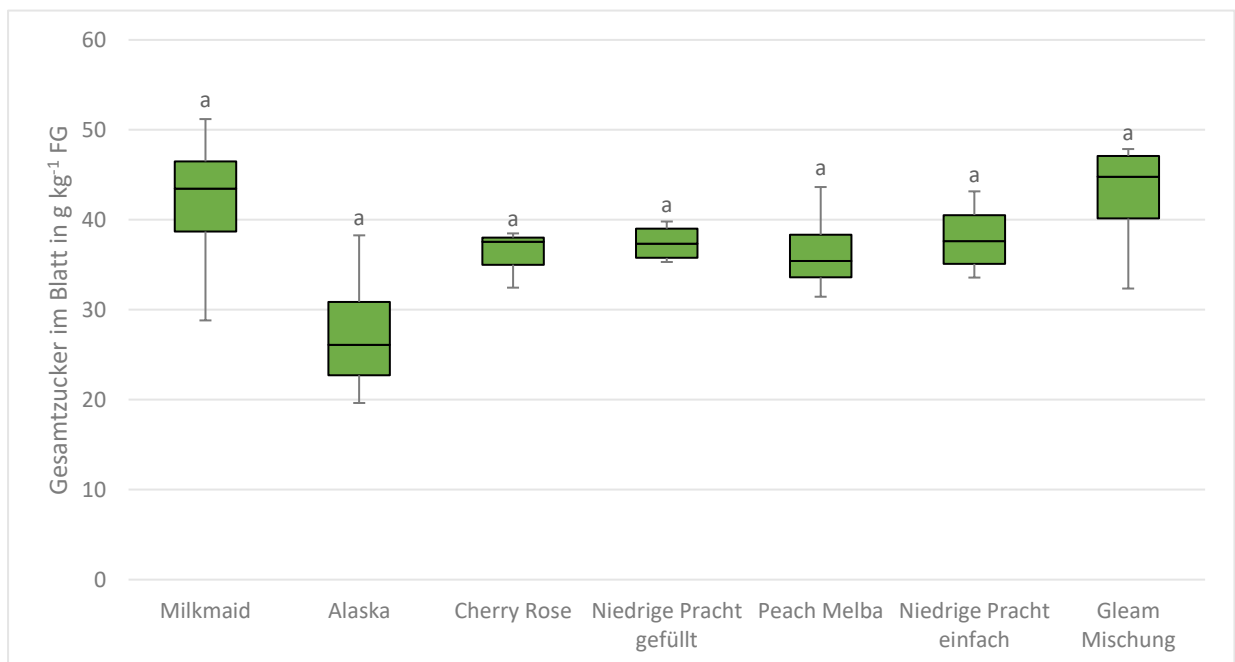
4.1 Zucker

Die Werte für Gesamtzucker, Saccharosegehalt und reduzierender Zucker in Blättern und Blüten waren jeweils varianzhomogen und wurden daher mit ANOVA und Tukey auf Unterschiede untersucht. Es konnten Sortenunterschiede weder bei den Blättern noch bei den Blüten festgestellt werden (Tab. 4-5, Abb. 20-21). Die durchschnittliche Gehalt an reduziertem Zucker, Saccharose und Gesamtzucker sind in den Blüten höher ist als in den Blättern.

Tab. 4: Ergebnisse der Laboranalyse über den Zuckergehalt der Blätter der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht)

Sorte und Stichprobenumfang	Reduzierende Zucker in g kg^{-1} FG [MW \pm s]	Saccharosegehalt in g kg^{-1} FG [MW \pm s]	Gesamtzucker in g kg^{-1} FG [MW \pm s]
<i>T. majus</i> 'Milkmaid' (n = 4)	21,96 \pm 4,96 a	19,76 \pm 4,46 a	41,73 \pm 9,42 a
<i>T. majus</i> 'Alaska' (n = 4)	14,48 \pm 4,21 a	13,03 \pm 3,79 a	27,51 \pm 8,01 a
<i>T. nanum</i> 'Cherry Rose' (n = 4)	19,03 \pm 1,71 a	17,13 \pm 1,54 a	27,84 \pm 1,68 a
<i>T. nanum</i> 'NP gefüllt' (n = 4)	19,71 \pm 1,14 a	17,73 \pm 1,03 a	37,44 \pm 2,17 a
<i>T. cultorum</i> 'Peach Melba' (n = 4)	19,21 \pm 2,74 a	17,28 \pm 2,46 a	36,49 \pm 5,20 a
<i>Tropaeolum</i> sp. 'NP einfach' (n = 4)	20,00 \pm 2,24 a	18,00 \pm 2,02 a	38,00 \pm 4,26 a
<i>T. cultorum</i> 'Gleam Mischung' (n = 4)	22,34 \pm 3,72 a	20,11 \pm 3,35 a	42,45 \pm 7,08 a
Blätter Gesamtgehalt (n = 28)	19,55 \pm 3,80	17,60 \pm 3,42	37,15 \pm 7,22

Abb. 20: Gesamtzuckergehalt in den Blättern der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in g kg^{-1} FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$)



Tab. 5: Ergebnisse der Laboranalyse über den Zuckergehalt der Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht)

Sorte und Stichprobenumfang	Reduzierende Zucker in g kg^{-1} FG [MW \pm s]	Saccharosegehalt in g kg^{-1} FG [MW \pm s]	Gesamtzucker in g kg^{-1} FG [MW \pm s]
<i>T. majus</i> 'Milkmaid' (n = 4)	27,64 \pm 2,01 a	24,87 \pm 1,81 a	52,52 \pm 3,82 a
<i>T. majus</i> 'Alaska' (n = 4)	33,96 \pm 7,69 a	30,56 \pm 6,92 a	64,53 \pm 14,61 a
<i>T. nanum</i> 'Cherry Rose' (n = 4)	24,44 \pm 2,65 a	22,00 \pm 2,38 a	46,44 \pm 5,04 a
<i>T. nanum</i> 'NP gefüllt' (n = 4)	27,55 \pm 5,29 a	24,80 \pm 4,76 a	52,36 \pm 1,00 a
<i>T. cultorum</i> 'Peach Melba' (n = 4)	25,54 \pm 7,88 a	22,98 \pm 7,09 a	48,52 \pm 1,49 a
<i>Tropaeolum</i> sp. 'NP einfach' (n = 4)	23,73 \pm 2,68 a	21,36 \pm 2,41 a	45,10 \pm 5,10 a
<i>T. cultorum</i> 'Gleam Mischung' (n = 4)	30,66 \pm 5,69 a	27,60 \pm 5,12 a	58,26 \pm 1,08 a
Blüten Gesamtgehalt (n = 28)	27,65 \pm 5,82	29,03 \pm 5,24	52,53 \pm 1,10

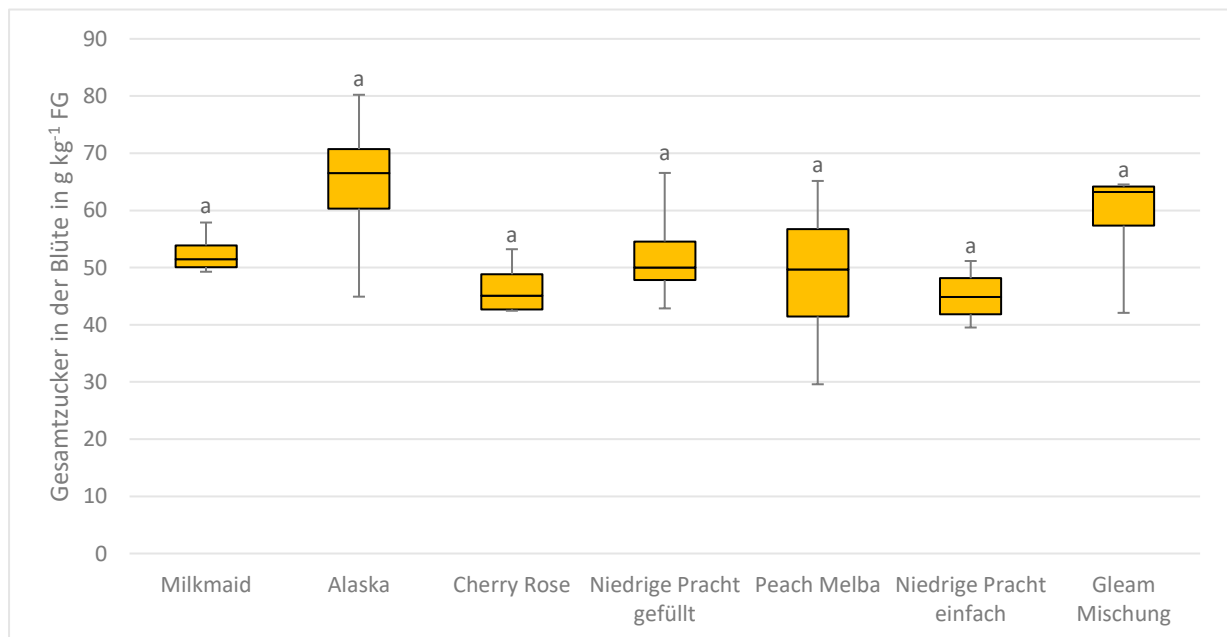


Abb. 21: Gesamtzuckergehalt in den Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in g kg^{-1} FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$)

4.2 Gesamtphenole

Die Blätter und Blüten wiesen durchschnittlich gleiche Gesamtphenolgehalte auf (Tab. 6, Abb. 22-23). Die Gesamtphenolgehalte der Blätter und Blüten waren jeweils varianzhomogen, weshalb mit ANOVA und Tukey weiter auf Unterschiede getestet wurde. Es konnten jedoch keine Sortenunterschiede bei den Blättern und Blüten im Gesamtphenolgehalt festgestellt werden.

Tab. 6: Ergebnisse der Laboranalyse über den Gesamtphenolgehalt der Blätter und Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht)

Sorte und Stichprobenumfang	Gesamtphenole im Blatt in mg kg^{-1} FG [MW \pm s]	Gesamtphenole in der Blüte in mg kg^{-1} FG [MW \pm s]
<i>T. majus</i> 'Milkmaid' (n = 4)	101,75 \pm 9,90 a	67,23 \pm 9,51 a
<i>T. majus</i> 'Alaska' (n = 4)	86,11 \pm 12,13 a	86,79 \pm 9,71 a
<i>T. nanum</i> 'Cherry Rose' (n = 4)	98,93 \pm 12,06 a	107,69 \pm 12,49 a
<i>T. nanum</i> 'NP gefüllt' (n = 4)	102,71 \pm 12,09 a	107,38 \pm 22,22 a
<i>T. cultorum</i> 'Peach Melba' (n = 4)	96,65 \pm 10,27 a	75,29 \pm 16,61 a
<i>Tropaeolum</i> sp. 'NP einfach' (n = 4)	91,79 \pm 7,12 a	94,79 \pm 22,30 a
<i>T. cultorum</i> 'Gleam Mischung' (n = 4)	102,14 \pm 13,27 a	97,80 \pm 20,71 a
Gesamtgehalt Blatt/Blüte (n = 28)	97,16 \pm 11,44	91,00 \pm 20,96

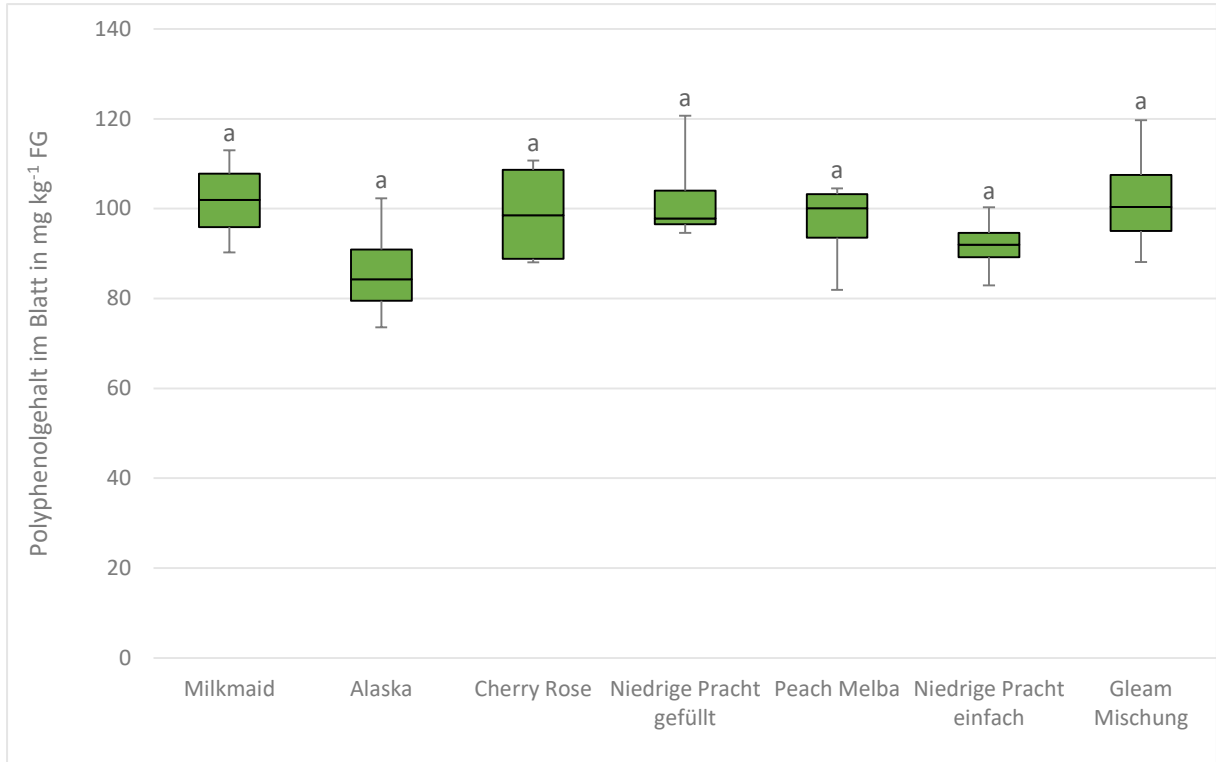


Abb. 22: Gesamtphenolgehalt in den Blättern der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg^{-1} FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$)

