



Abteilung Gartenbau

Department für Nutzpflanzenwissenschaften Universität für Bodenkultur Wien

Masterarbeit

**Nutzungsmöglichkeiten von diversen Artischockensorten  
(*Cynara scolymus* L.) mit und ohne Vernalisationsreiz angebaut  
in Österreich**

von Anna Winter

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

Dr.sc.agr Keutgen Norbert, Priv.-Doz. D

Wien, Juli 2020

## **Danksagung**

Ich möchte mich herzlich bei Univ. Prof. Dipl. Ing.sc.agr. Dr.sc.agr. KEUTGEN Anna für die Vergabe des Themas und die Betreuung dieser Arbeit bedanken.

Ein großes Dankeschön auch an Herrn Priv.-Doz. Dr. sc.agr KEUTGEN Norbert für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Versuchsergebnisse.

Recht herzlich bedanken möchte ich mich auch bei Frau Ing. Heike Foditsch, die mich bei der Durchführung der Analysen im Labor betreut und unterstützt hat.

Mein Dank geht auch an Herrn Benedikt Berger, der mir bei der Ernte des Probenmaterials tatkräftig zur Seite stand.

# **Nutzungsmöglichkeiten von diversen Artischockensorten (*Cynara scolymus* L.) mit und ohne Vernalisationsreiz angebaut in Österreich**

**Anna Winter**

## **Zusammenfassung**

Das Ziel dieser Arbeit war es, die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten der Artischocke *Cynara scolymus* L. in Österreich aufzuzeigen. Es wurden zehn verschiedene Artischockensorten angebaut und miteinander verglichen. Ein Teil der Proben wurde zunächst einem Vernalisationsreiz ausgesetzt, da diese Methode effektiv die Erträge der Artischocke steigern soll. Dabei wurde untersucht, ob Unterschiede zwischen den Sorten und der Behandlung festzustellen sind.

Um dies abzuklären, wurden die Blätter der Artischocke auf folgende Parameter untersucht: Antioxidative Kapazität, Chlorophyll, Carotinoide, Anthocyane, Nitrat, Vitamin C und Gesamt- und reduzierende Zucker. Es konnten keine statistisch signifikanten Sortenunterschiede festgestellt werden. Bei der Behandlungsvariante Vernalisation wies der Vitamin C-Gehalt signifikante Unterschiede auf. Die behandelten Sorten enthielten deutlich weniger Ascorbinsäure als die unbehandelten.

# **Possible uses of different varieties of artichokes (*Cynara scolymus* L.) grown with and without vernalization stimulus in Austria**

**Anna Winter**

## **Abstract**

The aim of this present study is to give an overview of the possible ways to use artichokes *Cynara scolymus* L. in the region of Austria. Ten different artichoke cultivars were planted und compared. Part of the material went through a vernalization treatment before planting. This method is used to increase artichoke yield. This study focused on observing differences between the cultivars and on finding out to which extent the vernalization treatment influences the plant composition.

Therefore, the leaves of the artichokes were used to analyse the following components: antioxidative capacity, chlorophyll, carotinoids, anthocyanins, nitrate, vitamin C and total and reducing sugar. Although no significant differences between the cultivars were found, the vernalization treatment had an essential impact on the ascorbic acid content. The treated cultivars showed significant lower vitamin C levels than the untreated artichokes.

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	V
Abbildungsverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	V
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Geschichte der Artischocke.....	3
1.2. Ursprung und Klassifikation.....	3
1.3. Botanik .....	4
1.4. Anbau und Ernte .....	5
1.5. Nutzungsmöglichkeiten der Artischocke.....	10
1.5.1. Pharmaindustrie.....	10
1.5.2. Lebensmittelindustrie .....	12
1.5.3. Zierpflanze .....	13
1.5.4. Potentielle gesundheitliche Bedeutung sekundärer Pflanzenstoffe .....	13
1.5.5. Ausgewählte sekundäre Pflanzenstoffe und die Antioxidative Kapazität.....	15
1.5.6. Nutzung der Artischocke in Österreich .....	21
<b>2. Material und Methoden .....</b>	<b>22</b>
2.1. Versuchsaufbau .....	22
2.1.1. Standortbeschreibung.....	22
2.1.2. Anbau .....	23
2.1.3. Sortenbeschreibung.....	24
2.2. Probenmaterial.....	26
2.3. Methoden .....	26
2.3.1. Aufbereitung der Proben zur Analyse .....	26
2.3.2. Photometrische Messungen .....	27
2.3.3. Statistische Auswertung.....	31
<b>3. Ergebnisse .....</b>	<b>32</b>
3.1. Trockenmasse.....	32
3.2. Antioxidative Kapazität.....	33
3.3. Chlorophylle .....	34
3.4. Carotinoide.....	37
3.5. Anthocyane .....	38
3.6. Ascorbinsäure .....	39

3.7. Nitrat .....	40
3.8. Gesamtzucker .....	41
3.9. Reduzierter Zucker.....	42
3.10. Korrelationsanalyse.....	43
3.11. Behandlungseffekte .....	44
<b>4. Diskussion .....</b>	<b>50</b>
4.1. Vernalisation und Trockenmasse .....	51
4.2. Antioxidative Kapazität.....	51
4.3. Chlorophylle .....	52
4.4. Carotinoide.....	54
4.5. Anthocyane .....	55
4.6. Vitamin C .....	56
4.7. Nitrat .....	58
4.8. Gesamt- und reduzierende Zucker.....	60
<b>5. Fazit .....</b>	<b>62</b>
<b>6. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>64</b>

## **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Für den Versuch verwendete Artischockensorten (Murauer, 2018)

Tab. 2: Behandlungseffekte (F-Test  $> 0.05$  heißt Varianzhomogenität)

Tab. 3: Behandlungseffekte (F-Test  $> 0.05$  heißt Varianzhomogenität)

Tab. 4: Korrelationsanalyse nach Pearson (\*  $p < 0.05$  und \*\*  $p < 0.01$ )

Tab. 5: Korrelationsanalyse nach Pearson (\*  $p < 0.05$  und \*\*  $p < 0.01$ )

Tab. 6: Korrelationsanalyse nach Pearson (\*  $p < 0.05$  und \*\*  $p < 0.01$ )

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1.: Darstellung der chemischen Verbindungen in Artischocken (Wittemer, 2013)
- Abb. 2: Versuchsfeld in Jedlersdorf (Winter, 2018)
- Abb. 1: Proben vor dem Wasserbad (Winter, 2019)
- Abb. 2: Proben nach dem Wasserbad (Winter, 2019)
- Abb. 3: Küvetten für die Messung des Nitrates im Photometer (Winter, 2019)
- Abb. 4: Standardgerade für die Vitamin C Messung (Winter, 2019)
- Abb. 5: Gehalte an Trockenmasse der verschiedenen Artischockensorten in % (  $P \geq 0,05$  )
- Abb. 6: Antioxidative Kapazität der verschiedenen Artischockensorten in mmol  $\text{Fe}^{2+}$   $\text{kg}^{-1}$  TM (  $P \geq 0,05$  )
- Abb. 9: Chlorophyll A Gehalte der verschiedenen Artischockensorten in  $\text{g kg}^{-1}$  TM (  $P \geq 0,05$  )
- Abb. 10: Chlorophyll B Gehalte der verschiedenen Artischockensorten in  $\text{g kg}^{-1}$  TM (  $P \geq 0,05$  )
- Abb. 11: Gesamtchlorophyllgehalte der verschiedenen Artischockensorten in  $\text{g kg}^{-1}$  TM (  $P \geq 0,05$  )
- Abb. 12: Carotinoidgehalte der verschiedenen Artischockensorten in  $\text{g kg}^{-1}$  TM (  $P \geq 0,05$  )
- Abb. 13: Anthocyan-Gehalte der verschiedenen Artischockensorten in  $\text{g kg}^{-1}$  TM (  $P \geq 0,05$  )
- Abb. 14 : Vitamin C-Gehalt der verschiedenen Artischockensorten in  $\text{g kg}^{-1}$  TM (  $P \geq 0,05$  )
- Abb. 15: Nitratgehalte der verschiedenen Artischockensorten in  $\text{g kg}^{-1}$  TM (  $P \geq 0,05$  )
- Abb. 16: Gesamtzuckergehalte der verschiedenen Artischockensorten in  $\text{g kg}^{-1}$  TM (  $P \geq 0,05$  )
- Abb. 17: Reduzierende Zucker-Gehalte der verschiedenen Artischockensorten in  $\text{g kg}^{-1}$  TM (  $P \geq 0,05$  )

## Abkürzungsverzeichnis

CSS	Caffeoylchinasäuren
GA3	Gibberellinsäure
AA	Ascorbinsäure
Cu <sub>2</sub> O	Kupfer(i)-oxid
FRAP	Ferric Reducing Ability of Plasma
TPTZ-Lösung	(2,4,6 Tri-pyridyl-s-triazin) – Lösung
DNP-Lösung	2,4-Dinitrophenol-Lösung
HCL	Salzsäure
ANOVA	Varianzanalyse
SD	Standardabweichung
TM	Trockenmasse
FM	Frischmasse
UV-Strahlung	ultraviolette Strahlung
ABA	Abscisinsäure
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid

## 1. Einleitung und Fragestellung

Die Artischocke *Cynara scolymus* L. ist eine mehrjährige krautige Pflanze, die im mediterranen Raum eine große wirtschaftliche Bedeutung besitzt. Die Pflanze wurde schon in der Antike für ihre gesundheitsfördernden Eigenschaften geschätzt. Aufzeichnungen zur Folge wurde die Artischocke schon im 4.Jhdt. v.Chr. genutzt (de Falco et al., 2015).

Die den Asteraceae angehörende Pflanze kann auf unterschiedlichste Weise genutzt werden. Die Blütenknospen der Artischocke werden als Gemüse verwendet und sind zu einem großen Teil in der mediterranen Küche vertreten. Durch die Attraktivität der großen leuchtenden Blütenköpfe werden diese auch zu Dekorationszwecken genutzt. Die großen gefiederten Blätter der Artischocke können aufgrund des hohen Anteils an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen für die pharmazeutische Industrie verwendet werden. Die drei größten Wirkstoffklassen in der Artischocke sind die Caffeoylchinasäuren (CSS), die Flavonoide und die Sesquiterpenlacton-Bitterstoffe (Honermeier et al., 2001). Darüber hinaus hat diese Pflanze noch zahlreiche weitere Inhaltsstoffe, die eine positive Wirkung auf die menschliche Gesundheit haben. Die Verwendung von Artischockenextrakten fördert die Magen-Darm-Gesundheit, schützt die Leber, beugt Herz-Kreislaufkrankungen vor und hat auch cholesterinregulierende Eigenschaften (Şekara et al., 2015; Wittemer, 2003). Die Qualität und der Gehalt der Inhaltsstoffe ist abhängig von der Kulturführung und dem richtigen Zeitmanagement (Şekara et al., 2015). Eine Methode, die sich bewährt hat, um die Artischockenerträge zu erhöhen, ist die Behandlung der Keimlinge im Keimblattstadium mit einem Kältereiz (Şekara et al., 2015; Garcia und Cointry, 2010). Da der Vernalisationsreiz notwendig ist, um die Blütenbildung zu induzieren, kann man durch Kältebehandlungen vor dem Aussetzen das Ertragsrisiko senken und dadurch auch den Erntezeitpunkt verfrühen (Şekara et al., 2015).

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, die verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten der Artischocke aufzuzeigen. Da diese Kultur in Österreich bis jetzt nur sehr wenig angebaut und genutzt wird, soll in dieser Arbeit das Potential von in Österreich angebauten Artischocken abgeschätzt werden.

Es werden die Inhaltsstoffe der Artischockenblätter verschiedener Sorten untersucht, um diese danach miteinander vergleichen zu können. Daraus werden die geeignetsten Sorten für diesen Klimaraum herausgefunden.

Der zweite Schwerpunkt der Arbeit liegt dabei auf der Bedeutung des Vernalisationsreizes. Die Hälfte der Proben wird vor dem Aussetzen einer Kältebehandlung unterzogen, um zu erkennen, ob sich durch den Kältereiz die Komposition der sekundären Pflanzenstoffe ändert und es dadurch zu bestimmten Vor- oder Nachteilen in der Nutzung der Blätter kommt.

Folgende Forschungsfragen sollen in der Arbeit beantwortet werden:

- Welche Nutzungsmöglichkeiten ergeben sich für zehn verschiedene angebaute Artischockensorten in Österreich und ob es dabei auch Unterschiede zwischen den Sorten gibt?
- Ist es möglich, die Blätter von zehn in Österreich angebauten Artischockensorten aufgrund ihrer sekundären Pflanzeninhaltsstoffe und deren potentiellen gesundheitlichen Bedeutung in der Pharma- und Lebensmittelindustrie einzusetzen?
- Kann zwischen zehn verschiedenen Artischockensorten angebaut in Österreich mit und ohne Vernalisation hinsichtlich ihrer bestmöglichen Nutzung unterschieden werden?

Das Ziel dieser Arbeit ist es, verschiedene Nutzungsmöglichkeiten von Artischocken aufzuzeigen. Des Weiteren soll eine Empfehlung für die bestmögliche Nutzung dieser Kulturpflanze in Österreich abgegeben werden, um diese Pflanze für den gewerblichen Anbau attraktiver zu machen. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Sorten und der Einfluss von Vernalisation sollen dabei mit einbezogen werden, um auch mögliche verschiedene Verwendungszwecke zwischen den einzelnen Sorten und Behandlungen festzustellen.

## 1.1. Geschichte der Artischocke

Die Artischocke *Cynara scolymus* L. ist eine mehrjährige krautige Pflanze, die ihren Ursprung im mediterranen Raum hat und von dort ausgehend über die gesamte Erde verbreitet wurde. Der wissenschaftliche Name leitet sich vom griechischen Wort „skolymos“ ab, welches sich mit „spitzer Pfahl“ übersetzen lässt und die Dornen der Pflanze beschreibt (de Falco et al., 2015; Chevallier, 1996).

Artischocken wurden schon seit der Antike von Ägyptern, Griechen und Römern als Lebensmittel und Arzneipflanze geschätzt. Historische Aufzeichnungen gehen bis ins 4. Jhd. v. Chr. zurück. So berichtete schon der Grieche Teophrastus von Artischocken, die in Sizilien angebaut wurden. Der ägyptische König Ptolemy Euergetes verschrieb seiner Armee Artischocken zur Steigerung der Tapferkeit und Stärke. Auch römische Mosaikbezeugen die Verwendung von Artischocken und einige römische Autoren wie Varo, Plinius, Columella und Dioscorides empfehlen zum Beispiel das Einreiben mit zerkleinerten Wurzeln als Vorbeugung gegen strenge Körpergerüche (de Falco et al., 2015; Chevallier, 1996).

Man findet auch zahlreiche Quellen zwischen 800 und 1500 v. Chr., die berichten, dass die Artischocke ausgehend von Nordafrika nach Sizilien, Florenz, Venedig und Spanien gebracht wurde, um sie in verschiedenen Klöstern weiter zu züchten. Goethe beschreibt während seiner Reise durch Italien, dass italienische Bauern Artischocken verspeisen. In Europa ist diese Pflanzenart bereits seit dem 15. Jhd. bekannt und wurde im 18. und 19. Jhd. durch Auswanderer auch bis nach Amerika gebracht (de Falco et al., 2015).

## 1.2. Ursprung und Klassifikation

Aufgrund der Auswertung von molekular-genetischen Daten konnte belegt werden, dass sich die Vorfahren der Artischocke während der Eiszeiten aufgrund der Klimaverschlechterung von den mediterranen Küsten bis in die Sahara zurückgezogen haben. Nach dem Ende der Eiszeiten vor ungefähr 30 000 bis

20 000 Jahren breitete sich die Artischocke wieder bis nach Nordafrika aus, wo sie sich in zwei unterschiedliche Gruppen aufspaltete und es dadurch zur Bildung verschiedener Subspezies kam (de Falco et al., 2015; Pignone und Sonnante, 2009).

Die erste Kultivierung der Artischocke *Cynara scolymus* L. fand vermutlich zur Zeit des römischen Reiches in Sizilien statt, wo sich heute der bedeutendste Gen-Pool der Artischocke befindet (de Falco et al., 2015).

Es gibt mehr als 120 verschiedene Typen (de Falco et al., 2015; Lanteri und Portis, 2008). Die Klassifikation basiert auf dem Erntezeitpunkt und den morphologischen Eigenschaften der Knospen (Portis et al., 2005). Aufgrund dessen lassen sich vier Gruppen unterscheiden: die Spinosi-Gruppe mit Stacheln, die Violetti-Gruppe mit violetten Blättern, die Romaneschi-Gruppe mit kugelförmigen Knospen und die Catanesi-Gruppe mit kleinen länglichen Knospen (de Falco et al., 2015).

Durch die vielen Landrassen gibt es große phänotypische Unterschiede und eine breite genetische Vielfalt, selbst innerhalb der Populationen (de Falco et al., 2015; Portis et al., 2005). Dies lässt sich aus der vegetativen Vermehrung erklären, weil es dabei nicht selten zu unbeabsichtigten Kreuzungen mit lokalen Wildsorten kommt (de Falco et al., 2015).

Das Fehlen der Stacheln bei den kultivierten Arten ist auf ein dominantes Allel zurückzuführen, während der Ertrag von mehreren Genen beeinflusst wird. Der Ertrag wird auch sehr stark von Umweltfaktoren und Anbautechniken bestimmt. Die spezielle Färbung der Knospen ist auf den Anthocyan-Gehalt zurückzuführen (de Falco et al., 2015).

### **1.3.Botanik**

Die Artischocke *Cynara scolymus* L. gehört zur Familie der Asteraceae und ist eine winterannuelle Pflanze. Sie keimt im Spätsommer und entwickelt im Herbst

und Winter eine Blattrosette, welche erst im folgenden Jahr Blütenstände bildet (Honermeier et al., 2001).

Das Wurzelsystem der Pflanze ist sehr groß und kann sich bis zu 5 m tief entwickeln (de Falco et al., 2015; Archontoulis et al., 2010). Die tiefgehende Pfahlwurzel der Artischocke erlaubt es, Reservestoffe einzulagern und ist für die große Regenerationsfähigkeit der Pflanze auch nach stärkerem Blattverlust verantwortlich (Honermeier et al., 2001).

Der Spross der Artischocke ist sehr kurz und die Blätter können eine Länge von 50-200 cm erreichen (de Falco et al., 2015). Die großflächigen Laubblätter der Pflanze ordnen sich rosettenartig um den Vegetationskegel an. Sie sind meist fiedrig geformt, graufilzig behaart und besitzen eine ausgeprägte Mittelrippe. Es ist ein gewisser Vernalisationsreiz notwendig, um die Schoss- und Blühphase der Artischocke zu induzieren. Optimal dafür ist eine Photoperiode von mindestens 10,5 Stunden und einer Temperatur von 7-9°C. Temperaturen unter -10°C sind für die Artischocke tödlich (Bianco, 1990).

Die Artischocke besitzt die für die Familie der Asteraceae typischen Blütenkörbe, die sich aus zwittrigen Röhrenblüten zusammensetzen. Die Farbe variiert dabei von Rot, Violett bis Blau (Honermeier et al., 2001). Pro Pflanze entwickeln sich eine Hauptblüte und 4-20 sekundäre und tertiäre Blütenköpfe. Die Früchte der Artischocke werden Achänen genannt (de Falco et al., 2015).

#### **1.4. Anbau und Ernte**

Der Anbau der Artischocke hat einen bedeutenden Einfluss auf die Wirtschaft im mediterranen Raum. Die jährlich produzierte Menge beträgt 1,143 MT, das sind mehr als 70% der globalen Produktion bei einer Fläche von ungefähr 80 000 ha. Da die Artischocke nicht winterhart ist, muss sie in Regionen mit längeren Kälteperioden unter -10°C in jedem Jahr neu angebaut werden. Die Pflanzen sind moderat stressverträglich und benötigen für eine Produktion von qualitativ

hochwertigen Knospen nicht zu heiße Sommer mit ausreichend Niederschlag (Skara et al., 2015).

Heutzutage findet im kommerziellen Anbau traditionell eine vegetative Vermehrung der Artischocken über Klone statt, da diese wirtschaftliche Vorteile besitzen. Jedoch steigt dabei auch die Anfälligkeit gegen Krankheiten und Schädlinge an (Skara et al., 2015; Cardarelli et al., 2005). 10-20 Sorten, die durch Klone vermehrt werden, haben sich in den letzten Jahrzehnten zu den kommerziell bedeutendsten Sorten entwickelt. Zum Beispiel werden in Süditalien, dort wo sich der Grteil des Artischockenanbaus befindet, nur einige wenige Genotypen mit traditionellen Techniken angebaut (Basnizki und Zohary, 1994).

In den letzten Jahren hat sich der Artischockenanbau durch die Verwendung von gametischen und micro-propagierten Sorten und neuen Anbautechniken weiterentwickelt (Skara et al., 2015; El Boullani et al., 2012; Basnizki, 2007; Bucan et al., 2005). F1 Hybride, die aus Samen gezüchtet werden, zeichnen sich durch einen hohen aber späteren Ertrag, homogene Reifezeit und eine gute Qualität aus. Durch den Anbau mit Saatgut werden Arbeitskosten gesenkt und man erhält Pflanzen mit einer besseren Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen (Skara et al., 2015; Bonasia et al., 2010; Calabrese et al., 2007; 2004).

Die Vermehrung über Samen wird in Kalifornien bereits erfolgreich angewendet. Die Artischocken werden dort als einjährige Kultur geführt. Jungpflanzen werden nach der Aufzucht im Glashaus auf das Feld gebracht. Vom Aussetzen bis zur Ernte dauert es vier bis sechs Monate. In manchen Regionen werden die Samen direkt auf das Feld ausgesät. Die Mehrheit wird jedoch erst als Jungpflanzen auf das Feld gebracht, da sich dadurch weniger Probleme mit Unkräutern und Krankheiten ergeben (Skara et al., 2015; Smith et al., 2008).

Die Temperatur ist der wichtigste Faktor im Artischockenanbau, da dadurch das Wachstum der Pflanze, die Bildung der Blütenknospen und der Blühzeitpunkt beeinflusst werden (Skara et al., 2015; Macua et al., 2004). Um gute Erträge von hoher Qualität zu erzielen, sind Temperaturen von 20°-22°C am Tag und 12°-14°C

in der Nacht optimal. Unter zu hohen Temperaturen kommt es zu einer zu schnellen Entwicklung der Blütenköpfe und dadurch zu einer Wertminderung des Erntegutes (Sękara et al., 2015; Ciancolini, 2012; Mauromicale et al., 2004).

Im mediterranen Klimaraum wird die Artischockenproduktion vor den heißen Sommermonaten, also schon vor Mai oder Juni, abgeschlossen (Sękara et al., 2015; Sanz et al., 2002). Halter et al. (2005a, b) zeigten, dass es in Deutschland möglich ist, Artischocken in einer guten Qualität im Sommer anzubauen. Dabei wurden Erträge bis 12 MT pro ha, mit einem Blütenknospengewicht von 300-400g erzielt. Ein ähnliches Anbauverfahren wurde erfolgreich in Polen eingeführt, trotz der dortigen Schwierigkeiten mehrjährige Kulturen anzubauen. Der Fokus wurde dabei auf den optimalen Aussaatzeitpunkt gesetzt, um möglichst hohe Qualitäten mit einem guten ernährungsphysiologischen Wert zu produzieren. In Polen erfolgt die Ernte im Juli, August und September, da die Artischocken zunächst im Glashaus großgezogen und erst Mitte Mai auf dem Feld ausgepflanzt werden (Sękara et al., 2015; Sałata, 2006).

Nowaczyk und Orlińska (2007) haben die Eignung einiger spanischer und holländischer Hybrid-Sorten wie 'Concerto F1' oder 'Madrigal F1' für die kommerzielle Nutzung in Polen untersucht. Die Versuche zeigten, dass alle getesteten Sorten akzeptable Erträge erzielten. Außerdem wirkten die unterschiedlichen Farben der Blütenknospen sehr ansprechend für die Vermarktung als Frischware.

Die Größe der Blütenknospe ist eine der wichtigsten Kriterien, um eine erfolgreiche Vermarktung zu garantieren (Sękara et al., 2015; Sałata et al., 2012). Um bessere Kontrolle über das Wachstum der Artischocken zu haben, gibt es zahlreiche Techniken, die in der gemäßigten Klimazone angewendet werden können, wie zum Beispiel das Wachstumsstadium der Jungpflanzen bei der Auspflanzung oder das Abdecken mit dunkler Folie (Sękara et al., 2015; Leskovar et al., 2013; Sharaf-Eldin et al., 2007; Halter et al., 2005a).

Die Inokulation mit wachstumsfördernden Rhizobakterien bringt auch einige positive Ergebnisse in der Artischockenproduktion. Solche sind zum Beispiel eine höhere Keimfähigkeit, mehr Wurzelmasse und Trockenmasse, sowie eine bessere

Krankheits- und Trockenresistenz. Es wurde auch ein höherer Chlorophyll-Gehalt und eine vermehrte mikrobielle Aktivität festgestellt (Şekara et al., 2015; Lucy et al., 2004). Die Zugabe von *Pseudomonas*-, *Azospirillum*- oder *Azotobacter*-Stämmen zu Artischockenkeimlingen hat sich als gute Methode für eine verbesserte Keimlingsentwicklung bewährt (Şekara et al., 2015; Jahanian et al., 2012; Lucy et al., 2004).

Die richtige Kulturführung mit einem optimierten Zeitmanagement und der Applikation von Wachstumsregulatoren, wie Gibberellinsäure und Salizylsäure auf die Blattoberfläche, können die Artischockenpflanzen gegenüber ungünstigen Umweltbedingungen in sensiblen Wachstumsphasen schützen (Şekara et al., 2015; Hosseinzadeh et al., 2013; Halter et al., 2005c; Mauromicale, 2000). Durch eine Inokulation mit Mykorrhizabakterien konnte nachweislich der Gehalt an phenolischen Inhaltsstoffen und die antioxidative Aktivität in Blättern und Blütenköpfen deutlich erhöht werden (Şekara et al., 2015; Ceccarelli et al., 2010).