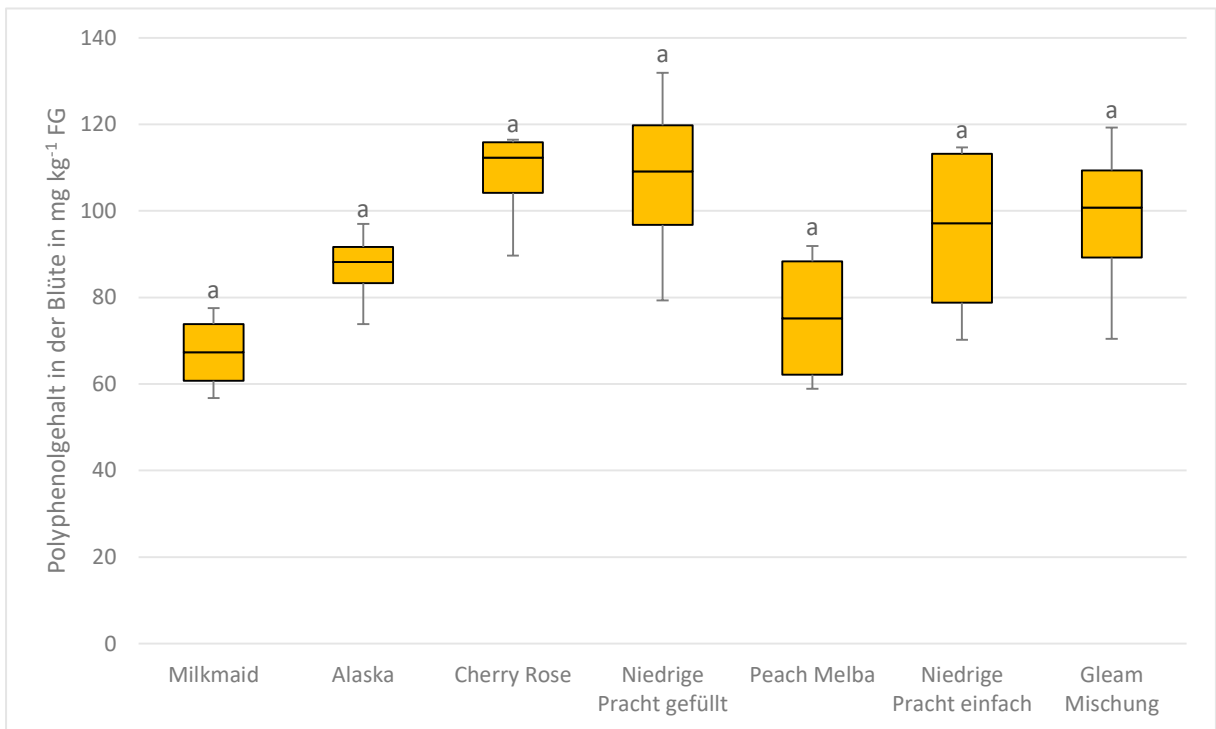


Abb. 23: Gesamtphenolgehalt in den Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg^{-1} FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$)

4.3 Anthocyane

Die Analyse der Blätter ergab, dass diese keine Anthocyane enthalten. Im Fall der Blüten konnte mittels Levene-Test keine Varianzhomogenität festgestellt werden. Daher wurden die Mittelwerte mit dem Tamhane- Test verglichen. Es wurde festgestellt, dass sich der Anthocyangehalt der Sorte *T. majus* 'Milkmaid' von dem der Sorte *T. cultorum* 'Peach Melba' unterscheidet, aber *T. cultorum* 'Peach Melba' war nicht die Sorte mit dem höchsten Anthocyananteil. Die Signifikanz beruht auf der geringen Standardabweichung beider Proben (Tab. 7 Abb. 24).

Tab. 7: Ergebnisse der Laboranalyse über den Anthocyangehalt der Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$ Unterschiedlich Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede auf; NP = Niedrige Pracht)

Sorte und Stichprobenumfang	Anthocyane in der Blüte in mg kg ⁻¹ [MW ± s]
<i>T. majus</i> 'Milkmaid' (n = 4)	34,02 ± 33,38 b
<i>T. majus</i> 'Alaska' (n = 4)	200,57 ± 267,04 ab
<i>T. nanum</i> 'Cherry Rose' (n = 4)	500,65 ± 227,46 ab
<i>T. nanum</i> 'NP gefüllt' (n = 4)	555,87 ± 136,01 ab
<i>T. cultorum</i> 'Peach Melba' (n = 4)	201,04 ± 49,95 a
<i>Tropaeolum</i> sp. 'NP einfach' (n = 4)	429,85 ± 192,64 ab
<i>T. cultorum</i> 'Gleam Mischung' (n = 4)	394,51 ± 155,60 ab
Blüten Gesamtgehalt (n = 28)	324,65 ± 231,95

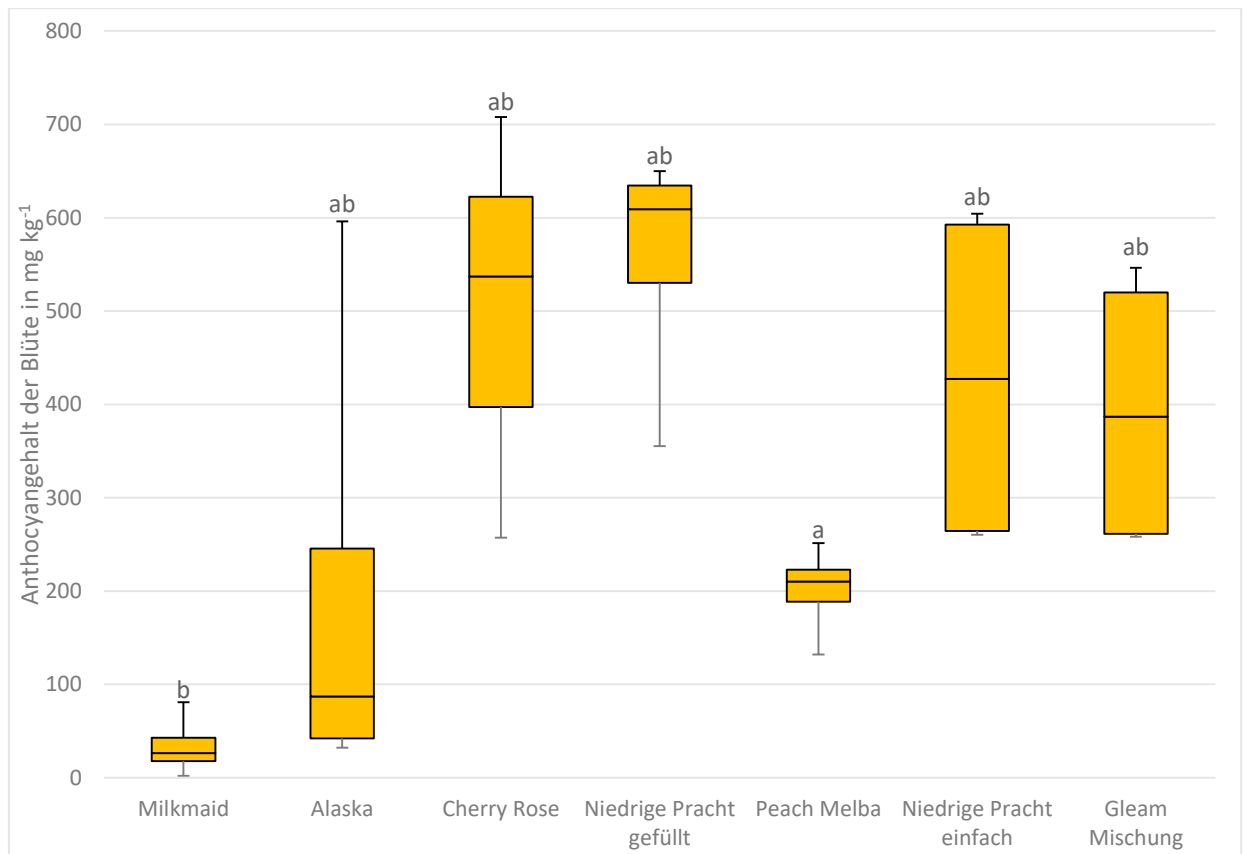


Abb. 24: Anthocyanengehalt in den Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg⁻¹ FG (Signifikanz nach dem Tamhane Test bei $P \geq 0,05$)

4.4 Chlorophyll

Die Blätter enthalten mehr Chlorophyll als die Blüten (Tab. 8-9, Abb. 25-26). Blätter und Blüten enthalten mehr Chlorophyll *a* als Chlorophyll *b*. Beim Chlorophyll *a* Gehalt der Blätter konnte keine Varianzhomogenität festgestellt werden, daher wurde mit Tamhane weiter getestet, es gab jedoch keine signifikanten Unterschiede im Chlorophyll *a* Gehalt. Der Levene – Test für Chlorophyll *b* Gehalte und den Gesamtchlorophyllgehalt bei den Blättern zeigte Varianzhomogenität. ANOVA und Tukey-Test zeigten keine signifikanten Unterschiede. Die Chlorophyllgehalte der Blüten lassen sich dadurch erklären, dass der Stielansatz mitgerntet und daher mitanalysiert wurde.

Tab. 8: Ergebnisse der Laboranalyse zu den Gehalten an Chlorophyll *a*, Chlorophyll *b* und den Gesamtchlorophyllgehalt der Blätter der untersuchten Sorten (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz bei Chlorophyll *a* nach Tamhane- Test, bei Chlorophyll *b* und Gesamtchlorophyll nach Tukey Test jeweils mit $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht)

Sorte und Stichprobenumfang	Chlorophyll <i>a</i> in mg kg⁻¹ FG [MW ± s]	Chlorophyll <i>b</i> in mg kg⁻¹ FG [MW ± s]	Gesamtchlorophyllgehalt in mg kg⁻¹ FG [MW ± s]
<i>T. majus</i> 'Milkmaid' (n = 4)	270,74 ± 157,34 a	198,14 ± 177,08 a	468,88 ± 273,40 a
<i>T. majus</i> 'Alaska' (n = 4)	162,09 ± 120,01 a	106,29 ± 56,74 a	268,38 ± 175,01 a
<i>T. nanum</i> 'Cherry Rose' (n = 4)	234,66 ± 95,30 a	167,60 ± 77,03 a	402,26 ± 171,28 a
<i>T. nanum</i> 'NP gefüllt' (n = 4)	251,61 ± 108,54 a	174,91 ± 88,31 a	426,52 ± 196,11 a
<i>T. cultorum</i> 'Peach Melba' (n = 4)	260,95 ± 169,49 a	165,97 ± 86,57 a	426,92 ± 255,70 a
<i>Tropaeolum</i> sp. 'NP einfach' (n = 4)	223,49 ± 69,12 a	158,69 ± 31,51 a	382,17 ± 97,26 a
<i>T. cultorum</i> 'Gleam Mischung' (n = 4)	231,14 ± 116,97 a	193,98 ± 86,07 a	425,11 ± 200,46 a
Blätter Gesamtgehalt (n = 28)	233,52 ± 144,23	166,51 ± 77,39	400,03 ± 188,79

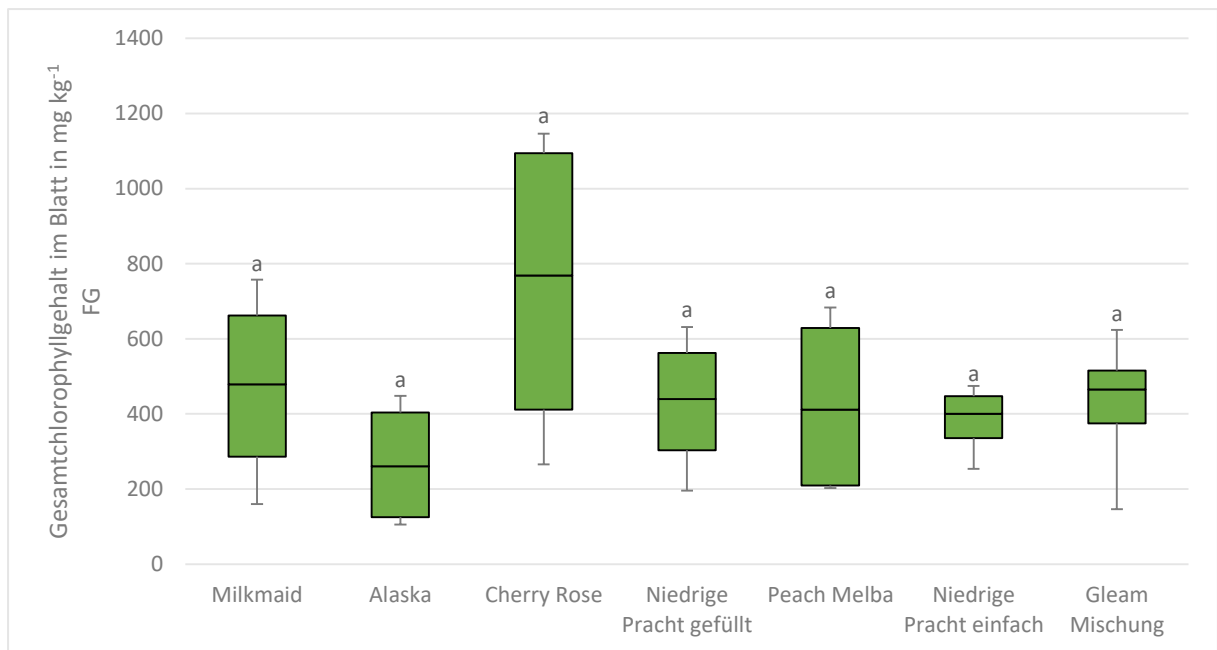


Abb. 25: Gesamtchlorophyllgehalt in den Blättern der Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg^{-1} FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$)