Im Gegensatz zur mediterranen Produktion von Artischocken, vor allem für die Gemüseproduktion, eignen sich die klimatischen Bedingungen in Zentraleuropa besser für eine Gewinnung von wertvollen Pflanzeninhaltsstoffen aus den Blättern für eine pharmazeutische Nutzung. In Deutschland werden die Pflanzen in einem einjährigen Zyklus, von April bis Oktober, angebaut. Da die Blätter wieder nachwachsen, lässt sich die Pflanze zwei bis sechs Mal pro Saison beernten (Şekara et al., 2015; Honermeier et al., 2013). Ein früher Erntezeitpunkt, eine geringe Stickstoffdüngung und ausreichend Wasser während des Blattwachstums garantieren Pflanzen mit einem hohen pharmazeutischen Wert (Şekara et al., 2015; Matthes und Honermeier, 2007). Die Pflanzdichte, der Erntetermin und die Erntehäufigkeit haben einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe. Der erste Erntetermin liefert dabei den höchsten Ertrag der gesamten Wachstumsperiode (Şekara et al., 2015; Halter et al., 2005a, b).

Kołodziej und Winiarska (2012) haben die verschiedenen Anbaumethoden verglichen. Untersucht wurden dabei: Direktsaat, Keimlinge aus Frühbeeten und Keimlinge in Töpfen. Die traditionelle Aussaat von Samen brachte dabei geringere Erträge in der Biomasse mit signifikant weniger pharmazeutisch nutzbaren

Inhaltsstoffen, als das Aussetzen der Jungpflanzen in Multitopfplatten im Folientunnel (Şekara et al., 2015).

Eine effektive Methode um die Artischockenerträge zu erhöhen ist eine Kältestimulanz der Jungpflanzen im Keimblattstadium (Şekara et al., 2015; Garcia und Cointry, 2010). Da Artischocken einen Vernalisationsreiz benötigen, um die Blütenbildung zu induzieren, kann man durch eigenständige Kältebehandlungen vor dem Aussetzen das Ertragsrisiko senken. Die Keimlinge sollten dabei kühlen Temperaturen von unter 10°C über einen Zeitraum von acht bis zehn Tagen ausgesetzt sein, um die Blüteninitiation anzuregen. Ohne Vorbehandlung ist ein möglichst frühzeitiges Auspflanzen für das Ertragsverhalten wichtig. Als allgemeine Richtlinie wird empfohlen, die Auspflanzung ein bis zwei Wochen vor dem durchschnittlichen Datum für den letzten Frost in einer bestimmten Region vorzunehmen, um eine adäquate Vernalisation zu garantieren (Bratsch und Ramon, 2014).

Die Förderung des Blühprozesses durch künstlich durchgeführte Vernalisation wurde das erste Mal in Russland 1949 von Panov untersucht. Danach widmeten sich immer mehr Wissenschaftler in verschiedenen Ländern diesem Thema (Riaha et al, 2020).

Rangarajan et al. (2010) haben verschiedene Vernalisations-Techniken getestet, um verbesserte Produktionsbedingungen bei einjährig kultivierten Artischocken zu schaffen. Dabei wurden unterschiedliche Wachstumsstadien vom Samen bis hin zu den Jungpflanzen untersucht. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Bedingungen der Vernalisation je nach Genotyp, Umwelt und Wachstumsstand variieren. Durch einen Kältereiz wird nicht nur das Blütenwachstum gefördert, sondern auch der Erntezeitpunkt verfrüht (Riaha et al, 2020).

Wachstumsregulatoren wie das Phytohormon Gibberellinsäure (GA3) oder vor dem Aussetzen durchgeführte Kältebehandlungen können als Substitution für natürlich stattfindende Kälteperioden dienen (Garcia et al., 2004).

## 1.5. Nutzungsmöglichkeiten der Artischocke

### 1.5.1. Pharmaindustrie

Wegen ihrer chemischen Inhaltsstoffe werden Artischocken in der Pharmaindustrie eingesetzt (Abb. 1). Für diese Art der Nutzung finden die Rosettenblätter der Pflanze Verwendung. Diese kommen entweder im getrockneten oder frischen Zustand als Ausgangsmaterial in Frage. Es werden damit vorwiegend wässrige Lösungen hergestellt, die sich zum Großteil aus drei großen Wirkstoffklassen zusammensetzen: die Caffeoylchinasäuren (CSS), die Flavonoide und die Sesquiterpenlacton-Bitterstoffe (Honermeier et al., 2001).

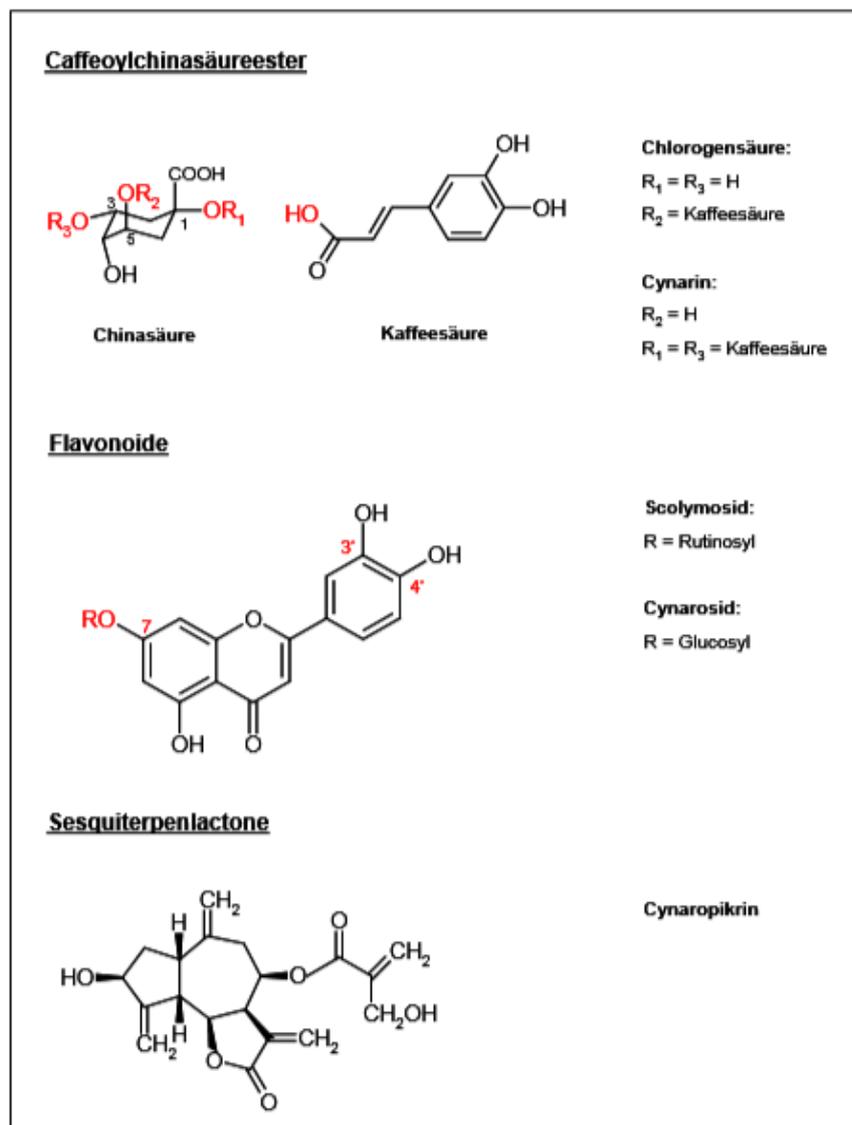


Abb. 7: Darstellung der chemischen Verbindungen in Artischocken (Wittemer, 2003)

Man vermutet, dass es aufgrund der Inhaltsstoffe zu einer synergetischen Kombinationswirkung kommt, da das Gesamtextrakt eine höhere pharmazeutische Wirksamkeit als die einzelnen Fraktionen besitzt. Bei den Blatinhaltsstoffen bilden die Caffeoylchinasäuren den größten Anteil. Zur Nutzung in der Pharmaindustrie wird dabei ein möglichst hoher CCS-Wert verlangt, der über 3-4% der Trockenmasse liegen sollte (Honermeier et al., 2001).

Bei der Wirkstoffklasse der Flavonoide sind vor allem das Luteolin-7-O-glucosid (=Cynarosid) und das Luteolin-7-O-rutinosid (=Scolymosid) von Bedeutung. Diese Inhaltsstoffe nehmen 0,3-0,8% der Blatttrockenmasse ein.

Bei den Bitterstoffen handelt es sich zum Großteil um das Cynaropikrin, welches mit einem Anteil von 0,5-5% in der Blatttrockenmasse vorkommt. In der Phytopharmaindustrie werden die Wirkstoffgruppen der CCS-Verbindungen und Flavonoide als Leitsubstanzen eingestuft, die zur Beurteilung der Substratqualität verwendet werden können (Honermeier et al., 2001).

Der Gehalt dieser bedeutenden Inhaltsstoffe variiert sehr stark und ist abhängig von Faktoren wie Umweltbedingungen, genetische Veranlagung, Stress, Erntezeitpunkt, agronomische Vorgehensweise und auch von den verwendeten Pflanzenteilen und Trocknungsmethoden (Lombardo et al., 2010).

Für eine gezielte Nutzung der Artischocke zu pharmazeutischen Zwecken werden gewisse Qualitätsanforderungen an die Droge gestellt. Ein hoher Gehalt an pharmazeutisch wirksamen Inhaltsstoffen ist erforderlich. Da diese, wie zuvor erwähnt, von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden, ist es wichtig, sich genügend Wissen anzueignen, um qualitativ hochwertige Artischockendrogen zu erzeugen (Honermeier et al., 2001).

Laut bisherigen Erfahrungen von Honermeier et al. (2001) sollten sich die Blätter durch folgende qualitätsbeeinflussende Merkmale auszeichnen: Man muss darauf achten, möglichst nur die Blattspreiten und Blattrippen zu verwenden. Schosser sollten vermieden werden. Die Blätter müssen grün und dürfen nicht chlorotisch sein. Der Fremdbesatz sollte bei maximal 2% liegen und der Gesamtascheanteil bei maximal 13%. Die Zerkleinerung der Blätter darf nicht zu stark erfolgen. Eine maximale Restfeuchte von 10% ist erstrebenswert. Außerdem ist darauf zu achten, dass es während der Trocknung zu keiner Überhitzung kommt (max. 40°C) (Honermeier et al., 2001).

Auf dem Markt werden eine Vielzahl verschiedener Artischocken-Präparate angeboten, die aufgrund ihrer unterschiedlichen Wirkungen gegen verschiedene Beschwerden wie Bauchschmerzen, Übelkeit, Erbrechen oder Sodbrennen eingesetzt werden. Außerdem besitzen sie auch cholesterinregelnde und gallenflüssigkeitssteigernde Eigenschaften (Şekara et al., 2015).

Diese Präparate bestehen entweder aus Frischpflanzensäften, wobei hier nur die grünen Blütenknospen verwendet werden, oder aus Trockenextrakten, die aus Rosetten- und Grundblättern hergestellt werden. Zurzeit findet man im Handel circa 15 apothekenpflichtige Präparate und einige freiverkäufliche Monopräparate, die man auch außerhalb von Apotheken erwerben kann (Şekara et al., 2015).

### **1.5.2. Lebensmittelindustrie**

In der Lebensmittelindustrie, hier vor allem als Gemüse, werden hauptsächlich der Blütenboden und die unteren Teile der Blütenhüllblätter der Artischocke verwendet. Deshalb ist die Bildung eines geschlossenen, kräftigen Blütenkorbes sehr wichtig. Die Knospen sollten einen Durchmesser von >10cm besitzen und fleischige Hüllblätter ausbilden (Honermeier et al., 2001).

Diese Blütenkörbe werden in frühen Entwicklungsstadien geerntet und machen ca. 30-40% der gesamten Biomasse aus. Da sich aber nur die inneren Teile der Knospe zum Verzehr eignen, reduziert sich die Biomasse nochmals auf 15-20% des Gesamtgewichtes der Pflanze (Marzi und Lattanzio, 1981).

Das ungenützte Material macht ca. 80-85% der Gesamtbiomasse aus und setzt sich aus Blättern und Spross zusammen. Diese Blätter können z.B. als Ernährungsergänzungsmittel weiter genutzt werden.

Der Nährstoffgehalt der Artischockenknospen beträgt um die 7% Kohlenhydrate, 3% Proteine und etwas weniger als 0,3% Lipide. Die Artischockenknospen weisen einen Zuckergehalt von 75% auf, der sich aus dem wasserlöslichen Polysaccharid Inulin zusammensetzt. Inulin ist ein Ballaststoff, der als Substrat für Bifidobakterien dient (Robenfroid, 1999).

Neben den Blättern werden auch die grünen Knospen bei der Herstellung von Presssäften verwendet. Die Artischocken nutzt man neben der Nutzung als

Gemüse- und Arzneipflanze, auch für die Herstellung von alkoholischen Getränken, z.B. Likörwein (Cynar) (Honermeier et al., 2001).

### **1.5.3. Zierpflanze**

Immer öfter werden Artischocken auch als Schnittblumen angeboten, da die großen Blütenstände sehr dekorativ sind. Die Blüte ist bis zu drei Wochen haltbar (Stein, 2013). Die Knospen lassen sich auch trocknen und so z.B. für Gestecke verwenden. Die in Österreich ansässige Familie Theuringer hat sich durch den Anbau von Artischockensorten mit schönen lilafarbenen Blüten und deren Vermarktung als dekorative Blüten für Cateringfirmen einen Nebenverdienst zur herkömmlichen Nutzung der Artischocken aufgebaut (Hödl, 2011).

Nicht nur die Blüten der Artischocken eignen sich als Blickfang, sondern auch die gesamte Artischockenpflanze. Die Staude erreicht eine Höhe von ein bis zwei Meter und hinterlässt so einen gewaltigen Eindruck im Garten. Sie bildet große bestachelte Blätter und erinnert optisch an Disteln. Die faustgroßen Blüten runden das Gesamtbild ab und machen die Pflanze so zu einem echten Hingucker im Garten (Baumschule Horstmann GmbH & Co. KG, 2005-2019).

### **1.5.4. Potentielle gesundheitliche Bedeutung sekundärer Pflanzenstoffe**

Eine der wichtigsten gesundheitlichen Bedeutung der Artischockeninhaltsstoffe ist ihre antiseptische Wirkung. Artischockenhaltigen Präparaten wird eine Linderung von Beschwerden wie Völlegefühl, Übelkeit und Oberbauchdruck, die durch Störungen der Gallensekretion hervorgerufen werden können, nachgesagt. Die Einnahme von Artischockenextrakten kann zu einer Steigerung der Gallenaktivität führen. Auch ein erhöhter Stoffwechsel lässt sich als Folge der Einnahme feststellen. In einer durchgeführten Studie wurde neben einer Reduzierung von dyspeptischen Beschwerden, auch eine grundsätzliche Steigerung der Lebensqualität nachgewiesen (Wittemer, 2003). Eine weitere Studie zeigte, dass eine sechswöchige Behandlung mit wässrigem Artischockenblätter-Extrakt die Symptome des nervösen Reizmagens lindern konnte (Walker et al., 2001). Für

diese Wirkung sind vor allem die Substanzen Luteolin und zum geringen Ausmaß auch Luteolin-7-O-glucosid verantwortlich (Gebhardt, 2001).

Des Weiteren wird den Artischocken eine vorbeugende Wirkung gegen Atherosklerose, der krankhaften Einlagerung von Cholesterin in Blutgefäßen, zugeschrieben. Verschiedene klinische Studien bezeugen eine Hemmwirkung der Cholesterinbiosynthese (Wittemer, 2003). Untersuchungen belegten, dass Extrakte aus Artischockenblättern auch die Cholesterinausscheidung fördern (Şekara et al., 2015).

Eine Einnahme von wässrigem Artischockenblätter-Extrakt führt zu einer Senkung des Gesamtcholesterins und der Triglyzeride (Petrowicz et al., 1997). Verantwortlich für diese Wirkung ist vor allem die Substanz Luteolin. In neueren Beobachtungen wurde auch bei den Sesquiterpenlactone eine lipidsenkende Wirkung festgestellt (Shimoda et al., 2003).

Die Artischocke besitzt auch eine hepatoprotektive Wirkung. Die Leber hat im Körper wichtige metabolische Funktionen inne. Dabei können aber auch reaktive, zellschädigende Zwischenprodukte entstehen. Ein Extrakt aus Artischockenblättern ist in der Lage, durch antioxidative Mechanismen, eine Beeinträchtigung der Leber, die aufgrund toxischer Stoffwechselprodukte entstehen kann, zu mindern. Es wird vermutet, dass die leberschützende Wirkung auf den antioxidativen Eigenschaften mehrerer Extraktinhaltsstoffe beruht (Wittemer, 2003). Diese setzen sich aus Polyphenolen, wie Chlorogensäure und Cynarin und Flavonoiden, wie Luteolin und Cynarosid, zusammen. Das Cynarin übernimmt dabei einen erheblichen Teil in der hepatoprotektiven Wirkung (Şekara et al., 2015).

Außerdem sind nicht nur die Blätter, sondern auch die Knospen der Artischocke eine wichtige natürliche Quelle von Antioxidantien, die für eine gesunde Ernährung essentiell sind. Der Blütenboden hat eine hohe Konzentration von Kalium-Ionen und im Vergleich zu anderen Gemüsearten ein niedriges Natrium/Kalium-Verhältnis, welches sich positiv auf die Prävention von Bluthochdruck und Herz-Kreislaufkrankungen auswirkt (Şekara et al., 2015; Pandino et al., 2011). Der ernährungsphysiologische Wert der Artischocken kann aufgrund unterschiedlicher

Sorten, Standortbedingungen und Kulturführungsmaßnahmen sehr variieren. Ein Anbau von Artischocken in kälteren Regionen muss nicht zwingend zu einem Verlust von Nährstoffen in der Knospe führen. Die Anreicherung von Inulin wird durch lange Photoperioden gefördert (Şekara et al., 2015; Raccuia and Melilli, 2010). Inulin ist ein Oligosaccharid, welches bekannt für seine präbiotischen Effekte auf die Aktivität von Bifidobakterien und Milchsäurebakterien im Darm hat. Inulin fördert außerdem die Absorption von Calcium, hat positive Auswirkungen auf den Lipid-Stoffwechsel und beugt Krebserkrankungen vor (Şekara et al., 2015).

### **1.5.5. Ausgewählte Pflanzenstoffe und die antioxidative Kapazität**

#### Chlorophyll

Das Chlorophyll ist ein Farbpigment, welches für die grüne Farbe der Blätter verantwortlich ist. Man findet in der Natur sechs verschiedene Chlorophyllarten, wobei das Chlorophyll A und B am häufigsten in Pflanzen auftreten. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Photosynthese, indem sie die Lichtenergie aufnehmen und weiterleiten können. Das Chlorophyll A absorbiert vor allem violette und oranges Licht mit den Absorptionsmaxima von 430 nm und 662 nm, während das Chlorophyll B hauptsächlich blaues und gelbes Licht aufnimmt und Absorptionsmaxima von 453 nm und 642 nm besitzt. Das grüne Licht wird nicht aufgenommen, sondern reflektiert, weshalb die Blätter in Grün erscheinen (Milne et al., 2014).

Das Chlorophyllmolekül besteht aus einem Porphyrin-Ring und einem Magnesium-Ion im Zentrum. Der Unterschied zwischen Chlorophyll A und B liegt an einem Substituenten am Porphyrin-Ring. Während das Chlorophyll A an der C7-Position eine Methylgruppe (-CH<sub>3</sub>) besitzt, weist das Chlorophyll B eine Aldehydgruppe (-CHO) auf (Milne et al., 2014).

Enthalten sind die Farbpigmente vor allem in Kräutern, grünem Blattgemüse und Sprossen. Chlorophyll hat im menschlichen Körper einige positive Effekte. Es hilft

beim Aufbau von Blutzellen, hat eine antikanzerogene Wirkung und fördert die Regeneration nach Strahlenschäden. Studien der Universität Chicago zeigten auch, dass die erhöhte Einnahme von grünem Gemüse Demenz vorbeugen kann. Genauso gibt es Studien, die zeigen, dass Chlorophyll vor Diabetes schützen kann (Rehberg, 2020).

## Carotinoide

Carotinoide sind Farbpigmente, die hauptsächlich aus C40 lipophilen Isoprenoiden bestehen und in allen photosynthetisch aktiven Organismen synthetisiert werden. Man findet sie auch in manchen nicht-photosynthetisch aktiven Bakterien und Pilzen. Die Farbpigmente erscheinen für gewöhnlich in Gelb-, Rot- und Orangetönen und in einigen Variationen davon und kommen in vielen Früchten, Blüten und Gemüsearten vor. Einige Vertreter der Carotinoide sind z.B.  $\beta$ -Carotin in Karotten, Lycopene in Tomaten und Capsanthin sowie Capsorubin im roten Paprika (Nisar et al., 2015).

Carotinoide besitzen antioxidative und enzymatische Funktionen, die für den pflanzlichen Metabolismus essentiell sind. Einige Funktionen der Carotinoide in Pflanzen sind die Photoprotektion, sowie die Beteiligung am Aufbau der Photosysteme und Regulation von Wachstum und Entwicklung (Nisar et al., 2015).

Es gibt ca. 50 Carotinoide, die im Körper zu Vitamin A umgewandelt werden können. Gesundheitliche Effekte der Carotinoide sind z.B. ihre cholesterinsenkende und entzündungshemmende Wirkung. Das  $\beta$ -Carotin wirkt besonders antioxidativ und ist ein hervorragender Radikalfänger. Genauso schützen Carotinoide vor Herz-Kreislauferkrankungen, Krebs und Sonnenbrand (Schek, 2013).

## Antioxidative Kapazität

Die antioxidative Kapazität wird durch die Konzentration und chemische Form von antioxidativ-wirksamen Inhaltsstoffen in Pflanzen und deren verarbeiteten Produkten ermittelt. Einige der wichtigsten Antioxidantien in Früchten und Gemüse sind Vitamin C, Vitamin E, Carotinoide, phenolische Verbindungen, Terpene, Maillard-Verbindungen und Spurenelemente (Bengtsson und Hagen, 2008).

Diese Antioxidantien spielen eine wichtige Rolle in der Vermeidung von oxidativem Stress sowie den damit verbundenen Krankheiten. Unter anderem werden davon Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs beeinflusst. Die quantitativ für die Ernährung wichtigste Gruppe der Antioxidantien sind die Polyphenole, gefolgt von den Vitaminen und Carotinoiden (Pérez-Jiménez et al., 2008).

Der Gehalt an antioxidativ-wirksamen Substanzen in Pflanzen ist abhängig von deren Reifegrad. Nach der Ernte finden polyphenole Reaktionen, die einen Abfall der antioxidativen Kapazität zur Folge haben können, statt. Es gibt Faktoren, wie Lagerung, Temperatur, Zeit und Verarbeitung, die ebenfalls einen Einfluss auf den Gehalt der Antioxidantien haben (Pérez-Jiménez et al., 2008).

Da es viele verschiedene Möglichkeiten für die Messung der antioxidativen Kapazität gibt, ist der Vergleich von einzelnen Ergebnissen schwierig. Ein vielfach genutztes Verfahren zur Messung der antioxidativen Kapazität ist das eisen-reduzierende FRAP-Verfahren (Pérez-Jiménez et al., 2008).

Der FRAP-Test (=Ferric reducing ability of plasma) wurde von Benzie und Strain (1996) entwickelt. Bei diesem Verfahren wird Eisen bei einem geringen pH-Wert zu Eisenionen reduziert. Dadurch kommt es zur Bildung eines färbigen Eisen-Tripyridyltriazin-Komplexes. Die FRAP-Werte erhält man, indem man die Unterschiede in der Absorption bei einer Wellenlänge von 593 nm miteinander vergleicht. Vorteil dieser Testmethode ist, dass sie einfach durchzuführen ist, schnell ausgewertet werden kann und relativ kostengünstig ist (Benzie und Strain, 1996).

## Anthocyane

Anthocyane sind blaue, rote und violette Farbpigmente, die man in vielen Pflanzenarten findet. Die Farbe und Stabilität dieser phenolischen Verbindungen ist abhängig von Temperatur, pH-Wert, Licht und Struktur. In saurer Umgebung erscheinen Anthocyane als rote Farbpigmente, während sie im alkalischen Bereich bläulich sind (Khoo et al., 2017).

Anthocyane sind aromatische sekundäre Pflanzenstoffe, die zu den Flavonoiden gezählt werden. Man findet sie vor allem in Früchten und Blüten sowie violett-rötlichen Blättern, Wurzeln und Knollen. Anthocyane haben Schutzfunktion vor UV-B Strahlung und eine entzündungshemmende Wirkung (Khoo et al., 2017).

Anthocyane besitzen verschiedene gesundheitsfördernde Eigenschaften. Durch ihre starke antioxidative Wirkung können sie freie Radikale im Körper binden. Sie wirken vorbeugend gegen Krebserkrankungen und können zur Vermeidung von Herz-Kreislauferkrankungen beitragen. Darüber hinaus besitzen sie eine hepatoprotektive Wirkung und reduzieren ein Blutdruck-, Übergewichts- und Diabetesrisiko (Dinabandhu und Mahapatro, 2015).

## Ascorbinsäure

Vitamin C oder L-Ascorbinsäure (AA) ist ein wasserlöslicher für Pflanzen essentieller Pflanzenstoff. In Pflanzen hat das Vitamin C verschiedene Funktionen. Es besitzt eine große antioxidative Pufferkapazität und dient darüber hinaus als Co-Faktor für einige Enzyme. Ascorbinsäure reguliert auch die Zellteilung und das Wachstum und ist bei der Signalübertragung beteiligt. Durch diese unterschiedlichen Funktionen, die das Vitamin übernimmt, können sich schon geringe Schwankungen im Vitamin-C-Gehalt auf die Pflanzengesundheit auswirken (Gallie, 2013).

Da es dem menschlichen Organismus nicht möglich ist, Vitamin C selber zu synthetisieren, ist die Aufnahme über pflanzliche Produkte lebenswichtig.

Vitamin-C-Mangel führt zum Beispiel zu schwachen Knochen, Zahnfleischbluten, Hautverfärbungen aufgrund geplatzter Blutgefäße bis hin zu Skorbut. Wegen der Wichtigkeit der Ascorbinsäure ist der Mensch angewiesen, die Aufnahme über die pflanzliche Ernährung sicher zu stellen. Da insbesondere Obst und Gemüse die Hauptquelle der Vitamin-C-Versorgung darstellen, wird dem Thema in den letzten Jahren große Beachtung geschenkt und es wird versucht, die Ascorbingehalte in Kulturpflanzen zu erhöhen (Gallie, 2013).