Tab. 9: Ergebnisse der Laboranalyse über den Gehalt an Chlorophyll *a*, Chlorophyll *b* und den Gesamtchlorophyllgehalt der Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht; nn = nicht nachgewiesen)

Sorte und Stichprobenumfang	Chlorophyll <i>a</i> in mg kg^{-1} FG [MW \pm s]	Chlorophyll <i>b</i> in mg kg^{-1} FG [MW \pm s]	Gesamtchlorophyllgehalt in mg kg^{-1} FG [MW \pm s]
<i>T. majus</i> 'Milkmaid' (n = 4)	18,41 \pm 7,41 a	0,63 \pm 1,26 a	19,04 \pm 8,57 a
<i>T. majus</i> 'Alaska' (n = 4)	15,49 \pm 6,66 a	nn	15,49 \pm 6,66 a
<i>T. nanum</i> 'Cherry Rose' (n = 4)	23,65 \pm 13,81 a	0,10 \pm 0,21 a	23,65 \pm 13,81 a
<i>T. nanum</i> 'NP gefüllt' (n = 4)	23,67 \pm 3,51 a	1,55 \pm 3,10 a	23,67 \pm 3,51 a
<i>T. cultorum</i> 'Peach Melba' (n = 4)	28,14 \pm 12,03 a	nn	28,14 \pm 12,03 a
<i>Tropaeolum</i> sp. 'NP einfach' (n = 4)	21,62 \pm 4,52 a	0,00 \pm 0,01 a	21,62 \pm 4,52 a
<i>T. cultorum</i> 'Gleam Mischung'	24,45 \pm 2,01 a	nn	24,45 \pm 2,01 a

(n = 4)			
Blüten Gesamtgehalt (n = 28)	26,44 ± 23,76	1,42 ± 5,84	22,56 ± 8,69

4.5 Carotinoide

Der Levene-Test für die Carotinoidgehalte in Blüten und Blättern zeigte in beiden Fällen Varianzhomogenität; ANOVA und Tukey-Test zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten (Tab. 10, Abb. 26-27). Bis auf die Sorte *T. majus* 'Milkmaid' ist der Carotinoidgehalt in den Blüten durchschnittlich höher als in den Blättern.

Tab. 10: Ergebnisse der Laboranalyse der Carotinoide in den Blättern und Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht)

Sorte und Stichprobenumfang	Carotinoide im Blatt in mg kg ⁻¹ FG [MW ± s]	Carotinoide in der Blüte in mg kg ⁻¹ FG [MW ± s]
<i>T. majus</i> 'Milkmaid' (n = 4)	145,12 ± 32,88 a	119,81 ± 19,67 a
<i>T. majus</i> 'Alaska' (n = 4)	88,16 ± 32,96 a	267,00 ± 162,76 a
<i>T. nanum</i> 'Cherry Rose' (n = 4)	137,43 ± 30,86 a	173,09 ± 50,09 a
<i>T. nanum</i> 'NP gefüllt' (n = 4)	141,91 ± 47,35 a	195,89 ± 86,15 a
<i>T. cultorum</i> 'Peach Melba' (n = 4)	120,70 ± 60,01 a	132,00 ± 37,77 a
<i>Tropaeolum</i> sp. 'NP einfach' (n = 4)	130,87 ± 47,97 a	146,14 ± 78,93 a
<i>T. cultorum</i> 'Gleam Mischung' (n = 4)	159,66 ± 69,87 a	177,87 ± 23,77 a
Gesamtgehalt Blatt/Blüte (n = 28)	131,49 ± 47,89	169,64 ± 77,94

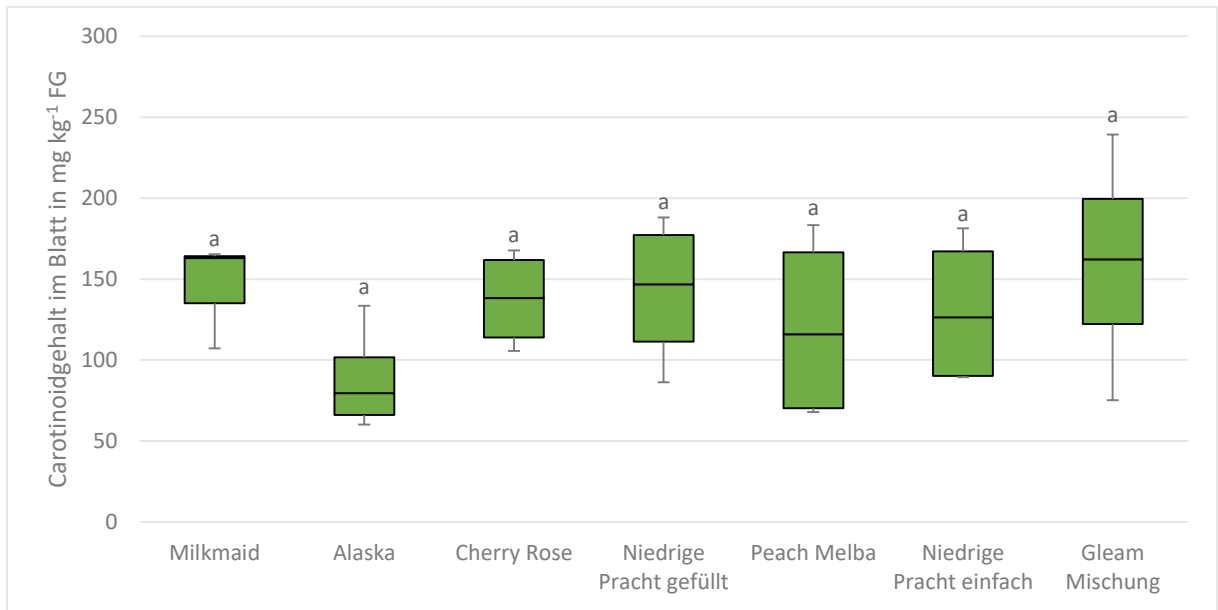


Abbildung 26: Carotinoidgehalt in den Blättern der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg^{-1} FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$)

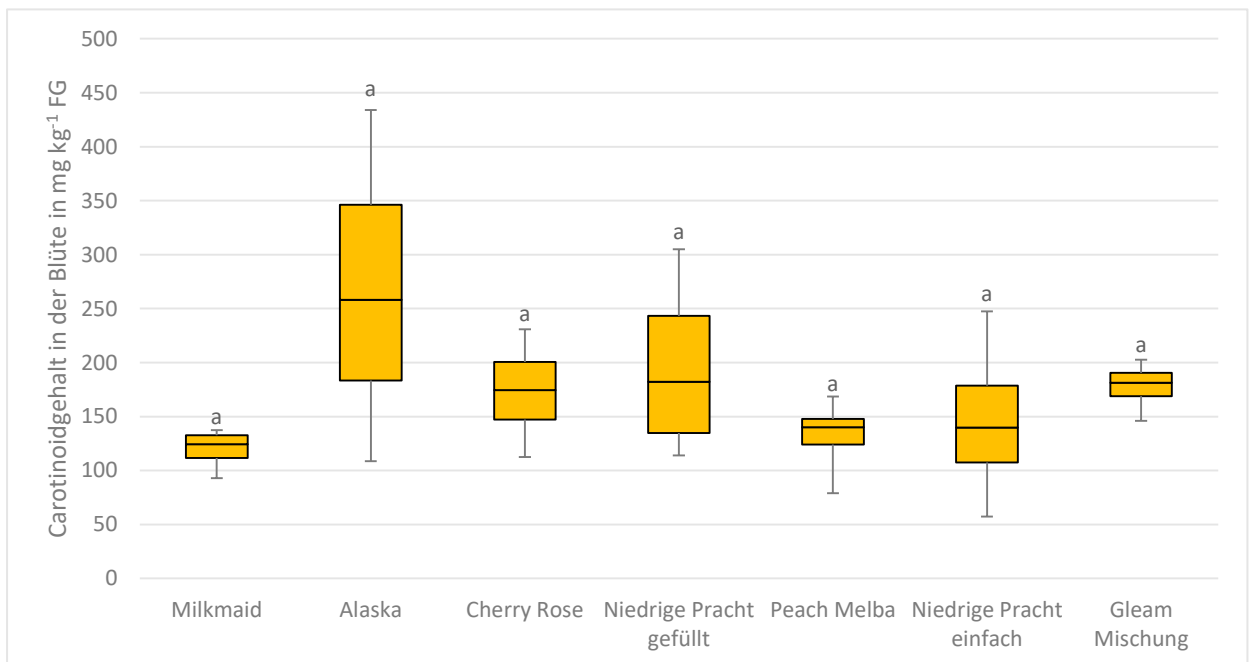


Abbildung 27: Carotinoidgehalt in den Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg^{-1} FG (Signifikanz nach dem Tukey Test bei $P \geq 0,05$)

4.6 Ascorbinsäure

Die Sorte *T. majus* 'Alaska' konnte wegen der geringen Menge an Blüten nicht auf den Ascorbinsäuregehalt hin untersucht werden. Darüber hinaus zeigten die Levene-Tests weder bei den Blättern noch bei den Blüten Varianzhomogenität auf, allerdings ergaben auch die Vergleiche mittels Tamhane- Test keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten weder bei Blättern noch bei Blüten. Sowohl die Tab. 11 als Abb. 28-29 verdeutlichen die große Schwankungsbreite des Vitamin-C-Gehalts in Blättern und Blüten.

Tab. 11: Ergebnisse der Laboranalyse des Gehalts an Ascorbinsäure in den Blättern und Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht; ng = nicht gemessen)

Sorte und Stichprobenumfang	Ascorbinsäure im Blatt in mg kg^{-1} FG [MW \pm s]	Ascorbinsäure in der Blüte in mg kg^{-1} FG [MW \pm s]
<i>T. majus</i> 'Milkmaid' (n = 4)	303,31 \pm 106,84 a	1.534,33 \pm 732,86 a
<i>T. majus</i> 'Alaska' (n = 4)	221,59 \pm 113,26 a	ng
<i>T. nanum</i> 'Cherry Rose' (n = 4)	574,80 \pm 113,26 a	4.951,81 \pm 683,02 a
<i>T. nanum</i> 'NP gefüllt' (n = 4)	946,07 \pm 845,14 a	4.659,04 \pm 2764,96 a
<i>T. cultorum</i> 'Peach Melba' (n = 4)	664,97 \pm 628,97 a	1.908,11 \pm 233,73 a
<i>Tropaeolum</i> sp. 'NP einfach' (n = 4)	574,74 \pm 326,91 a	6.088,33 \pm 2372,72 a
<i>T. cultorum</i> 'Gleam Mischung' (n = 4)	440,60 \pm 186,67 a	2.614,12 \pm 231,25 a
Gesamtgehalt Blatt/Blüte (n = 28)	517,70 \pm 437,94	3.595,36 \pm 272,34

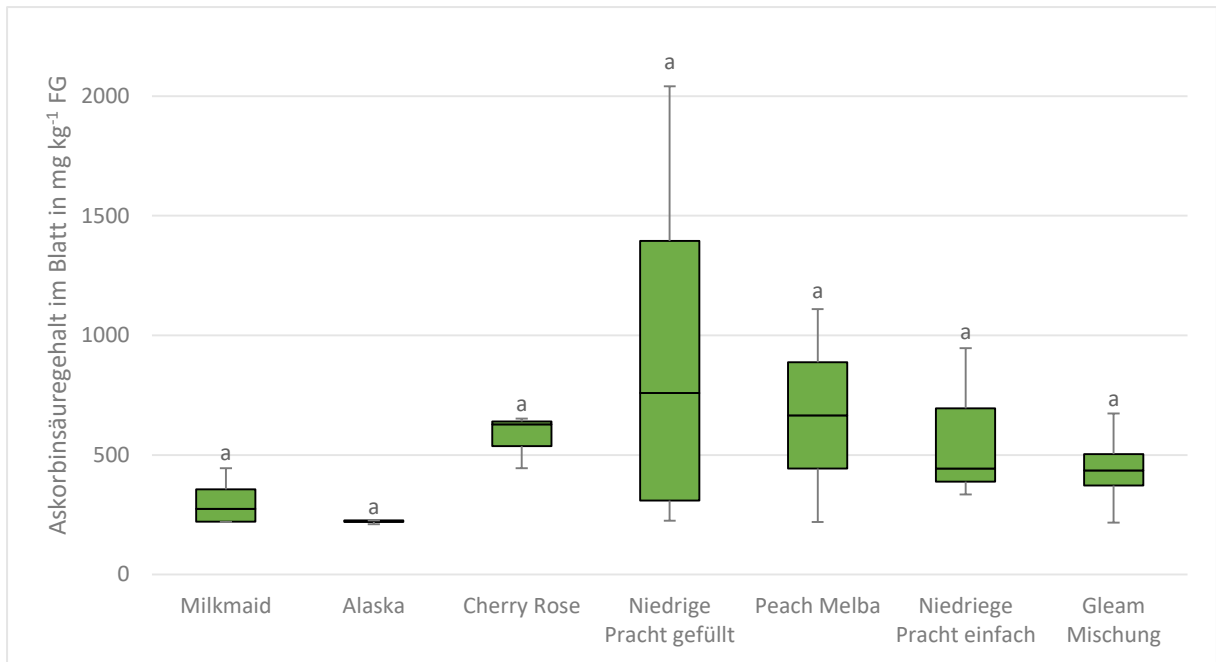


Abbildung 28: Ascorbinsäuregehalt in den Blättern der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg^{-1} FG (Signifikanz nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$)

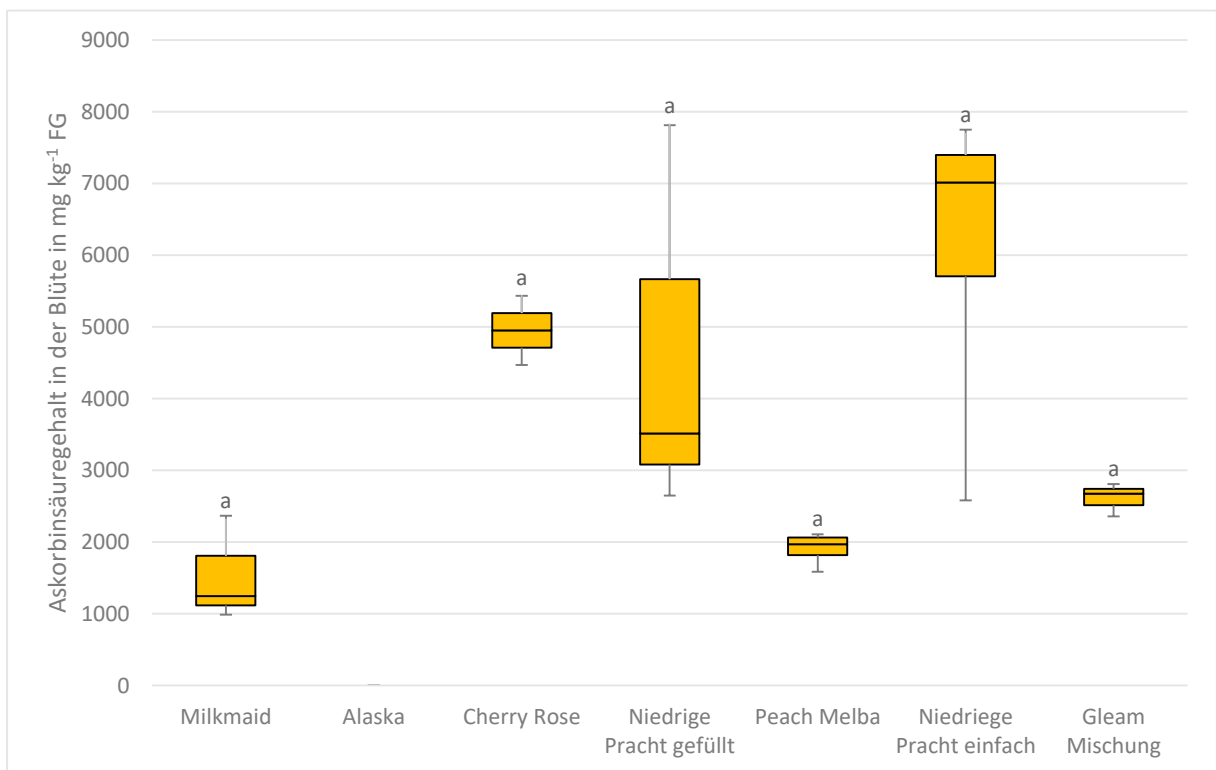


Abbildung 29: Ascorbinsäuregehalt in den Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in mg kg^{-1} FG (Signifikanz nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$)

4.7 Antioxidative Kapazität

Mit dem Levene-Signifikanztest konnte in den Blättern keine Varianzhomogenität festgestellt werden. Die Tamhane- Tests zeigten keine Sortenunterschiede bei der Antioxidativen Kapazität in den Blättern.

Die Werte für die antioxidative Kapazität der Blüten waren, wie der Levene-Test belegte, varianzhomogen, jedoch zeigten ANOVA und Tukey-Test keine signifikanten Sortenunterschiede ermittelt.

Die antioxidative Kapazität der Blätter und Blüten wird in Tab. 12 sowie in den Abb. 30-31 dargestellt. Der Vergleich zeigt, dass die Antioxidative Kapazität in den Blüten durchgehend höher ist als in den Blättern.

Tab. 12: Ergebnisse der Laboranalyse zur antioxidativen Kapazität in den Blättern und Blüten der untersuchten Sorten der Kapuzinerkresse (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [s] gemessen am Frischgewicht; Signifikanz bei den Blättern nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$ bei den Blüten nach Tukey Test bei $P \geq 0,05$; NP = Niedrige Pracht)

Sorte und Stichprobenumfang	Antioxidative Kapazität im Blatt in $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ L}^{-1} \text{ FG}$ [MW \pm s]	Antioxidative Kapazität in der Blüte in $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ L}^{-1} \text{ FG}$ [MW \pm s]
<i>T. majus</i> 'Milkmaid' (n = 4)	6,81 \pm 0,46 a	10,25 \pm 1,18 a
<i>T. majus</i> 'Alaska' (n = 4)	6,25 \pm 0,14 a	14,86 \pm 4,33 a
<i>T. nanum</i> 'Cherry Rose' (n = 4)	6,59 \pm 0,23 a	15,82 \pm 4,47 a
<i>T. nanum</i> 'NP gefüllt' (n = 4)	6,62 \pm 0,20 a	14,19 \pm 2,55 a
<i>T. cultorum</i> 'Peach Melba' (n = 4)	6,66 \pm 0,23 a	11,20 \pm 1,75 a
<i>Tropaeolum</i> sp. 'NP einfach' (n = 4)	6,36 \pm 0,06 a	13,19 \pm 2,02 a
<i>T. cultorum</i> 'Gleam Mischung' (n = 4)	6,45 \pm 0,34 a	13,37 \pm 1,40 a
Gesamtgehalt Blatt/Blüte (n = 28)	6,53 \pm 0,30	13,24 \pm 3,12

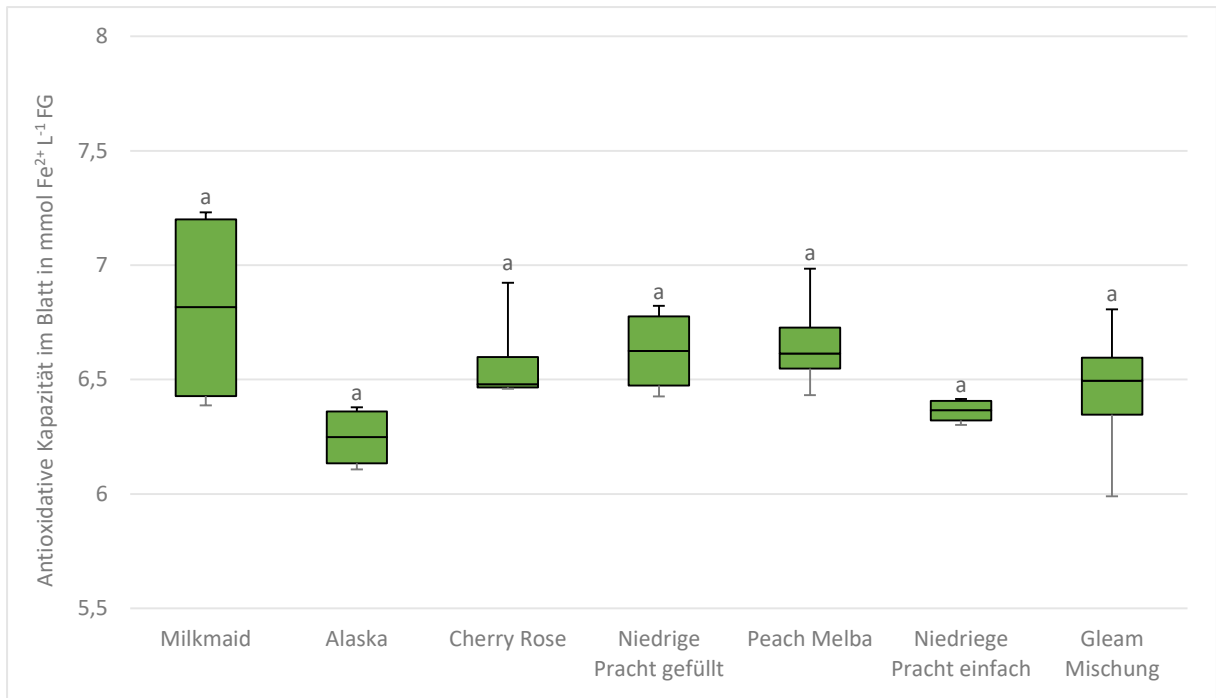


Abbildung 30: Antioxidative Kapazität der Blätter der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in $\text{mmol Fe}^{2+} \text{L}^{-1} \text{FG}$ (Signifikanz nach dem Tamhane- Test bei $P \geq 0,05$)

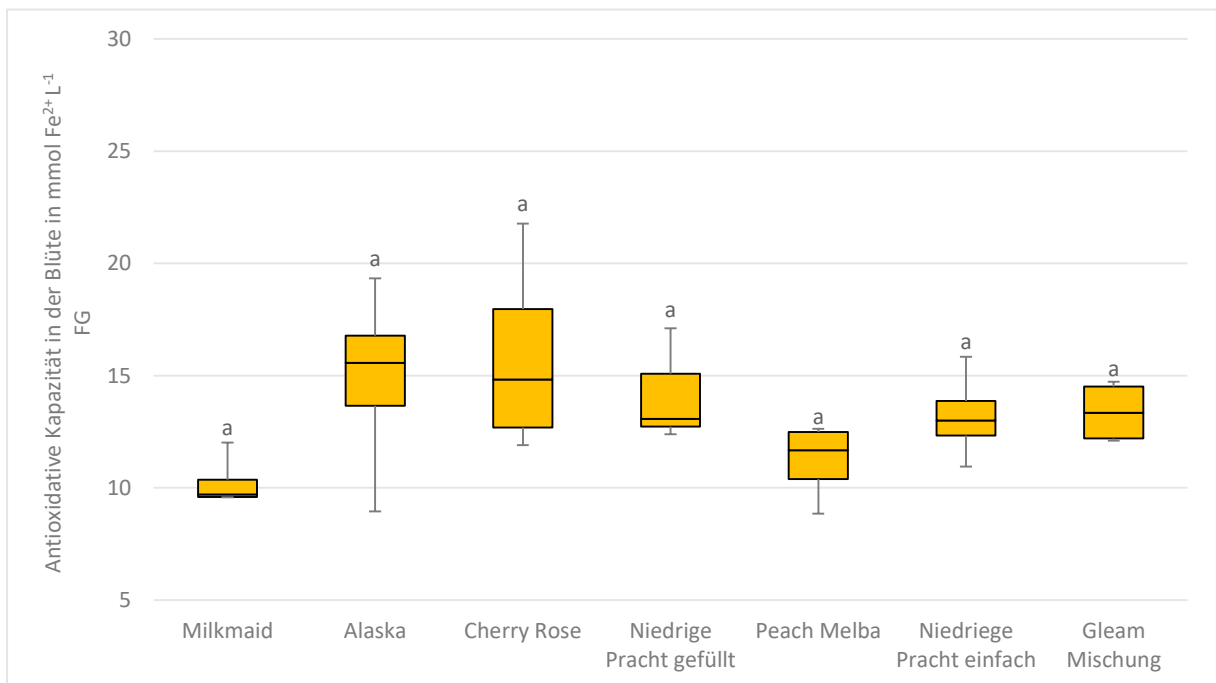


Abbildung 31: Antioxidative Kapazität der Blüten der verschiedenen Sorten der Kapuzinerkresse in $\text{mmol Fe}^{2+} \text{L}^{-1} \text{FG}$ (Signifikanz nach Tukey Test bei $P \geq 0,05$)

5 Diskussion

Im folgenden Abschnitt werden kurz Material und Methoden diskutiert und anschließend die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit Ergebnissen aus der Literatur verglichen, um eine Aussage über die untersuchten wertgebenden Inhaltsstoffe der Kapuzinerkresse treffen zu können.