## Nitrat

Nitrate sind anorganische Stickstoffverbindungen, die natürlich in Böden vorkommen oder auch durch Düngemittel in den Boden gelangen. Für Pflanzen stellt das Nitrat einen Hauptnährstoff dar, der für das Wachstum essentiell ist. Er wird überwiegend über die Wurzeln aufgenommen und spielt eine wichtige Rolle im Aufbau von organischen Substanzen, wie Proteinen und Nukleinsäuren (AGES, 2019).

Stickstoff wird in Form von Nitrat von den Pflanzen absorbiert. Die Stickstofffixierung ist der wichtigste Weg, um pflanzenverfügbare Nitrate in den Boden zu bringen (Bahadoran et al., 2016).

Bei einem Nitratüberschuss in der Pflanze wird dieses vorwiegend in Stielen, Blattrispen und äußeren Blättern gespeichert. Abhängig von der Pflanzenart findet man große Unterschiede in Aufnahme- und Speicherfähigkeit. Gemüse wie Rucola, Spinat, Rote Rüben, Radieschen und Kohlgemüse können besonders viel Nitrat speichern. Ein entscheidender Faktor, der den Nitratgehalt beeinflusst, ist die Intensität der Sonnenstrahlung. Sonnenlicht und warme Temperaturen fördern den Abbau von Nitrat in Pflanzen, während trockene Bedingungen eine erhöhte Nitratanreicherung zur Folge haben (AGES, 2019).

Nitrat- und Nitrit-Konzentrationen in Gemüse und anderen Nahrungsmitteln sind ein wichtiger Qualitätsindikator aufgrund des großen Einflusses dieser Substanzen

auf die menschliche Gesundheit. Die Toxizität von Nitrat ist relativ gering, jedoch kann eine Umwandlung zum giftigen Nitrit im menschlichen Körper stattfinden. Nitrit ist zehnmal so schädlich wie Nitrat. Da durch die Industrialisierung unserer Gesellschaft und gleichzeitig auch die Intensivierung der Landwirtschaft ein Anstieg an Nitrat in der Umwelt und dadurch auch in Nahrungsmitteln zu beobachten ist, sind hohe Nitratwerte in Gemüse und anderen Lebensmitteln keine Seltenheit (Bahadoran et al., 2016).

## Zucker

Der Zucker ist das Primärprodukt der Photosynthese und hat für die Pflanze unterschiedliche Funktionen. Er dient als Energielieferant und als Transportmolekül von Kohlenstoff sowie als hormonähnlicher Signalüberträger bei der Osmose. Darüber hinaus ist er die Quelle um Proteine, Polysaccharide wie Saccharose und Maltose und Monosaccharide wie Glucose und Fructose aufzubauen. Glucose und Maltose besitzen eine freie Aldehyd-Gruppe, wenn sie in Kettenform vorkommen. Fructose hingegen besitzt eine Keto-Gruppe. Aufgrund dieser Carboxylgruppen reagieren Glucose und Fructose als reduzierende Fraktionen in der Maillard- oder Fehlings-Reaktion. Deshalb spricht man hierbei von reduzierenden Zuckern. Durch die Fehlings-Reaktion lassen sich solche Zucker nachweisen, indem  $\text{Cu}^{2+}$  zu  $\text{Cu}^+$ -Ionen reduziert werden und es zu einem roten Ausfall in der Lösung kommt ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) (Halford et al., 2010).

Aldosen wie Glucose werden zu Carboxylaten, während Ketosen wie Fructose zu Hydroxy-Carboxylaten oxidiert werden. Maltose ist ein Disaccharid, aufgebaut aus zwei Glucose-Einheiten, welche auch reduzierend reagieren, da Maltose auch als offene Kettenform vorliegen kann. Im Gegensatz dazu sind Sucrosen, Disaccharide, zusammengesetzt aus Glucose und Fructose. Trehalose ist ein anderes Disaccharid aus zwei Glucose-Einheiten. Diese sind keine reduzierenden Zucker, da sie aufgrund eines anomeren Kohlenstoffatoms keine offene Kettenform annehmen können (Halford et al., 2010).

In der Artischocke befindet sich ein hoher Gehalt an reduzierenden Zuckern. Vor allem befindet sich im Blütenkopf ein hoher Inulin-Gehalt. Dieser Zucker dient der Artischocke als Kohlenhydratspeicherstoff und wird in den Pflanzenorganen akkumuliert. Inulin ist ein wasserlösliches Polysaccharid, welches in den Vakuolen gespeichert wird. Es zählt zu den Fructose-basierten Polysacchariden, die auch Fructane genannt werden (Portis et al., 2019).

#### **1.5.6. Nutzung der Artischocke in Österreich**

Die Artischocke wird in Österreich noch sehr wenig kultiviert. Die Überwinterung der Kultur erweist sich zur Zeit noch als problematisch. Da die Pflanzen erst im zweiten Standjahr Erntemengen liefern, kann ihr volles Ertragspotential nicht ausgeschöpft werden. Größtenteils beschränkt sich die Verwendung der Artischocke in Österreich zurzeit noch auf die Verarbeitung der Blätter zur pharmazeutischen Nutzung.

Die Familie Theuringer gilt als Vorreiter im Artischockenanbau in Österreich. Der im Marchfeld heimische Betrieb kultiviert jedes Jahr auf rund neun Hektar 30 000 Pflanzen (Teufel, 2018). Hauptsächlich werden zwei Sorten, die als einjährige Kultur geführt werden, angebaut. Eine, die den gesamten Sommer über konstante Erträge liefert und die zweite, wegen der schönen Blüten, die als Dekoration an Cateringfirmen verkauft werden (Hödl, 2011). Hauptkunde ist die heimische Gastronomie. Über den Ab-Hof-Verkauf wird ebenfalls ein Teil vermarktet. Von Mitte Juli bis Oktober kann man am Betrieb in Raasdorf frische Artischocken erwerben (Betriebsgemeinschaft Theuringer, 2018).

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Versuchsaufbau

#### 2.1.1. Standortbeschreibung

Der Anbau der Artischocken (Abb. 2) wurde im Lehr- und Forschungszentrum Jedlersdorf, Wien im Zuge einer Bachelorarbeit durchgeführt. Dafür wurde eine Fläche von 900 m<sup>2</sup> bepflanzt (Universität für Bodenkultur Wien, 2019).

Der Standort Jedlersdorf liegt auf einer Seehöhe von 162 m und hat eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 9,8 °C. Der mittlere Jahresniederschlag bewegt sich zwischen 500-600 mm mit einer durchschnittlichen jährlichen Sonnenscheindauer von 1800 Stunden. Der Boden ist ein sandiger Lehm über Donauschotter mit einem pH-Wert von 7,5 (Universität für Bodenkultur Wien, 2019).

Die ursprünglich vorhandene Schwarzerde in der Niederterrasse der Donau wurde nach einer zwischenzeitlichen Nutzung als Truppenübungsplatz aufgeschüttet. Dadurch entstanden die jetzigen Bodenverhältnisse (Murauer, 2018).

Das Klima ist aufgrund der Lage am westlichen Rand des Pannonikums geprägt durch relativ trockene, warme Sommer und mäßig kalte Winter. Der Versuchsstandort liegt in einer windexponierten Lage (Universität für Bodenkultur Wien, 2019).



Abb. 8: Versuchsfeld in Jedlersdorf (Winter, 2018)

### 2.1.2. Anbau

Die Aufzucht der Jungpflanzen und die Durchführung der Vernalisation sowie die Pflanzung der Artischocken am Feld wurden von Carina Murauder (2018) im Zuge ihrer Bachelorarbeit durchgeführt.

Im Gewächshaus der Universität für Bodenkultur startete der Versuch am 18.04.2018 mit dem Aussäen des Artischockensaatgutes. Danach wurden die Sprösslinge regelmäßig gegossen und gedüngt und die Hälfte der Pflanzen einem Vernalisationsreiz in der Klimakammer ausgesetzt (Murauder, 2018).

Am 05.06.2018 wurde die Hälfte des Feldes in Parzellen von zwei Meter Abstand zueinander mit den jeweiligen Sorten bepflanzt.

Die Pflanzweite betrug 1,0 x 1,5 m. Zusätzlich wurde eine Bewässerung aufgestellt, um das Wachsen der Pflanzen sicher zu stellen. Die freie Fläche zwischen den Einzelpflanzen wurde danach noch mit gehäckseltem *Miscanthus* abgedeckt (Murauder, 2018).

Die andere Hälfte der Jungpflanzen wurde am 05.06.2018 umgetopft, in die Klimakammer gestellt und zwei Wochen später, am 19.06.2018, ebenfalls am Feld ausgesetzt (4 Tage bei 15 °C, 9 Tage 8 °C und am letzten Tag schrittweise auf 27 °C erhöht). Die Pflanzung erfolgte auf dieselbe Weise wie eben beschrieben. Die Jungpflanzen wurden vorübergehend mit kleinen Tontöpfen geschützt, um ein Begraben oder Verletzen durch den später ausgebrachten *Miscanthus* zu verhindern (Murauder, 2018).

### 2.1.3. Sortenbeschreibung

Folgende Sorten wurden für den Versuch angebaut:

Tab. 1: Für den Versuch verwendete Artischockensorten (Murauer, 2018)

Nr.	Züchter	Sorte	Bezeichnung	Samen	Behandlung
1	nunhems	Madrigal,F1	<i>Cynara scolymus</i>	52	unbehandelt
2	Graines Voltz	Amethyste, F1	<i>Cynara scolymus</i>	24	unbehandelt
3	Graines Voltz	Olympus, F1	<i>Cynara scolymus</i>	27	unbehandelt
4	Hild	Opera, F1	<i>Cynara scolymus L.</i>	76	inkrustiert
5	Hild	Opal, F1	<i>Cynara scolymus L.</i>	70	inkrustiert
6	Hild	Symphony, F1	<i>Cynara scolymus L.</i>	75	unbehandelt
7	Graines Voltz	Lancelot, F1	<i>Cynara scolymus</i>	30	unbehandelt
8	Kiepenkerl	Vert de Provence	<i>Cynara scolymus</i>	77	unbehandelt
9	Graines Voltz	Imperial Star	<i>Cynara scolymus</i>	50	unbehandelt
10	Austro Saat	Green Globe	<i>Cynara scolymus L.</i>	184	unbehandelt

**Madrigal F1** ist eine Sorte, die sich für die Vermarktung als Frischware und zur Verarbeitung eignet. Die Pflanze zeichnet sich durch eine etwas spätere Reife aus und wird im Frühjahr geerntet (Nunhems Netherlands B.V., 2018).

**Amethyste F1** ist eine sehr homogene Sorte mit großen geschlossenen Köpfen ohne Stacheln. Die Pflanze ist sehr produktiv und eignet sich hervorragend für die kommerzielle Nutzung (Graines Voltz, 2018).

**Olympus F1** ist eine Hybridvariante der Sorte Violet de Provence. Diese Pflanze liefert regelmäßige Erträge und zeichnet sich durch ihre hohe Produktivität aus (Graines Voltz, 2018).

**Opera F1** ist eine sehr homogene, frühreifende Sorte mit purpurnen Knospen. Diese Pflanze eignet sich vor allem für die Produktion qualitativ hochwertiger Blütenköpfe für die Frischvermarktung und auch zur Blütenproduktion. Die Knospen besitzen eine breite Knospenbasis mit straff aufrechtem Wuchs (HILD Samen GmbH, s.a.).

**Opal F1** ist eine sehr frühreifende, uniforme Sorte mit purpurfarbenen, konischen, großen Blütenköpfen. Der Pflanzenaufbau ist sehr aufrecht und die Pflanze liefert sehr hohe und konstante Erträge (HILD Samen GmbH, s.a.).

**Symphony F1** ist eine sehr frühreifende Sorte, die schon Anfang März geerntet werden kann. Diese Pflanze bildet große Blütenköpfe mit grünen Kelchblättern. Der aufrechte Pflanzenwuchs erleichtert die Kulturführung und fördert auch die Pflanzengesundheit (HILD Samen GmbH, s.a.).

**Lancelot F1** ist eine Hybridsorte vom Typ der grünen Artischocke und bringt kräftige, verzweigte Pflanzen hervor. Sie ist sehr produktiv und bildet sehr große Blütenknospen, deshalb ist auch eine annuelle Produktion dieser Sorte möglich. Die Aussaat kann von Mitte Februar bis Mitte April erfolgen (Graines Voltz, 2018).

**Vert de Provence** ist eine Sorte, die für die Gemüseproduktion verwendet wird. Die Pflanze ist starkwüchsig und bildet grüne Blütenknospen (Bruno Nebelung GmbH, 2019).

**Imperial Star** kann schon im ersten Jahr Erträge liefern. Diese Sorte besitzt kugelförmige Knospen (Graines Voltz, 2018).

Die Sorte **Green Globe** bildet eine kleine globusartige Blattrosette mit, wie der Name schon verrät, grünen Blütenknospen, die als Gemüse oder auch als Zierpflanze verwendet werden können (AUSTROSAAT, 2015).

## **2.2. Probenmaterial**

Die Ernte der ersten Hälfte des Probenmaterials erfolgte am 09.10.2018. Dabei wurden von jeder Sorte vier Artischockenblätter von verschiedenen Einzelpflanzen aus der Mitte herausgeschnitten. Anschließend wurden die Blätter zerkleinert, das Material durchgemischt, in Säckchen zu je 100g abgefüllt und eingefroren. Die Ernte der zweiten Hälfte erfolgte am 15.10.2018, dabei wurden die Blätter der kältebehandelten Pflanzen gepflückt und genauso wie zuvor zerkleinert, in Säckchen abgefüllt und für die spätere Verwendung eingefroren.

Nach der Probenziehung wurde die Hälfte der geernteten Blätter gefriergetrocknet und anschließend zu feinem Pulver vermahlen. Die andere Hälfte wurde als Frischmasse aufbewahrt. Vor der Herstellung der Extraktionen wurden die Frischmasseproben noch weiter zerkleinert, um das Material besser nützen zu können.

## **2.3. Methoden**

### **2.3.1. Aufbereitung der Proben zur Analyse**

Die Aufbereitung der Proben erfolgte auf zwei unterschiedliche Arten. Es wurden als Lösungsmittel Ethanol und deionisiertes Wasser verwendet.

Für die Extraktion mit Ethanol wurden von den gefriergetrockneten und frischen Proben jeweils 1 g eingewogen und mit 20 ml Ethanol versetzt. Danach wurden die Proben zunächst für 15 Minuten geschüttelt und dann 15 Minuten lang bei 10.000 U/min und 4 °C zentrifugiert und anschließend zur weiteren Aufbewahrung abgefüllt.

Für die Extraktion mit deionisiertem Wasser wurden von den Proben 10 g abgewogen und mit 200 ml Reinstwasser versetzt. Danach erfolgten die gleichen Schritte wie zuvor bei der Ethanolextraktion. Die fertigen Extraktionen wurden bis zum weiteren Gebrauch gefroren bei -60 °C aufbewahrt, um den Abbau der gelösten Stoffe zu verhindern.

### **2.3.2. Photometrische Messungen**

#### Chlorophyll und Carotinoide

Für die Messung des Chlorophylls und Carotinoid-Gehalts wurde das zuvor hergestellte Ethanolextrakt verwendet (Sumanta et al., 2014). Die gefriergetrockneten Proben wurden mit einer Verdünnung von 1:10 gemessen. Für die Rohmasse wurde eine 1:6 Verdünnung verwendet. Die verdünnten Proben wurden dann mit dem Photometer bei den Wellenlängen 470 nm, 653 nm und 666 nm gemessen.

#### Anthocyane

Für die Messung der Anthocyane nach Keutgen und Pawelzik (2007) wurden die Ethanolextraktionen der gefriergetrockneten Proben 1:1 verdünnt, bei den Frischmasseproben war keine zusätzliche Verdünnung erforderlich. Die Proben wurden mit Kaliumchlorid (pH=1) und Natriumacetat (pH=4,5) in einem Verhältnis von 80:20 gemischt und nach einer Wartezeit von 15 Minuten mit dem Photometer bei den Wellenlängen 520 nm, 676 nm und 700 nm gemessen.

#### Antioxidative Kapazität

Für die Messung der antioxidativen Kapazität wurde zunächst eine FRAP-Lösung (Keutgen und Pawelzik, 2007), bestehend aus Acetat Puffer, TPTZ-Lösung und Eisenchloridlösung hergestellt. Die Extraktionen mit Ethanol wurden hierfür verwendet. Die Proben wurden mit der FRAP-Lösung versetzt und danach für 4 Minuten bei 37°C ins Wasserbad gestellt (Abb. 3 & 4). Anschließend wurden die Probenlösungen mit dem Photometer bei einer Wellenlänge von 593 nm gemessen. Dafür mussten die gefriergetrockneten Proben 1:5 verdünnt werden, während bei den Frischmasseproben keine zusätzliche Verdünnung notwendig war.

## Gesamt- und reduzierende Zucker

Für die Bestimmung des Gesamtzuckers und der reduzierenden Zucker wurde eine D-Glucosestammlösung und Farbreagenz (DNP) hergestellt (Poberežny et al., 2012). Die Farbreagenz wurde aus einer Lösung mit 2,4-Dinitrophenol gelöst in 5% Natronlauge und einer Lösung mit Kaliumnatriumtartrat gelöst in deionisiertem Wasser hergestellt. Für die Messung des Gesamt- und reduzierenden Zuckers wurden die Extraktionen mit Reinstwasser verwendet.

Für die photometrische Bestimmung des reduzierten Zuckers wurden die Proben mit der DNP-Farbreagenz versetzt und danach 10 Minuten bei 81°C im Wasserbad inkubiert. Danach wurden die Proben mit dem Photometer bei 600 nm gemessen. Die Rohmasseproben wurden im Verhältnis 1:5 verdünnt, die gefriergetrockneten Proben im Verhältnis 1:25.

Für die Messung des Gesamtzuckers wurden die Proben zunächst mit deionisiertem Wasser verdünnt (gefriergetrocknete Proben 1:20, Frischmasseproben 1:10) und mit konzentrierter HCL versetzt. Danach wurden die Proben bei 81°C eine halbe Stunde ins Wasserbad gestellt (Abb. 3) und anschließend mit konzentrierter Natronlauge in den basischen Reaktionsbereich gebracht. Zu diesen Proben wurde dann die DNP-Farbreagenz hinzugegeben und danach wurden sie noch einmal bei 81°C für 10 Minuten im Wasserbad inkubiert (Abb. 4). Anschließend wurden die Proben mit dem Photometer bei 600 nm gemessen. Die Rohmassen wurden unverdünnt verwendet, bei den gefriergetrockneten wurde eine 1:1 Verdünnung vorgenommen.



Abb. 9: Proben vor dem Wasserbad (Winter, 2019)

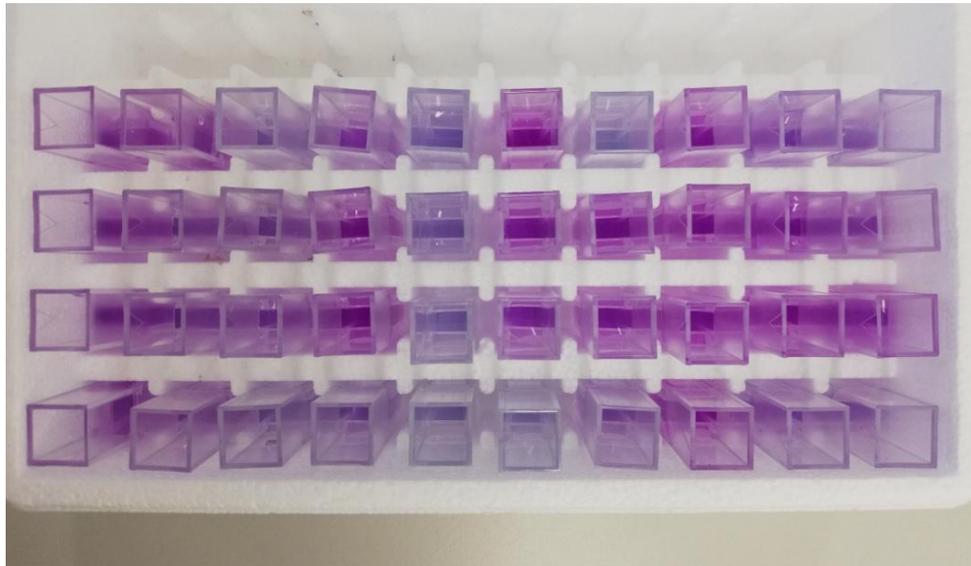


Abb. 10: Proben nach dem Wasserbad (Winter, 2019)

## Nitrat

Für die Nitrat-Messung wurden zunächst folgende Lösungen hergestellt: Nitrat-Stammlösung und Nitrat-Gebrauchslösung, Vanadium(III)chlorid-Lösung, Mischreagenz Nitrat bestehend aus Sulfanilsäurelösung und N-(1-Naphtyl)ethylendiamin-dihydrochlorid-Lösung.

Die Proben mit deionisiertem Wasser wurden zunächst mit der Vanadium(III)chlorid-Lösung und der Mischreagenz versetzt. Danach wurden die Kulturröhrchen 30 Minuten lang bei 37°C im Wasserbad inkubiert und anschließend mit dem Photometer bei einer Wellenlänge von 540 nm gemessen (Abb. 5). Bei den gefriergetrockneten Proben wurde eine Verdünnung von 1:100 verwendet, bei den Rohmasseproben eine Verdünnung von 1:50.



**Abb. 11: Küvetten für die Messung des Nitrates im Photometer (Winter, 2019)**

## Ascorbinsäure

Für die Messung der Ascorbinsäure nach Kapur et al. (2012) wurde zunächst eine Extraktion der Proben mit Metaphosphorsäure hergestellt. Dafür wurde 1 g der Proben eingewogen und mit 20 ml Metaphosphorsäure versetzt. Nach 15 Minuten Schütteln der Proben wurde die Suspension filtriert und in 25 ml Maßkolben überführt und bis zur Ringmarke aufgefüllt.

Für die Messung wurden die Proben dann mit 3%igem Bromwasser zur Oxidation der Ascorbinsäure zu Dehydroascorbinsäure versetzt. Danach wurde zu den Proben 10%ige Thio-Urealösung beigefügt, um das Brom wieder zu entfernen. Anschließend wurden die Proben mit einer 2,4-Dinitrophenylhydrazinlösung versetzt. Die Probenlösung wurde danach für drei Stunden konstant bei 37°C im Wasserbad inkubiert. Anschließend wurden die Proben abgekühlt und 85% Schwefelsäure hinzugefügt und mit dem Photometer bei einer Wellenlänge von 521 nm gemessen (Abb. 6). Die Proben wurden für die Messung zuvor in einem Verhältnis von 1:5 verdünnt.

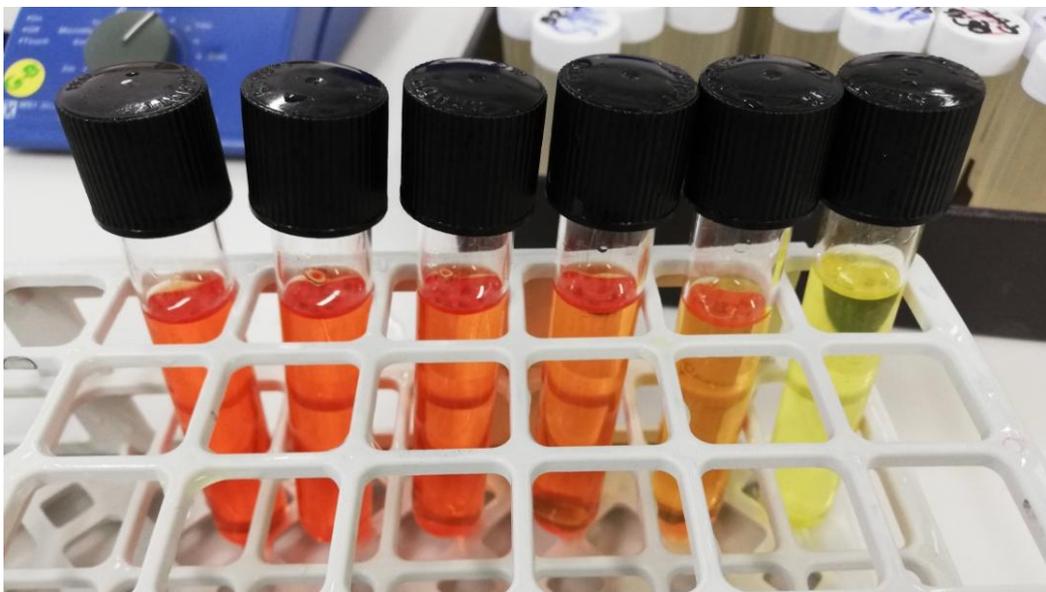


Abb. 12: Standardgerade für die Vitamin C Messung (Winter, 2019)

### **2.3.3. Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Programms SPSS Statistics von der Softwarefirma IBM. Als erster Schritt wurden die Daten mit den Tests nach Kolmogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk auf Normalverteilung geprüft. Die Varianzhomogenität wurde mit dem Levene-Test untersucht. Da nicht alle Ergebnisse eine Varianzhomogenität und Normalverteilung aufwiesen, wurden verschiedene Verfahren angewendet. Die Auswertung der varianzhomogenen und normalverteilten Daten erfolgte mittels einfaktorieller Varianzanalyse mit dem Tukey-Test als Post-Hoc-Test. Um die nicht varianzhomogenen, aber normal verteilten Daten auszuwerten, kam der Dunnett'sT3-Test zur Anwendung. Da einige Ergebnisse weder eine Varianzhomogenität noch eine Normalverteilung zeigten, kam der Kruskal-Wallis-Test zum Einsatz.

Des Weiteren wurde versucht, Sorteneffekte und Behandlungseffekte festzustellen. Die Sorteneffekte wurden mittels einfaktorieller Varianzanalyse überprüft. Für die Auswertung der Behandlungseffekte wurde Microsoft Office Excel 2007 verwendet. Hierbei wurde ein F-Test durchgeführt, um die Varianzhomogenität zu testen und danach ein T-Test angewendet. Für die grafische Darstellung der Ergebnisse wurde ebenfalls mit Excel gearbeitet.