Die Art *Tropaeolum peregrinum* 'Kanarische' ist wie bei den Ergebnissen erwähnt schon am Feld ausgefallen. Bereits 1811 wurde in *Curtis's Botanical Magazin* berichtet, dass *T. peregrinum* in England nur selten zum Blühen kommt. Für die Samenentwicklung wurde der Anbau im Glashaus empfohlen (RIX, 2012). Damals wurde vermutet, dass es zu kalt war. 2015 war ein extrem heißer Sommer in Österreich, diesmal könnten die zu hohen Temperaturen ein Problem für das Wachstum dieser Sorte dargestellt haben, neben dem Befall mit Halticinae, wovon sich die anderen Sorten aber gut erholt hatten. Um diese Sorte trotzdem auf ihre Eigenschaften und Inhaltsstoffe zu analysieren, könnte man versuchen sie im wohltemperierten Glashaus ziehen.

Bei weiteren Untersuchungen der Kapuzinerkresse könnte man frisches und gefriergetrocknetes Material zum Vergleich des Inhaltsstoffgehalts verwenden. BAZYLKO et al. (2015) fanden in ihrer Untersuchung heraus, dass die Blätter der Kapuzinerkresse, abhängig von der Art der Zubereitung für die Analysen unterschiedliche Mengen an Inhaltsstoffen beinhalteten. Beispielsweise konnten bei den Versuchen von BAZYLKO et al. (2015) Flavonoide nur in gefriergetrockneten Extrakten festgestellt werden. Je nach zukünftiger Verwendung in funktionellen Lebensmitteln oder Kosmetika ist auf die Art der Konservierung des Ausgangsmaterials zu achten.

Die in dieser Masterarbeit errechneten Werte waren durchgängig niedriger als in vergleichbarer Literatur. Dies kann am ökologischen Anbau ohne Zusatzdüngung liegen. Der Zusammenhang zwischen Stickstoffdüngung und Chlorophyllgehalt ist bekannt, HURA et al.

(2015) haben herausgefunden, dass es im Winterraps einen Zusammenhang zwischen dem Chlorophyll *a* Gehalt und primären Metaboliten wie den Mono-, Di- und Oligosacchariden, gibt. Hierzu zählen auch reduzierende Zucker, die wiederum beeinflussen deutlich den Gehalt an sekundären Inhaltsstoffen sowie die Synthese von Phenolen und Carotinoiden. Wenig verfügbarer Stickstoff für die Pflanze resultiert schließlich in niedrigeren Mengen sekundärer Inhaltsstoffe.

Über den Zuckergehalt in der Kapuzinerkresse lagen keine Vergleichsdaten vor. Die Blätter der Sorte *T. majus* 'Alaska' hatten den niedrigsten Gehalt an reduzierenden Zuckern, Saccharose und Gesamtzuckern und dafür den höchsten Gehalt an reduzierenden Zuckern, Saccharose und Gesamtzuckern in den Blüten unter allen untersuchten Sorten. Der durchschnittliche Gehalte reduzierender Zucker in den Blättern der anderen Sorten schwankte zwischen $19,03 \pm 1,71 \text{ g kg}^{-1} \text{ FG}$ und $22,34 \pm 3,72 \text{ g kg}^{-1} \text{ FG}$, der Gehalt der Sorte *T. majus* 'Alaska' wich davon mit $14,48 \pm 4,21 \text{ g kg}^{-1} \text{ FG}$ am stärksten von den anderen Durchschnittswerten ab. Nach dem Tukey Test mit einer Wahrscheinlichkeit von $P > 0,05$ sind die Abweichungen aber nicht signifikant. Auch beim Saccharosegehalt und Gesamtzuckergehalt zeigte der Tukey Test, dass die Werte der Sorte *T. majus* 'Alaska' von den anderen Werten abwichen, diese Abweichungen aber nicht signifikant waren.

Der niedrige Zuckergehalt in den Blättern der Sorte *T. majus* 'Alaska' ist möglicherweise dadurch zu erklären, dass die panaschierten Blätter weniger Chlorophyll beinhalten und dadurch auch weniger Zucker produziert werden kann. Ein Zusammenhang zwischen Photosynthese und Zuckergehalt ist allgemein bekannt, da Zucker unter anderem das primäre Resultat der Photosynthese darstellt.

Die Gehalte an reduzierenden Zuckern, Saccharose und Gesamtzucker in den Blüten lagen bei jeder Sorte über dem Zuckergehalt der Blätter. Die Sorte *T. majus* 'Alaska' enthielt die größten Mengen reduzierender Zucker ($33,96 \pm 7,69 \text{ g kg}^{-1} \text{ FG}$), Saccharose ($30,56 \pm 6,92 \text{ g kg}^{-1} \text{ FG}$) und Gesamtzucker ($64,53 \pm 14,61 \text{ g kg}^{-1} \text{ FG}$). Die durchschnittlichen Gehalte an allen gemessenen Zuckern liegt bei den Blüten bei reduzierenden Zuckern bei $27,65 \pm 5,82 \text{ g kg}^{-1} \text{ FG}$, bei Saccharose bei $29,03 \pm 5,24 \text{ g kg}^{-1} \text{ FG}$ und beim Gesamtzuckergehalt bei $52,53 \pm 1,10 \text{ g kg}^{-1} \text{ FG}$.

Die Ergebnisse der Gesamtphenolanalyse schwankten zwischen $86,11 \pm 12,13$ und $102,71 \pm 12,09$ mg kg⁻¹ FG bei den Blättern und $67,23 \pm 9,51$ bis $107,69 \pm 12,49$ mg kg⁻¹ FG bei den Blüten der Kapuzinerkresse.

BAZYLKO et al. (2014) haben den Gesamtphenolgehalt durch Folin Ciocalteu – Reagenz bei 765 nm gemessen und bekamen eine Konzentration von 29.500 ± 4.300 mg kg⁻¹ FG bei wässrigem Extrakt aus gefriergetrockneten Blättern und Blüten, 35.600 ± 3.600 mg kg⁻¹ FG bei einem Hydroethanol- Extrakt aus gefriergetrockneten Blättern und Blüten, sowie 19.500 ± 1.500 mg kg⁻¹ FG bei Saft aus frischen Kapuzinerkresseblättern.

GARZÓN et al. (2015) erhielten durch dieselbe Methode 9.087 ± 2.846 mg kg⁻¹ FG bei roten Blüten, bei orangen Blüten 6.877 ± 1.613 mg kg⁻¹ FG und 5.384 ± 65 mg kg⁻¹ FG bei gelben Blüten. NAVARRO-GONZÁLES et al (2015) erhielten aus einer Blütenmischung von *T. majus* L. einen Gesamtphenolgehalt von 12.950 ± 2.210 mg kg⁻¹ FG, ebenfalls durch Folin Ciocalteu – Reagenz gemessen.

Die unterschiedlichen Ergebnisse lassen sich dadurch erklären, dass die Quantität und Qualität der Gesamtphenole im Nahrungsmittel von folgenden Faktoren abhängig sind: Umwelteinflüssen im Anbau (Lichtintensität, Temperatur, Bodentyp, Nährstoffversorgung, etc.), genetischen Faktoren (Sorte etc.), vom Entwicklungsstadium der Pflanze, welcher Teil der Pflanze genutzt wird, sowie dem anschließenden Erntevorgang und Lagerungsbedingungen (GARZÓN et al. 2015; BUJOR et al. 2016; LUTHRIA et al. 2010). Zudem weisen Polyphenole eine hohe strukturelle Vielfalt auf, bisher sind über 10.000 Phenole bekannt (López-Nicolás & García-Carmona 2010) Dies macht die Berechnung des Gesamtphenolgehalts schwierig. Darüber hinaus ist bekannt, dass die oft genutzte Folin-Ciocalteu - Reagenz durch andere Bestandteile beeinflussbar ist und andere antioxidativ wirkende Inhaltsstoffe ebenso mit misst (PÉREZ-JIMÉNEZ et al 2010).

Bei den Blättern konnte wie zu erwarten kein Anthocyanengehalt festgestellt werden. Anthocyane sind für die rote bis blaue Färbung von Obst und Gemüse verantwortlich und sind daher in grünen Blättern nicht zu erwarten. Dies stimmt mit vorhergehenden Erkenntnissen von BUTNARIU & BOSTAN (2011) überein, die einen sehr niedrigen Anthocyanengehalt im ätherischen Öl einer Blatt-Blütenmischung der Kapuzinerkresse festgestellt haben. Ein weiterer Grund dafür, dass keine Anthocyane gefunden wurden, könnte ein hoher Chlorophyll

b Gehalt sein. Anthocyane und Chlorophyll *b* absorbieren die gleiche Wellenlänge, wodurch Chlorophyll *b* den Anthocyangehalt maskieren könnte (STINTZING & CARLE 2004). Die Chlorophyll *b* Gehalte dieser Analyse lag bei den Blättern zwischen $106,29 \pm 56,74 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ und $193,98 \pm 86,07 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$.

Bei den Blüten wurde ein durchschnittlicher monomerischer Anthocyangehalt von $324,65 \pm 231,95 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ gemessen. Die Konzentration lag zwischen $34,02 \pm 33,38 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ bei der Sorte *T. majus* 'Milkmaid' mit cremeweißen Blüten und bei $555,87 \pm 136,01 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ bei der Sortenmischung *T. nanum* 'Niedrige Pracht gefüllt', dicht gefolgt von *T. nanum* 'Cherry Rose' mit roten Blüten mit $500,65 \pm 227,46 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$. GARZÓN et al. (2015) haben verschiedene Blütenfarben auf ihren Anthocyangehalt getestet und ebenfalls die pH – Differenzialmethode angewandt. Die Ergebnisse stimmen insofern überein, dass in beiden Arbeiten der Anthocyangehalt in den roten Blüten hoch war. Der Anthocyangehalt in gelben Blüten bei GARZÓN et al. (2015) und in den cremeweißen Blüten in der vorliegenden Arbeit waren am niedrigsten und auch die gelb – orangen Blüten der Sorte *T. cultorum* 'Peach Melba' in dieser Untersuchung waren mit $201,04 \pm 49,95 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ nicht einmal halb so hoch wie in der Sorte *T. nanum* 'Cherry Rose'.

Bei der statistischen Auswertung auf Sortenunterschiede der Blüten konnte festgestellt werden, dass sich die Sorte *T. majus* 'Milkmaid' signifikant von der Sorte *T. cultorum* 'Peach Melba' unterschied. Die Sorte *T. cultorum* 'Peach Melba' ist aber nicht die Sorte mit dem höchsten Anthocyangehalt. Die Signifikanz beruht auf der geringen Standardabweichung beider Proben. Mehr Messungen würden möglicherweise einen signifikanten Unterschied zwischen den Sorten ergeben (KEUTGEN 2016).

Der Chlorophyll *a* Gehalt der Blätter lag zwischen $162,09 \pm 120,01$ und $270,74 \pm 157,34 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$. Der Chlorophyll *b* Gehalt der Blätter lag zwischen $106,29 \pm 56,74$ und $198,14 \pm 177,08 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ und der Gesamtchlorophyllgehalt der Blätter lag zwischen $268,38 \pm 175,01$ und $468,88 \pm 273,40 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$. Die Sorte *T. majus* 'Alaska' wies in allen Fällen die niedrigsten Werte auf und wich von den Gehalten der anderen Sorten am weitesten ab, signifikante Unterschiede konnten nach dem Tukey-Test jedoch nicht festgestellt werden. Die Ursache für niedrige Chlorophyllgehalte von *T. majus* 'Alaska' kann an den panaschierten Blättern liegen, was durch Untersuchungen an panaschierten Sorten bei Chrysanthemum

Chrysanthemum morifolium Ramat. durch CHANG et al. (2012), bei der Buntnessel durch BOREK et al. (2016) und beim Weißen Waldvöglein *Cephalanthera damasonium* durch STÖCKEL et al. (2011) belegt werden kann.

Zum Zeitpunkt der vorliegenden Masterarbeit lagen keine vergleichbaren Analysen der Kapuzinerkresse auf den Chlorophyllgehalt vor. Der durchschnittliche Chlorophyllgehalt der Blätter der Kapuzinerkresse lag bei $400,03 \pm 188,79 \text{ mg kg}^{-1}$ FG und ist im Vergleich zu gängigem Blattgemüse wie Grünkohl mit einem Gesamtchlorophyllgehalt von 2.300 mg kg^{-1} FG und Petersilie mit 2.120 mg kg^{-1} FG niedrig. Dies lässt sich durch die eingangs erwähnte niedrige Stickstoffversorgung erklären, da dieser Versuch nicht gedüngt wurde.

Auch der Chlorophyllgehalt bei den Blüten lag bei der Sorte *T. majus* 'Alaska' mit einem Chlorophyll *a* Gehalt von $15,49 \pm 6,66 \text{ mg kg}^{-1}$ FG niedriger als bei den anderen Sorten deren Werte zwischen $18,41 \pm 7,41$ und $28,14 \pm 12,03 \text{ mg kg}^{-1}$ FG lagen. Die Chlorophyll *b* Gehalte der Arten *T. majus* 'Alaska', *T. cultorum* 'Peach Melba', *T. cultorum* 'Gleam Mischung' und *Tropaeolum* sp. 'Niedrige Pracht einfach' lagen außerhalb des messbaren Bereichs. Die anderen Sorten enthielten Chlorophyll *b* Werte zwischen $0,10 \pm 0,21$ bis $1,55 \pm 3,10 \text{ mg kg}^{-1}$ FG. Auch der Gesamtchlorophyllgehalt der *T. majus* 'Alaska' war mit $15,49 \pm 6,66 \text{ mg kg}^{-1}$ FG am niedrigsten. In den Blüten waren jedoch keine Chlorophyllwerte zu erwarten, der Grund für messbare Chlorophyllwerte in den Blüten ist, dass die Blüten mit Stielansatz untersucht wurden, da dieser aufgrund leichterer Erntbarkeit mit geerntet wurde.

Die gemessenen Gesamtcarotinoide im Blatt lagen zwischen $88,16 \pm 32,96$ und $159,66 \pm 69,87 \text{ mg kg}^{-1}$ FG. In der Blüte lagen die Werte zwischen $119,81 \pm 19,67$ und $267,00 \pm 162,76 \text{ mg kg}^{-1}$ FG. Der durchschnittliche Wert der Gesamtcarotinoide der Blüten mit $169,64 \pm 77,94 \text{ mg kg}^{-1}$ FG lag höher als bei den Blättern mit $131,49 \pm 47,89 \text{ mg kg}^{-1}$ FG. Ein vergleichbarer Gesamtcarotinoidgehalt der Kapuzinerkresse liegt in der Literatur nicht vor, jedoch wurden wie bereits im Kapitel 2.4.1 detaillierter besprochen, acht verschiedene Carotinoide aus der Kapuzinerkresse extrahiert, nämlich Violaxanthin, Antheraxanthin, Zeaxanthin, Zeinoxanthin, β -Cryptoxanthin, α -Carotin und β -Carotin. Rechnet man den Gehalt der einzelnen Carotinoide zusammen kommt man im Blatt auf $327 \pm 61 \text{ mg kg}^{-1}$ FG (NIIZU & RODRIGUES-

AMAYA 2005), dies entspricht ungefähr der doppelten Menge an Carotinoiden, als in der vorliegenden Arbeit extrahiert wurden. Der Carotinoidgehalt der Blüten lag in der Studie von NIIZU & RODRIGUES-AMAYA (2005) zwischen $350 \pm 50 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ und $450 \pm 60 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ und war somit ebenfalls doppelt so hoch wie in der vorliegenden Studie. Es ist möglich, dass durch eine Stickstoffdüngung der Carotinoidgehalt gesteigert werden kann, eine positive Korrelation zwischen Chlorophyllgehalt (gesteigert durch höheren Stickstoffgehalt) und Carotinoidgehalt in grünem Blattgemüse ist bekannt (REIF et al. 2012).

Carotinoide wie Lutein, Zeaxanthin, Violaxanthin und Antheraxanthin sind wichtig für die Photosynthese und kommen daher in hohen Mengen im Blatt vor. In grünem Gemüse kommen sie in ähnlichen Zusammensetzungen und in verhältnismäßig gleichen Mengen vor (KISHIMOTO & OHMIYA 2009; RODRIGUEZ-AMAYA 2010) Welches Carotinoid hauptsächlich in der Blüte vorkommt, ist von der Gattung abhängig (KISHIMOTO & OHMIYA 2009) Beispielsweise enthalten die Blüten der Tiger-Lilie *Lilia lancifolium Thunb.* ausschließlich Derivate des β - Carotin (DELI et al. 2000; KISHIMOTO & OHMIYA 2009), während die Pflanzen aus der Familie der Asteraceae wie Aufrechte Studentenblume *Tagetes erecta L.* (KHACHIK et al. 1999; KISHIMOTO & OHMIYA 2009), oder Chrysanthemum Blüten *Chrysanthemum morifolium* (KISHIMOTO & OHMIYA 2009) dazu tendieren, eine hohe Menge Lutein in den Blüten auszubilden. Auch die Blüten der Kapuzinerkresse stellen eine gute Luteinquelle dar (NIIZU & RODRIGUES-AMAYA 2005).

Um detailliertere Ergebnisse zu erlangen, könnte man in Folgeuntersuchungen den Carotinoidgehalt mit einer HPLC untersuchen.

Die Titration ergab einen Ascorbinsäuregehalt der Blätter zwischen $221,59 \pm 113,26 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ und $946,07 \pm 845,14 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$. Die Blüten erlangten einen deutlich höheren Gehalt mit $1.534,33 \pm 732,86 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ bis $6.088,33 \pm 2372,72 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$.

Der Durchschnittsgehalt der Blüten an Ascorbinsäure in der vorliegenden Masterarbeit von $3.595,36 \pm 272,34 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$ liegt fünffach höher als der von orangen Blüten ermittelte Wert von GARZÓN & WROLSTAD 2009 mit $715 \pm 53,0 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FG}$.

Bei BAZYLKO et al. (2013) wurde der Ascorbinsäuregehalt mit dem Spektrophotometer ermittelt und lag je nach Art des Extraktes zwischen $2.506 \pm 1.120 \text{ mg kg}^{-1}$ FG bei einem Hydroethanol- Extrakt mit getrockneten Blättern als Analysematerial und $27.740 \pm 600 \text{ mg kg}^{-1}$ FG bei wässrigem Extrakt mit getrockneten Blättern als Analysematerial.

BAZYLKO et al. (2014) haben den Ascorbinsäuregehalt ebenfalls mittels Spektrophotometer untersucht und kamen auf Ascorbinsäuregehalte zwischen $10.300 \pm 100 \text{ mg kg}^{-1}$ FG bei wässrigem Extrakt mit gefriergetrockneten Blättern und Blüten als Analysematerial und auf $18.100 \pm 900 \text{ mg kg}^{-1}$ FG bei einem Saft aus frischen Kapuzinerkresseblättern als Analysematerial.

Die Ergebnisse von BAZYLKO et al. (2013, 2014) sind 19 bis 53 -mal höher, als die in der vorliegenden Arbeit ermittelten Werte.

Der Grund für den niedrigen Ascorbinsäuregehalt der vorliegenden Analysen könnte die fehlende Düngung sein. Düngung hat einen entscheidenden Einfluss auf den Vitamingehalt der Pflanze. Bei Kartoffeln und Obst lässt sich der Ascorbinsäuregehalt besonders durch eine ausgewogene Kaliumdüngung erhöhen (FINCK 2007). Weiters haben u.a. Sonnenscheindauer, Niederschläge, Wachstumsintensität und Erntetermin, sowie Oxidation durch Luftsauerstoff und Metalle während der Laborarbeit trotz Schutzbehandlung mit Oxalsäure Einfluss auf den Vitamin C Gehalt der Pflanze (DOMES 1982).

Die antioxidative Kapazität der Blätter der Kapuzinerkresse in der vorliegenden Masterarbeit lag zwischen $6,25 \pm 0,14$ und $6,81 \pm 0,46 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ L}^{-1}$ FG. Die der Blüten lag zwischen $10,25 \pm 1,18$ und $15,82 \pm 4,47 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ L}^{-1}$ FG.

Die antioxidative Kapazität der Kapuzinerkresse wurde bei GARZÓN et al. (2015) mittels ORAC- Verfahren und bei NAVARRO-GONZÁLEZ et al. (2015) mittels ORAC und TEAC-Verfahren getestet. Dadurch lassen sich die Ergebnisse der vorliegenden Masterarbeit nicht mit den Ergebnissen der beiden anderen Arbeiten vergleichen. Durch die Arbeit von CARLSEN et al. (2010), in der über 3.100 Nahrungsmittel, Getränke, Gewürze und Nahrungsergänzungsmittel auf deren antioxidative Kapazität untersucht wurden, sind Vergleiche möglich, da zur Messung auch die FRAP-Methode angewandt wurde.

Die antioxidative Kapazität der Blätter der Kapuzinerkresse aus der vorliegenden Masterarbeit ist vergleichbar mit der von frischem Schnittlauch *Allium schoenoprasum* mit

6,00 mmol Fe²⁺ L⁻¹ und frischem Basilikum *Ocimum basilicum* mit 6,70 mmol Fe²⁺ L⁻¹ FG (CARLSEN et al. 2010). Die antioxidative Kapazität der Blüten der Kapuzinerkresse ist mit der von frischem Dill *Anethum graveolens* mit 13,9 mmol Fe²⁺ L⁻¹ FG und frischen Melisseblättern *Melissa officinalis* mit 13,2 mmol Fe²⁺ L⁻¹ FG vergleichbar (CARLSEN et al. 2010). Bei den 1.943 untersuchten Lebensmitteln auf pflanzlicher Basis von CARLSEN et al. (2010) lag der Median der antioxidativen Kapazität bei 8,80 mmol Fe²⁺ L⁻¹ FG und hatte im Vergleich zur Gruppe der tierischen Lebensmitteln (1,00 mmol Fe²⁺ L⁻¹ FG) und der Gruppe gemischter Lebensmittel (3,10 mmol Fe²⁺ L⁻¹ FG) die höchste antioxidative Kapazität. Der Median der antioxidativen Kapazität der Blüten der Kapuzinerkresse aus der vorliegenden Arbeit lag bei 12,78 mmol Fe²⁺ L⁻¹ FG und war somit über dem Median der Lebensmittel auf pflanzlicher Basis. Der Median der Blätter der Kapuzinerkresse lag mit 6,46 mmol Fe²⁺ L⁻¹ FG leicht unterhalb, doch ist immer noch doppelt so hoch wie der der Gruppe gemischter Lebensmittel.

6 Schlussfolgerung

Ein großes Problem bei der Nutzung der Kapuzinerkresse stellte die vage Sortenbezeichnung dar. Wie eingangs erwähnt, ist die Sortenbeschreibung zum einen unzureichend, andererseits besteht keine einheitliche Nomenklatur – dies wäre bei gängigem Saatgut im Getreidebau nicht denkbar, da sich der Produzent auf qualitatives Saatgut verlassen können muss und vorab wissen muss, mit welchen Sorteneigenschaften er zu rechnen hat. Dies sollte auch für den Anbau aromatischer oder medizinischer Pflanzen zutreffen. Auch der Konsument muss sich in weiterer Folge auf die innere Qualität des Produkts verlassen können. Bei Weiterverarbeitung zu aufbereiteten Nahrungsmitteln, Kosmetika, Nahrungsergänzungs- und Arzneimitteln wäre ein Kenntnis über Sortenunterschiede im Gehalt an Inhaltsstoffen wichtig, um qualitative Produkte produzieren zu können und die für den jeweiligen Zweck beste Inhaltsstoffzusammensetzung wählen zu können. Zudem sollte es sich beim Saatgut um Bioqualität handeln, was momentan am Markt kaum erhältlich ist.

Fasst man die Erkenntnisse der Inhaltsstoffanalysen dieser Arbeit zusammen, kann man sagen, dass die Blüten einen höheren Zuckergehalt aufweisen als die Blätter. Der Gehalt an Ascorbinsäure, Carotinoiden und Anthocyanen ist in den Blüten ebenfalls höher als in den Blättern, was für die Nutzung essbarer Blüten spricht. Der Gehalt der Gesamtphenole ist ungefähr gleich, erwartungsgemäß enthalten die Blätter dafür mehr Chlorophyll.

Durch die statistische Auswertung der Daten konnten keine Sortenunterschiede im Gehalt wertgebender Inhaltsstoffe festgestellt werden. Allerdings war der Stichprobenumfang zu gering, um signifikante Unterschiede zu erlangen. In zukünftigen Analysen sollte der Versuchsumfang größer sein, um sowohl Sortenunterschiede, als auch Unterschiede zwischen Blatt und Blüte besser hervorheben zu können. Dabei sollte man jedenfalls auch die Glucosinolate untersuchen, da sie eine wichtige Wirkstoffgruppe der Kapuzinerkresse sind. Des Weiteren interessant wäre die Analyse von Nitrat und deren Metaboliten. Ob Nitrat nun einen positiven oder negativen Effekt auf die menschliche Gesundheit hat, muss generell noch genauer erforscht werden. Ob antinutritive Inhaltsstoffe wie beispielsweise Oxalsäure in größeren Mengen in der Kapuzinerkresse enthalten ist und dies positive Effekte überschatten könnte, wäre eine weitere Nachforschung wert. Generell steht die Erforschung von Inhaltsstoffen essbarer Blüten noch ganz am Anfang und birgt noch viel Forschungspotenzial in sich.

7 Ausblick

Der europäische Markt für funktionelle Lebensmittel ist im Wachstum begriffen und auch der Markt für essbare Blüten hat noch Wachstumspotenzial. Die Kapuzinerkresse ist beim Konsumenten weitgehend bekannt und wird als Dekoration und in Salaten verwendet. Weitere Verwendungsmöglichkeiten könnten durch Marketingstrategien wie die Beilage von Rezepten angeregt werden.

Die Kapuzinerkresse kann eine natürliche Quelle von gesunderhaltenden Inhaltsstoffen in Form von essbaren Blüten für den Markt der funktionellen Lebensmittel sein, als auch in weiterverarbeiteter Form. Sollte die Kapuzinerkresse in Zukunft als funktionelles Lebensmittel, als Superfood beworben werden, müsste sie einer Untersuchung der EFSA unterzogen werden. Dies erfordert im Vorfeld eine exakte Erforschung der Inhaltsstoffe, um folgenden Investitionen gerecht zu werden.

Die Erforschung der Inhaltsstoffe ist unabhängig von der Titulierung als funktionelles Lebensmittel von Bedeutung, besonders für den ernährungsbewussten Konsumenten spielen antioxidative Kapazität und der Gehalt an gesunderhaltenden Inhaltsstoffen wie Phenolen, Carotinoiden und Vitaminen eine besondere Rolle.