Mithilfe des Programms SPSS wurde auch eine Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Trockenmasse

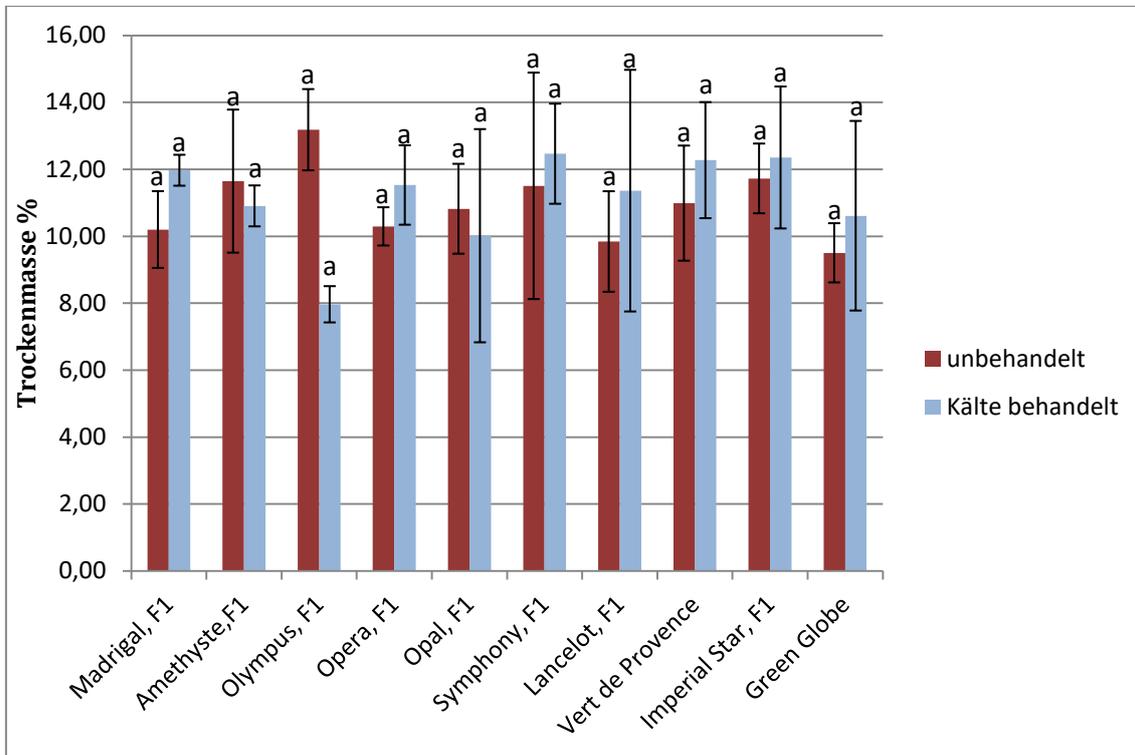


Abb. 13 Gehalte an Trockenmasse der verschiedenen Artischockensorten in % (Signifikanz nach dem Dunnett's T3 Test bei  $P \geq 0,05$  und  $n=80$ )

Die Trockenmasse wies nach dem Levene-Test keine Varianzhomogenität auf, dafür aber eine Normalverteilung laut dem Shapiro-Wilk-Test. Auf Basis dessen wurde eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt, mittels welcher aber keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden konnten. Der höchste und niedrigste Wert wurde bei der Sorte 'Olympus', F1 gemessen. Die unbehandelte Variante hat einen Trockenmassegehalt von 13,18% mit einer SD von  $\pm 1,21\%$ , während die kältebehandelte Variante bei einem Trockenmassegehalt von 7,97% mit einer SD von  $\pm 0,54\%$  liegt.

### 3.2. Antioxidative Kapazität gemessen als FRAP

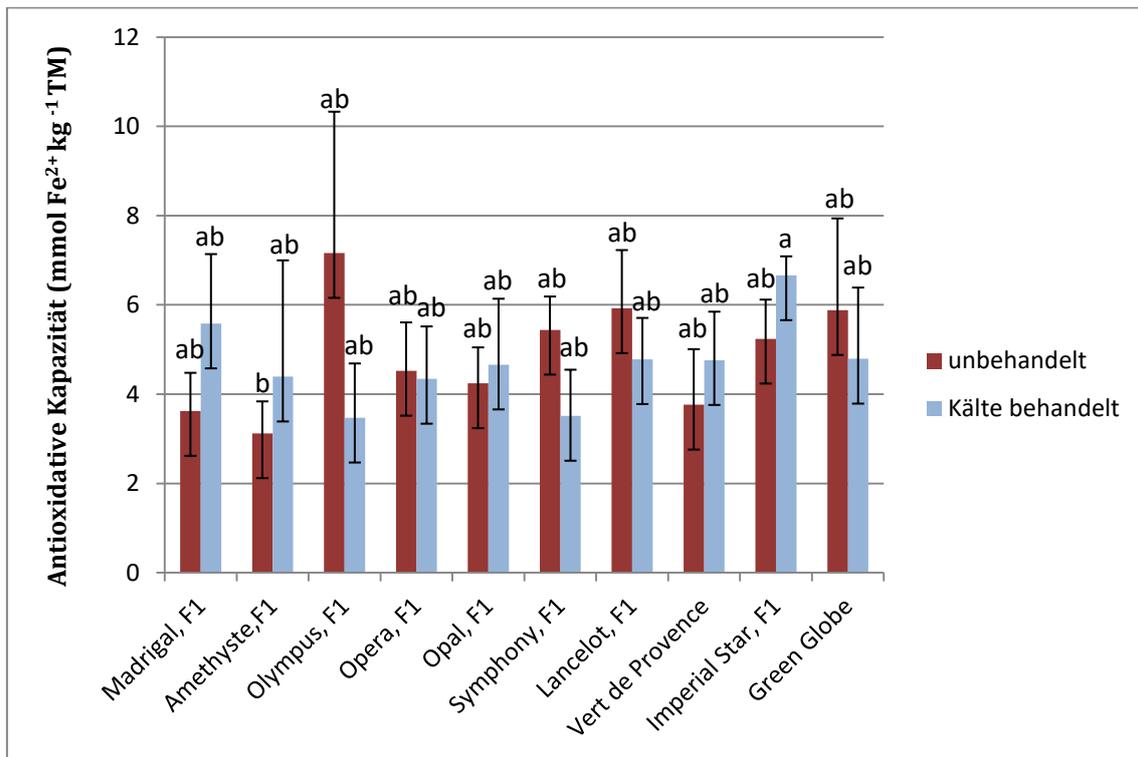


Abb. 14: Antioxidative Kapazität FRAP der verschiedenen Artischockensorten in  $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1} \text{ TM}$  (Signifikanz nach dem Mann-Whitney-U Test bei  $P \geq 0,05$  und  $n=80$ )

Die Werte der antioxidativen Kapazität wiesen keine Normalverteilung, aber dafür eine Varianzhomogenität auf. In Folge dessen wurde hier zunächst der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt und anschließend der Mann-Whitney-U-Test mit der Bonferroni-Korrektur zur statistischen Auswertung angewendet.

Eine durchgeführte ANOVA konnte keine signifikanten Unterschiede der Sorten und Behandlungen feststellen.

Es unterscheidet sich lediglich der kleinste gemessene Wert, der im Mittel  $3,12 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$  mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,72 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$  beträgt und bei der unbehandelten Sorte 'Amethyste F1' festgestellt wurde, signifikant von dem größten Wert von  $6,66 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ , mit einer SD von  $\pm 0,43 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$  der bei der kältebehandelten Sorte 'Imperial Star' nachgewiesen wurde.

### 3.3. Chlorophylle

#### Chlorophyll A

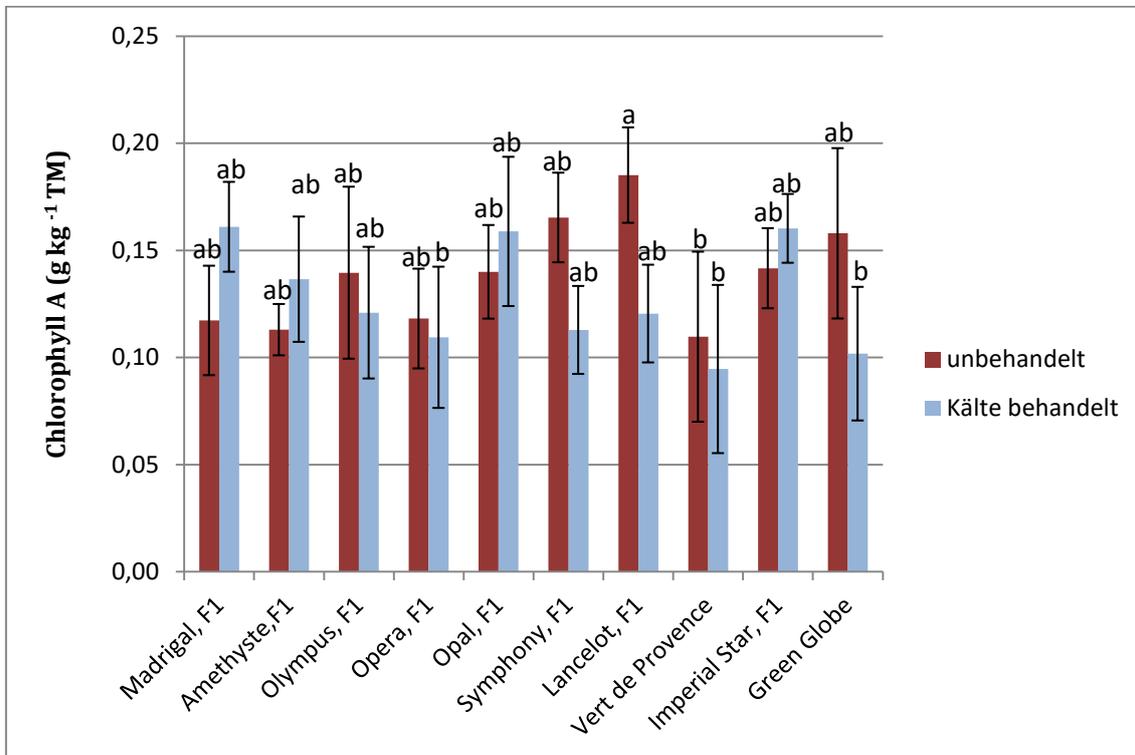


Abb. 9 : Chlorophyll A Gehalte der verschiedenen Artischockensorten in g kg<sup>-1</sup> TM (Signifikanz nach dem Tukey Test bei P ≥ 0,05 und n=80)

Die Daten des Chlorophyll A wiesen laut Levene-Test eine Varianzhomogenität und laut dem Shapiro-Wilk-Test eine Normalverteilung auf und konnten deshalb mithilfe einer ANOVA und dem Tukey-Test ausgewertet werden. Eine anschließend durchgeführte mehrfaktorielle ANOVA konnte aber weder Sortenunterschiede, noch Behandlungsunterschiede feststellen.

Es unterscheidet sich lediglich 'Lancelot F1' unbehandelt mit einem Wert von 0,19 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ± 0,02 g kg<sup>-1</sup> TM, von den Sorten 'Vert de Provence' unbehandelt mit 0,11 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ± 0,04 g kg<sup>-1</sup> TM, 'Vert de Provence' behandelt mit 0,09 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ± 0,04 g kg<sup>-1</sup> TM und 'Green Globe' kältebehandelt mit 0,10 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ± 0,03 g kg<sup>-1</sup> TM. Dies liegt aber nur an den großen Unterschieden beim gemessenen Chlorophyll. Es handelt sich dabei um den größten und kleinsten gemessenen Wert.