Genauere Kenntnis über den Gehalt einzelner Inhaltsstoffe, nicht nur jener, die eine positive Wirkung haben, sondern besonders jener der Antinutritiven Inhaltsstoffe ist wichtig um sicher zu stellen, dass der Konsum der Kapuzinerkresse keine negativen Folgen mit sich bringt.

Aufgrund der Ergebnisse dieser und anderer Arbeiten, die sich die Inhaltsstoffe der Kapuzinerkresse zum Thema gemacht haben, kann man daraus schließen, dass die Blätter der Kapuzinerkresse mit hohen Phenolwerten und einer daraus resultierenden hohen antioxidativen Kapazität aufwarten können. Insbesondere die Blüten enthalten viele Phenole, und Carotinoide, wodurch hier die antioxidative Kapazität besonders hoch ist. Legt man Wert auf hohe Anthocyangehalte, sollte man sich der Verwendung dunkelfarbiger Blüten widmen, die in mehreren Studien nachweislich mehr Anthocyane enthalten als helle Blüten. Liegt das Augenmerk auf einem hohen Luteingehalt sind helle, gelbe Blüten bevorzugt zu verwenden. Durch eine gezielte Düngung können die wertvollen Inhaltsstoffe auch in der biologischen Landwirtschaft noch gesteigert werden, dieser Versuch kam gänzlich ohne Düngung aus. Weitere umfangreichere Untersuchungen zur Sicherstellung des gesundheitlichen Mehrwerts werden empfohlen.

8 Literaturverzeichnis

BAHADORAN Z., MIRMIRAN P., JEDDI S., AZIZI F., GHASEMI A., HADAEGH F. (2016): Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis* 51: 93 – 105.

BAŞKAN K.-S., TÜTEM E., AKYÜZ E., ÖZEN S., APAK R. (2016): Spectrophotometric total reducing sugars assay based on cupric reduction. *Talanta* 147: 162 – 168.

BAZYLKO A., GRANCIA S., FILIPEK A., PIWOWARSKI J., STEFANSKA J., OSINSKA E., KISS A.K. (2013): Comparison of antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial activity and chemical composition of aqueous and hydroethanolic extracts of the herb of *Tropaeolum majus* L. *Industrial Crop Products* 50: 88 – 94.

BAZYLKO A., PARZONKO A., JEZ V., OSINSKA E., KISS A.K. (2014): Inhibition of ROS production, photoprotection and total phenolic, flavonoids and ascorbic acid content of fresh herb juice and extracts from the leaves and flowers of *Tropaeolum majus*. *Industrial Crop Production* 55: 19 – 24.

BENZIE, I. F. F., STRAIN J. J. (1996): The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry* 239: 70 – 76.

BEDALE W., SINDELAR J. J., MILKOWSKI A. L. (2016): Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks and evolving perceptions. *Meat Science* 120: 85 – 92.

BGBL. II NR. 186/2009 (2008): Verordnung des Bundesministers für Gesundheit und Konsumentenschutz über die Nährwertkennzeichnung von Lebensmitteln (NWKV) (CELEX-Nr.: 390L0496). <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0100:DE:HTML> ; 09.06.2016; 7 S.

BMLFUW (2008): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Garten- und Feldgemüsebau. Eigenverlag, Wien, 3. Aufl., 19.

BOREK M., BACZEK-KWINTA R., RAPACZ M. (2016): Photosynthetic activity of variegated leaves of *coleus x hybridus* hort. cultivars characterised by chlorophyll fluorescence techniques. *Photosynthetica* 54 (3): 331 – 339.

- BOWN D. (2015): Kräuter. Die große Enzyklopädie – Anbau und Verwendung. Dorling Kindersley Verlag, München, 2. vollst. überarb. Aufl., 394 – 395.
- BRITTON G., LIAAEN-JENSEN S., PFANDER H. (2004): Carotenoids – Handbook. Birkhäuser, Basel, 1. Aufl., s.p.
- BUJOR O.-C., BOURVELLEC C., VOLF I., PAPA V. I., DUFOUR C. (2016): Seasonal variations of the phenolic constituents in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves, stems and fruits, and their antioxidant activity. *Food Chemistry* 213: 58 – 68.
- BUTNARIU M., BOSTAN C. (2011): Antimicrobial and anti-inflammatory activities of the volatile oil compounds from *Tropaeolum majus* L. (Nasturtium). *African Journal of Biotechnology* 10 (31): 5900 – 5909.
- CARLSEN M. H., HALVORSEN B. L., HOLTE K., BØHN S. K., DRAGLAND S., SAMPSON L., WILLEY C., SENOO H., UMEZONO Y., SANADA C., BARIKMO I., BERHE N., WILLET W. C., PHILLIPS K. M., JACOBS JR D. R., BLOMHOFF R. (2010): the total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. *Nutrition Journal* 9 (3): 1 – 11.
- CHANG Q., CHEN S., CHEN Y., DENG Y., CHEN F., ZHANG F., WANG S. (2013): Anatomical and Physiological Differences and Differentially Expressed Genes between the Green and Yellow Leaf Tissue in a Variegated *Chrysanthemum* Variety. *Molecular Biotechnology* 54: 393 – 411.
- CHRISTENHUSZ M. J. M. (2012): 746 *Tropaeolum majus* – Tropaeolaceae. *Curtis's Botanical Magazine* 29 (4): 331 – 340.
- DELI J., MOLNÁR P., PFANDER H., TÓTH G. (2000): Isolation of capsanthin 5,6-epoxide from *Lilium tigrinum*. *Acta Botanica Hungaria* 42: 105 – 110.
- DOMES G. (1982): Über den Vitamin C – Gehalt von mitteleuropäischen Gewürzkräutern und dessen Stabilität beim Tiefgefrieren und Gefriertrocknen. Dissertation, Bonn, 121- 140.
- DUKE, J. A., BOGENSCHUTZ-GODWIN M. J., OTTESEN A. R. (2009): *Duke's Handbook of Medicinal Plants of Latin America*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, 1. Aufl., 716 – 719.

EFSA (2008): Nitrate in vegetables – Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. *Efsa Journal* 689: 1 – 79.

EFSA (2015): Scientific opinion on the re-evaluation of chlorophylls (E 140(i)) as food additives. *Efsa Journal* 13 (5): 4089.

FINCK A. (2007): Pflanzenernährung und Düngung in Stichworten. Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin Stuttgart, 6. Völlig neu überarbeitete Aufl., 218.

FRANKE A. A., CUSTER L. J., ARAKAKI C., MURPHY S. P. (2004): Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 1 – 35.

GARZÓN G. A., MANNS D. A., RIEDL K., SCHWARTZ S. J., PADILLA-ZAKOUR O. (2015): Identification of Phenolic Compounds in Petals of Nasturtium Flowers (*Tropaeolum majus*) by High-Performance Liquid Chromatography Coupled to Mass Spectrometry and Determination of Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63: 1803 – 1811.

GARZÓN G. A., WROLSTAD R. E. (2009): Major anthocyanins and antioxidant activity of Nasturtium flowers (*Tropaeolum majus*). *Food Chemistry* 114: 44 – 49.

GIUSTI M. M., WROLSTAD R. E. (2001): Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV- visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Unit F1.2.

GUTZEIT D., BALEANU G., WINTERHALTER P., JERZ G. (2008): Vitamin C Content in Sea Buckthorn Berries (*Hippophaë rhamnoides* L. sp. *rhamnoides*) and Related Products: A Kinetic Study on Storage Stability and the Determination of Processing Effects. *Journal of Food Science* 73 (9): 615 – 620.

HAGHI G., HATAMI A. (2010): Simultaneous Quantification of Flavonoids and Phenolic Acids in Plant Materials by a Newly Developed Isocratic High-Performance Liquid Chromatography Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 10812 – 10816.

HANELT P. (2001): Mansfeld's Encyclopaedia of Agricultural and Horticultural Crops (Except Ornamentals). Springer, Berlin Heidelberg, 1. Aufl., 1490.

HERNÁNDEZ M., CHÁVEZ A., BOURGES H. (1977): Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Instituto Nacional de la Nutrición, México.

- HURA K., HURA T., DZIURKA K., DZIURKA M. (2015): Carbohydrate, phenolic and antioxidant level in relation to chlorophyll a content in oilseed winter rape (*Brassica napus* L.) inoculated with *Leptosphaeria maculans*. *European Journal of Plant Pathology* 143: 291 – 303.
- KAISOON O., KONCZAK I., SIRIAMORNpun S. (2012): Potential health enhancing properties of edible flowers from Thailand. *Food Research International* 46: 563 – 571.
- KARRER E. M. (2016): Schriftliche Mitteilung zum Thema „Angebot essbarer Blüten bei Spar“ am 24.10.2016.
- KELLEY K. M., BEHE B. K., BIERNBAUM J. A., POFF K. L. (2001a): Consumer and Professional Chef Perceptions of Three Edible-Flower Species. *Horticultural Science* 36(1): 162 – 166.
- KELLEY K. M., BEHE B. K., BIERNBAUM J. A., POFF K. L. (2001b): Consumer Ratings of Edible Flower Quality, Mix and Color. *HortTechnology* 11(4): 644 – 647.
- KELLEY K. M., BEHE B. K., BIERNBAUM J. A., POFF K. L. (2001c): Consumer Preference for Edible Flower Color, Container Size and Price. *Horticultural Science* 36(4): 801 – 804.
- KELLEY K. M., BEHE B. K., BIERNBAUM J. A., POFF K. L. (2001d): Consumer Purchase and Use of Edible Flowers – Results of Three Studies. *HortTechnology* 12(2): 282 – 287.
- KELLEY K. M., CAMERON A. C., BIERNBAUM J. A. & POFF K. L. (2003): Effect of storage temperature on the quality of edible flowers. *Postharvest Biology and Technology* 27: 341 – 344.
- KEUTGEN A. (2006): Vorlesungsunterlagen für Lagerung von gartenbaulichen Produkten – Übungen zur Lagerung und Qualität von Obst, Gemüse und Kartoffeln: Bestimmung der Chlorophylle und Gesamtcarotinoide. Akademisches Jahr 2015/16, BOKU, Wien.
- KEUTGEN A., PAWELZIK E. (2007): Modifications of strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 74066 – 4072..
- KEUTGEN N. (2016): Besprechung der Ergebnisse. Mündliche Mitteilung am 29. Juni 2016.
- KHACHIK F., STECK A., PFANDER H. (1999): Isolation and structural elucidation of (13Z,13'Z,3R,3'R,6'R)-lutein from marigold flowers, kale and human plasma. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 47: 455 – 461.

- KISHIMOTO S., OHMIYA A. (2009): Studies on Carotenoids in the Petals of Compositae Plants. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science* 78 (3): 263 – 272.
- KJÆR A., MADSEN, Ø., MAEDA Y. (1978): Seed volatiles within the family Tropaeolaceae. *Phytochemistry* 17: 1285 – 1287.
- KLEINWÄCHTER M., SCHNUG E., SELMAR D. (2008): the Glucosinolate – Myrinase System in Nasturtium (*Tropaeolum majus* L.): Variability of Biochemical Parameters and Screening for Clones Feasible for Pharmaceutical Utilization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 11165 – 11170.
- KONG J., CHIA L., GOH N., CHIA T., BROUILLARD R. (2003): Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry* 64: 923 – 933.
- KOZONOVA J., POVAROVA N. (2015): Leading trends in the European functional food market. *Holodil'naâ Tehnika i Tehnologiâ* 51(4): 92 – 96.
- LARA-CORTÉS E., OSORIO-DÍAZ P., JIMÉNEZ-APARICIO A., BAUTISTA-BAÑOS S. (2013): Contenido nutricional, propiedades funcionales y conservación de flores comestibles – Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 63 (3): 197 – 208.
- LE BLANC D. I., STARK R., MACNEIL B., GOGUEN B., BEAULIEU C. (1996): Perishable food temperatures in retail stores. *AGRIS (International System for Agricultural Science and Technology)* 6: 42 – 51.
- LIN K. H., HSU C.-Y., HUANG Y.-P., LAI J.-Y., WEN-BIN HSIEH W.-B., HUANG M.-Y., YANG C.-M., CHAO P.-Y. (2013): Chlorophyll-Related Compounds Inhibit Cell Adhesion and Inflammation in Human Aortic Cells. *Journal of Medicinal Food* 16 (10): 886 – 898.
- LMSVG (2006): Bundesgesetz über Sicherheitsanforderungen und weitere Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände und kosmetische Mittel zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20004546>; 03.03.2016; 5.
- LÓPEZ-NICOLÁS, J. M., GARCÍA-CARMONA F. (2010): Enzymatic and Nonenzymatic Degradation of Polyphenols. In: De la Rosa L. A., Alvarez-Parilla E., González-Aguilar G.(Hrsg.): *A.Fruit and Vegetable Phytochemicals*. Wiley-Blackwell, Iowa, 101 – 130.

- LUTHRIA D., SINGH A. P., WILSON T., VORSA N., BANUELOS G. S., VINYARD B. T. (2010): Influence of conventional and organic agricultural practices on the phenolic content in eggplant pulp: Plant-to-plant variation. *Food Chemistry* 121 (2): 406–411.
- MARSCHNER P. (2012): *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier, 3. Aufl., 191 – 248.
- MATLLANA L., KLEINWÄCHTER M., SELMAR D. (2006): Sulfur is limiting the glucosinolate accumulation in nasturtium *in vitro* plants (*Tropaeolum majus* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality* 80(1): 1 – 5.
- MAYER-MIEBACH E. (2007): Rohkost oder „Designer-Essen“? – Funktionelle Gemüse- und Obstprodukte. *Forschungsreport* 2007(1): 18 – 20.
- MIELKE H., SCHÖBER-BUTIN B. (2007): Heil- und Gewürzpflanzen – Anbau und Verwendung. *Mitteilungen aus der biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin* 411: 100 – 102.
- MIKULIC-PETKOVSEK M., SAMOTICHA J., ELER K., STAMPAR F.; VEBERIC R. (2015): Traditional Elderflower Beverages – A Rich Source of Phenolic Compounds with High Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63: 1477 – 1487.
- MLECK J., ROP O. (2011): Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutical foods. *Trends in Food Science & Technology* 22: 561 – 569.
- NAVARRO-GONZÁLEZ I., GONZÁLEZ-BARRIO R., GARCÍA-VALVERDE V., BAUTISTA-ORTÍN A. B., PERIAGO M. J. (2015): Nutritional Composition and Antioxidant Capacity in Edible Flowers: Characterisation of Phenolic Compounds by HPLC-DAD-ESI/MSⁿ. *International Journal of Molecular Sciences* 16: 805 – 822.
- NG T. B., HE J. S., NIU S. M., ZHAO L., PI Z. F., SHAO W., LIU F. (2004): A gallic acid derivative and polysaccharides with antioxidant activity from rose (*Rosa rugosa*) flowers. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 56: 537 – 545.
- NIIZU P. Y., RODRIGUES-AMYA D. B. (2005): Flowers and Leaves of *Tropaeolum majus* L. as Rich Source of Lutein. *Journal of Food Science* 70 (9): 605 – 609.
- NUÑEZ DE GONZÁLES M. I., OSBURN W. N., HARDIN M. D., LONGNECKER M., GARG H. K., BRYAN N. S., KEETON J. T. (2015): A Survey of Nitrate and Nitrite Concentrations in

Conventional and Organic-Labelled Raw Vegetables at Retail. *Journal of Food Science* 80 (5): 943 – 949.

PEREIRA C., BARROS L., CARVALHO A. M., FERREIRA I. C. F. R. (2011): Nutritional composition and bioactive properties of commonly consumed wild greens: Potential sources for new trends in modern diets. *Food Research International* 44: 2634 – 2640.

PÉREZ-JIMÉNEZ J., ARRANZ S., TABERNEIRO M., DÍAZ-RUBIO M. E., SERRANO J., GOÑI I., SAURA – CALIXTO F. (2008): Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. *Food Research International* 41: 274 – 285.

PÉREZ-JIMÉNEZ J., NEVEU V., VOS F., SCALBERT A. (2010): Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database. *European Journal of Clinical Nutrition* 64: 112 – 120.

QUE F., MAO L., ZHENG X. (2007): In vitro and *vino* antioxidant activities of daylily flowers and the involvement of phenolic compounds. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition Suppl* 1: 196 – 203.

REIF C., ARRIGONI E., NEUWEILER R., BAUMGARTNER D., NYSTRÖM L., HURRELL R. F. (2012): Effect of Sulfur and Nitrogen Fertilization on the Content of Nutritionally Relevant Carotenoids in Spinach (*Spinacia oleracea*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 5819 – 5824.

RIX M. (2012): *Tropaeolum peregrinum* – Tropaeolaceae. *Curtis's Botanical Magazine* 29 (4): 349 – 354.

RODRIGUEZ-AMAYA D. B. (2010): Quantitative Analysis, *in vitro* assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids – A review. *Journal of Food Composition and Analysis* 23: 726 – 740.

ROP O., MLCEK J., JURIKOVA T., NEUGEBAUEROVA J., VABKOVA J. (2012): Edible Flowers – A New Promising Source of Mineral Elements in Human Nutrition. *Molecules* 17: 6672 – 6683.

RUFINO M. D. S. M., ALVES R. E., BRITO E. S., PÉREZ-JIMÉNEZ J., SAURA-CALIXTO F., MANCINI-FILHO J. (2010): Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional fruits from Brazil. *Food Chemistry* 121: 966 – 1002.

- SCHEK A. (2013): Ernährungslehre kompakt – Kompendium der Ernährungslehre für Studierende der Ernährungswissenschaften, Medizin und Naturwissenschaften und zur Ausbildung von Ernährungsfachkräften. Umschau Zeitschriftenverlag, Sulzbach im Taunus, 5. aktualisierte und ergänzte Aufl., 150 ff, 155f.
- SCHILLING G. (2000): Pflanzenernährung und Düngung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 156 f.
- SCHOEFS B. (2002): Chlorophyll and carotenoid analysis in food products – Properties of the pigments and methods of analysis. Trends in Food Science & Technology 13: 361 – 371.
- STINTZING F., CARLE R. (2004): Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. Trends in Food Science & Technology 15: 19 – 38.
- STÖCKEL M., MEYER C., GEBAUER G. (2011): The degree of mycoheterotrophic carbon gain in green, variegated and vegetative albino individuals of *Cephalanthera damasonium* is related to leaf chlorophyll concentrations. New Phytologist 189: 790 – 796.
- TAI C.-Y., CHEN B. H. (2000): Analysis and Stability of Carotenoids in the Flowers of Daylily (*Heemerocallis disticha*) as Affected by Various Treatments. Journal of Agriculture and Food Chemistry 48: 5962 – 5968.
- VASCO C., RUALES J., KAMAL-ELDIN A. (2008): Total Phenolic Compounds and Antioxidant Capacities of major Fruits from Ecuador. Food Chemistry 111: 816 – 823.
- WALINGO, K. M. (2005): Role of Vitamin C (Ascorbic Acid) on Human Health – A Review. African Journal of Food Agriculture and Nutritional Development 5(1): 1 – 13.
- WATZL B., LEITZMANN, C. (1999): Bioaktive Substanzen in Lebensmittel. Hippokrates Verlag, Stuttgart, 2. überarbeitete und erweiterte Aufl., 30 ff.
- WIELANK M., URBANEK H. (1999): Glucotropaeolin and Myrosinase Production in Hairy Root Cultures of *Tropaeolum majus*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 57(1): 39 – 45.
- XIONG L., YANG J., JIANG Y., LU B., HU Y., ZHOU F., MAO S., SHEN C. (2014): Phenolic Compounds and Antioxidant Capacities of 10 Common Edible Flowers from China. Journal of Food Science 79: 517 – 525.

8.1 Internetquellen

AGES (2015): Nahrungsergänzungsmittel.
<http://www.ages.at/themen/lebensmittel/nahrungsergaenzungsmittel/>; 03.03.2016; s.p.

AMG (1983): Bundesgesetz vom 2. März 1983 über die Herstellung und das Inverkehrbringen von Arzneimitteln (Arzneimittelgesetz – AMG).

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10010441/AMG%2c%20Fassung%20vom%2003.03.2016.pdf>; 03.03.2016; 2.

APHORISMEN (2016): http://www.aphorismen.de/suche?f_thema=Essen%2C+Nahrung
29.09.2016.

AUSTROSAAT (2016): Sortiment – Kapuzinerkresse.
<http://www.austroaat.at/Sortiment/Blumen/Kapuzinerkresse/Kapuzinerkresse.htm>;
23.02.2016; s.p.

BOKU (2014): Versuchszentrum Jedlersdorf.
<http://www.dnw.boku.ac.at/gb/organisation/versuchszentrum-jedlersdorf/>; 28.06.2016; s.p.

BRYAN N., LOSCALZO J. (2011): Nitrite and Nitrate in Human Health and Disease.
<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-60761-616-0>; 01.09.2016, s.p.

CROCUS (2016): Tropaeolum majus “Alaska Series” – Nasturtium.
http://www.crocus.co.uk/plants/_/tropaeolum-majus-alaska-series/classid.2000014793/;
24.05.2016; s.p.

DEHNER (2016): Dehner Samen Kapuzinerkresse Peach Melba.
<http://www.dehner.de/pflanzen-pflege-saemereien-blumensamen-beet-und-balkonblumen/Dehner-Samen-Kapuzinerkresse-Peach-Melba-619502/?ac=N15165300>;
24.05.2016; s.p.

EUFIC (2006): Die Grundlagen – Funktionelle Lebensmittel.
<http://www.eufic.org/article/de/ernahrung/funktionale-lebensmittel/expid/basics-funktionelle-lebensmittel/>; 25.02.2016; s.p.

JOHNSONS (2016): Nasturtium Milkmaid – Indian cress – Tropaeolum majus. http://www.johnsons-seeds.com/Flower-Seed_0/Annuals_4/Nasturtium-Milkmaid.html#.V0SGsb7VqUk; 24.05.2016; s.p.

KIEPENKERL (2016a): Kapuzinerkresse Peach Melba Superior. <https://shop.nebelung.de/kapuzinerkresse-peach-melba-superior.html> ; 24.05.2016; s.p.

KIEPENKERL (2016b): Kapuzinerkresse Tip Top Alaskamischung. <https://shop.nebelung.de/kapuzinerkresse-tip-top-alaska-mischung.html>; 24.05.2016; s.p.

MAPCOORDINATES (2016): Koordinaten Sowinetzgasse 1, Wien. <http://www.mapcoordinates.net/>; 03.10.2016.

NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH (2016): Vitamin C – Fact Sheet for Health Professionals. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/#en12>; 09.06.2016; s.p.

NEUDORFF (2015): Neudosan AF Neu Blattlausfrei. <http://www.neudorff.de/produkte/pflanzenschutz/schaedlingsbekaempfung/neudosan-af-neu-blattlausfrei.html>; 05.03.2016.

OEKONEWS (2011): Neues bei Ja! Natürlich: Essbare Blumen, Wildkräuter und mehr. http://oekonews.at/index.php?mdoc_id=1057907; 16.10.2016; s.p.

ÖSTERREICHISCHE APOTHEKERKAMMER (2016): Arzneimittel: Vertrieb – Sicherheit hat Vorrang. <https://www.apotheker.or.at/internet/oeak/newspresse.nsf/e02b9cd11265691ec1256a7d005209ee/dc5cd0414140dab6c1256ab60035c82b?OpenDocument>; 07.03.2016; s.p.

REWE GROUP (2011): Ja! Natürlich Balkonpflanzen und Wildkräuter – Hintergrundinformation und leckere Rezeptideen. http://files.janatuerlich.at/JA_downloads/folder/JaNat_Rezepte_%20Balkonpflanzen_Wildkraeuter.pdf; 16.10.2016; s.p.

SONNENTOR (2016): Kräuter pur. <https://www.sonnentor.com/de-at/onlineshop/tee/kraeuter-pur>; 17.10.2016, s.p.

THOMPSON & MORGAN (2016a): Nasturtium ‘Alaska Mixed’ – Tropaeolum majus – Indian cress. <http://www.thompson-morgan.com/flowers/flower-seeds/nasturtium-seeds/nasturtium-alaska-mixed/1758TM>; 24.05.2016; s.p.

THOMPSON & MORGAN (2016b): Nasturtium „Milkmaid“ – Tropaeolum majus – Indian cress. <http://www.thompson-morgan.com/flowers/flower-seeds/nasturtium-seeds/nasturtium-milkmaid/7861TM>; 24.05.2016; s.p.

TREPPENS (2016): Tropaeolum majus “Milkmaid” – Kapuzinerkresse. <https://www.treppens.de/Saatgut/Blumensaatgut/Sortierung-nach-botanischer-Bezeichnung/Tropaeolum/Tropaeolum-majus-Milk-Maid-Kapuzinerkresse::3223.html>; 24.05.2016; s.p.

TUINZADEN (2016): Oostindische kers (Tropaeolum) – Milkmaid. <http://tuinzaden.eu/nl/bloemzaden-oost-indische-kers-tropaeolum/916057-oost-indische-kers-tropaeolum-milkmaid-5010931078134.html>; 24.05.2016; s.p.

VO (EU) Nr .432/2012 (2012): Verordnung zur Festlegung einer Liste zulässiger anderer gesundheitsbezogener Angaben über Lebensmittel als Angaben über die Reduzierung eines Krankheitsrisikos sowie die Entwicklung und die Gesundheit von Kindern. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:136:0001:0040:DE:PDF>; 07.03.2016; s.p.

WANDER (2012): Ovomaltine – Eine bewegte Geschichte. <http://www.ovomaltine.at/ueber-ovomaltine/geschichte/> ; 07.03.2016; s.p.

WIEN GV (2016): Wien Umweltgut – Sowinetzgasse 1 21. Bezirk. <https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/grafik.aspx?bookmark=xJCWRtGUmkbi8h5ERbeJQznC-cs6-crOvnTFEy4MZ0OLgvQa7HaP-cYbMgAOp6YgBrnIma1APUD>; 22.08.2016; s.p.

WKO (2012): Ernährung: Health Claims Verordnung – Gesundheitsbezogene Aussagen in Werbung und Marktkommunikation. https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/sparte_iuc/Werbung-und-Marktkommunikation/Ernaehrung_Health_Claims_Verordnung.html; 07.03.2016; s.p.

ZAMG (2016a): Klimanormalwerte Österreich 1961 – 1990 – Großenzersdorf. <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/klimamittel-1971-2000>; 23.02.2016; s.p.

ZAMG (2016b): Jahrbuch. <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch>; 17.06.2016; s.p.

9 Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

(Ort; Datum)

(Unterschrift)