## Chlorophyll B

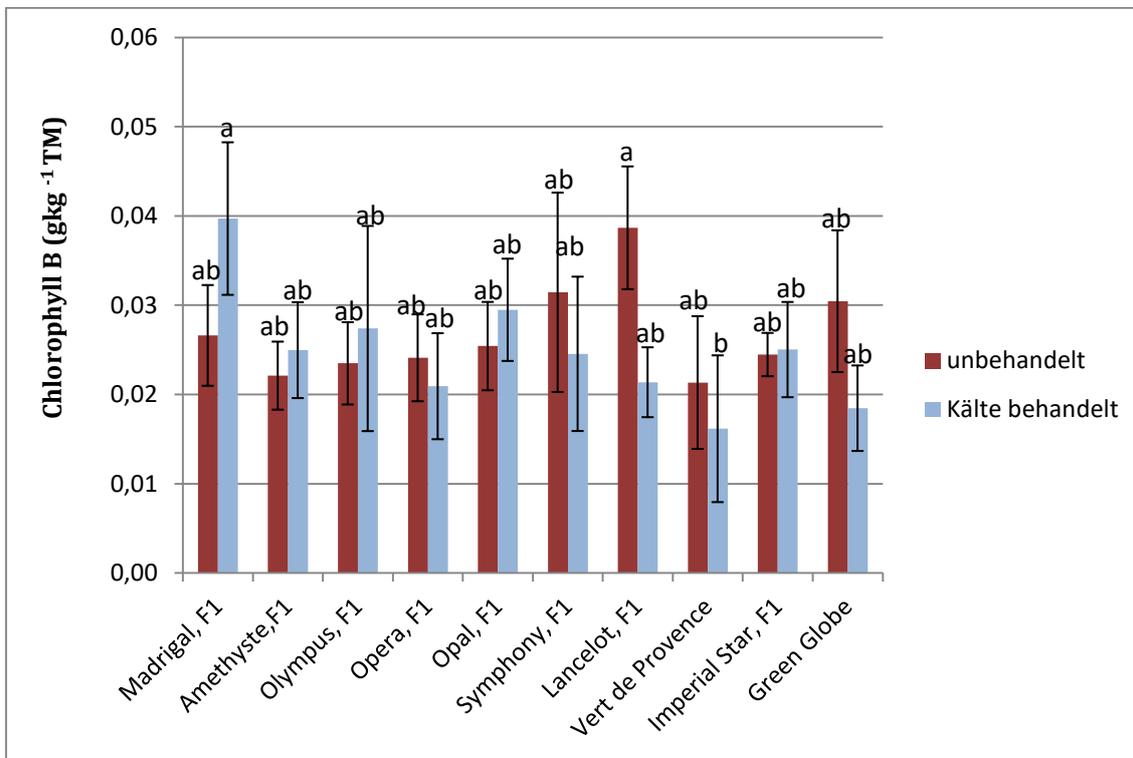


Abb. 10: Chlorophyll B Gehalte der verschiedenen Artischockensorten in g kg<sup>-1</sup> TM (Signifikanz nach dem Tukey Test bei P ≥ 0,05 und n=80)

Da die Daten des Chlorophyll B zwar laut Levene-Test eine Varianzhomogenität, aber laut Shapiro-Wilk Test keine Normalverteilung aufwiesen, wurden die Daten transformiert. Danach wiesen die Daten eine Normalverteilung auf und konnten mit einer ANOVA und dem Tukey-Test ausgewertet werden. Anschließend wurde eine mehrfaktorielle ANOVA durchgeführt. Hierbei konnten beim Chlorophyll B jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen Sorte und Behandlungen nachgewiesen werden.

Die Chlorophyll B-Gehalte der Sorte 'Madrigal F1' kältebehandelt (0,04 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ±0,009 g kg<sup>-1</sup> TM) und der Sorte 'Lancelot F1' unbehandelt (0,039 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ±0,007 g kg<sup>-1</sup> TM) unterscheiden sich signifikant von der kältebehandelten Variante der Sorte 'Vert de Provence' (0,016 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ±0,008 g kg<sup>-1</sup> TM).

## Gesamtchlorophyll

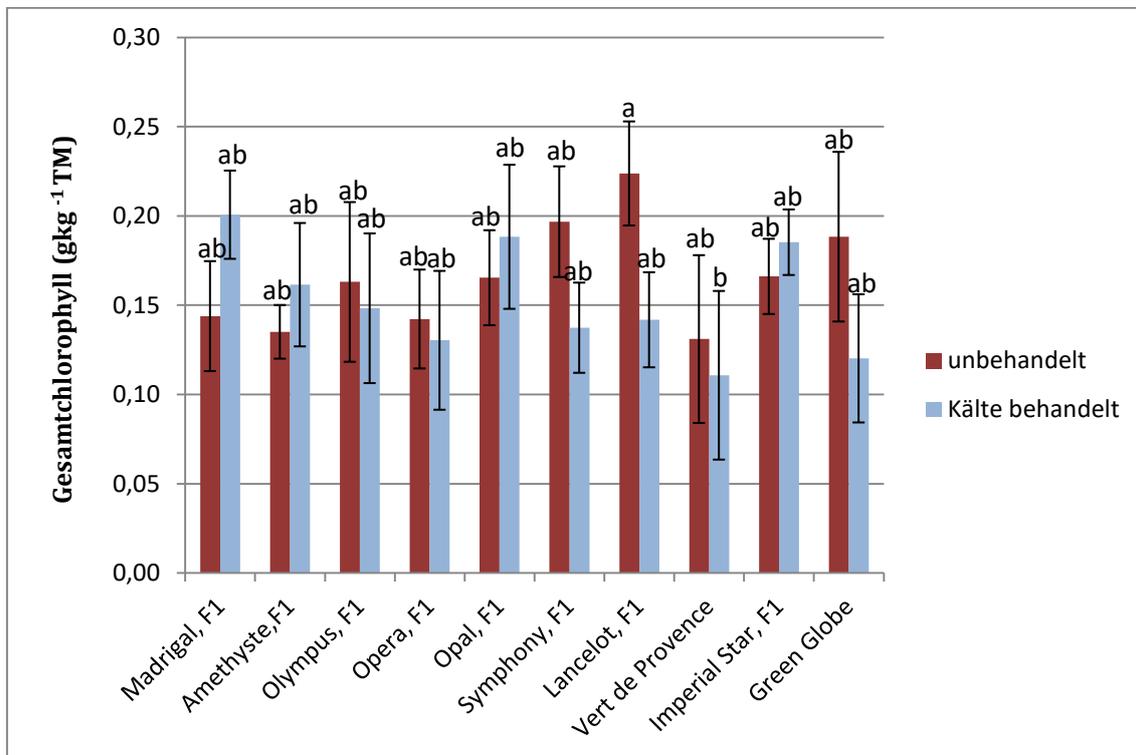


Abb. 11: Gesamtchlorophyllgehalte der verschiedenen Artischockensorten in g kg<sup>-1</sup> TM (Signifikanz nach dem Tukey Test bei P ≥ 0,05 und n=80)

Das Gesamtchlorophyll konnte aufgrund der Varianzhomogenität laut Levene-Test und der normalen Verteilung laut Shapiro-Wilk-Test mit einer ANOVA und dem Tukey-Test statistisch ausgewertet werden.

Dabei bringt das Gesamtchlorophyll lediglich einen signifikanten Unterschied zwischen dem höchsten Wert von 0,22 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD von ±0,03 g kg<sup>-1</sup> TM bei der Sorte 'Lancelot F1' unbehandelt und dem kleinsten Wert von 0,11 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ±0,05 g kg<sup>-1</sup> TM bei der Sorte 'Vert de Provence' kältebehandelt hervor. Eine anschließende mehrfaktorielle ANOVA konnte keine signifikanten Unterschiede zwischen Sorte und Behandlung feststellen.

### 3.4. Carotinoide

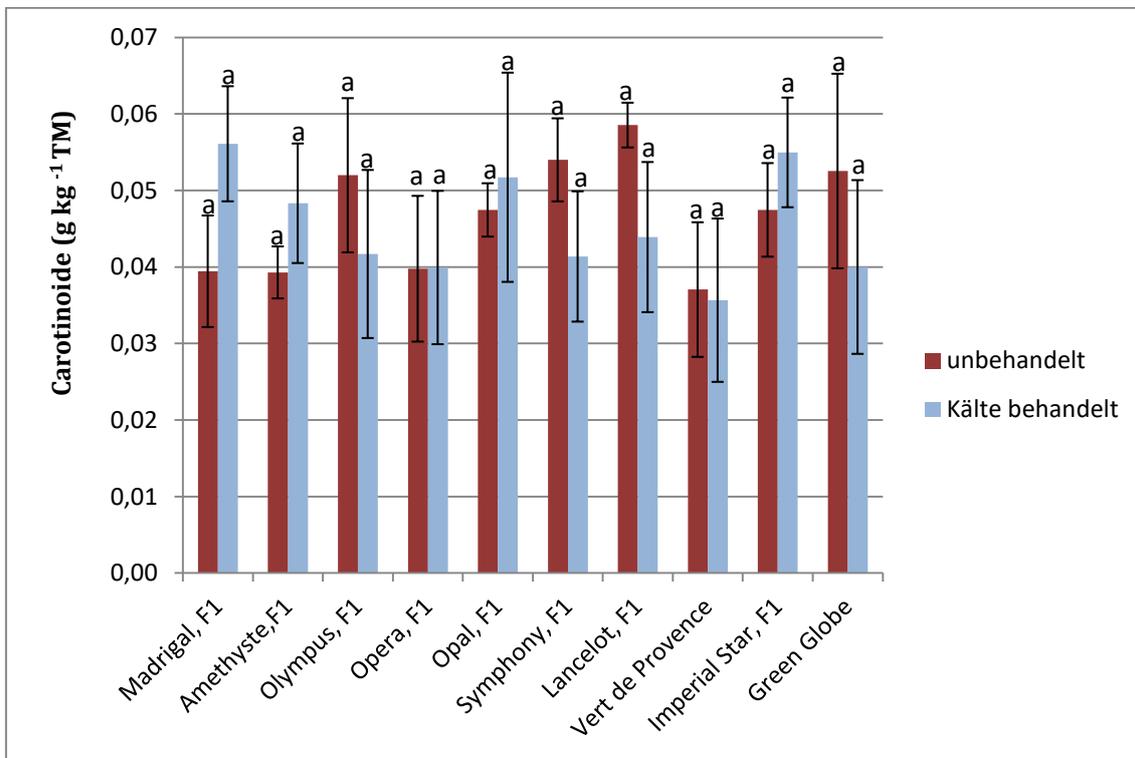


Abb. 12: Carotinoidgehalte der verschiedenen Artischockensorten in g kg<sup>-1</sup> TM (Signifikanz nach dem Tukey Test bei P ≥ 0,05 und n=80)

Die statistische Auswertung ergab bei den Carotinoidgehalten keine signifikanten Unterschiede von Sorte und Behandlung. Da die Werte laut Levene-Test eine Varianzhomogenität und laut Shapiro-Wilk-Test eine Normalverteilung aufwiesen, wurden diese mit einer ANOVA und dem Tukey-Test ausgewertet.

Die Messungen befinden sich in einem Bereich von 0,06 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ±0,003 g kg<sup>-1</sup> TM ('Lancelot F1' unbehandelt) und 0,04 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ±0,01 g kg<sup>-1</sup> TM ('Vert de Provence' kältebehandelt).

### 3.5. Anthocyane

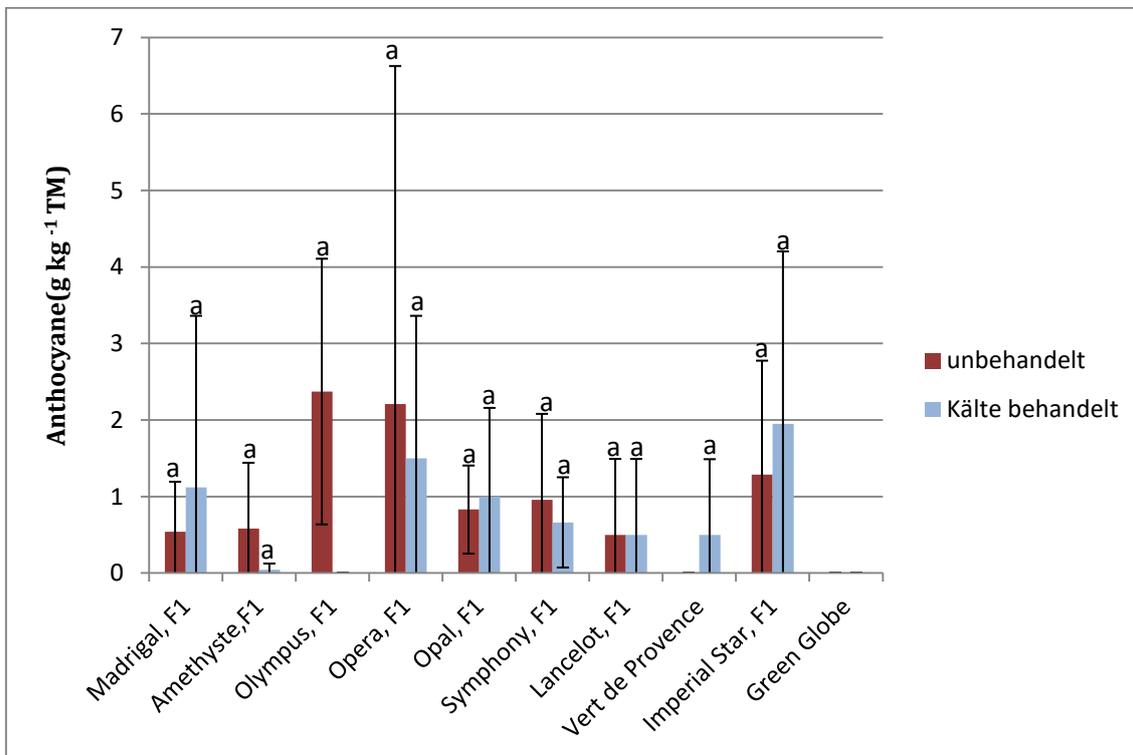


Abb. 13: Anthocyan-Gehalte der verschiedenen Artischockensorten in g kg<sup>-1</sup> TM) (Signifikanz nach dem Kruskal-Wallis-Test bei P ≥ 0,05 und n=80)

Die Messdaten der Anthocyane wiesen nach Shapiro-Wilk-Test keine Normalverteilung und nach Levene-Test keine Varianzhomogenität auf. Deshalb wurde hier der Kruskal-Wallis-Test verwendet, es konnte jedoch kein ausreichendes Signifikanzniveau erreicht werden. Das Ergebnis brachte hier also keine Unterschiede zwischen Sorte und Behandlung.

Der höchste Gehalt wird bei der unbehandelten Variante von 'Olympus F1' mit 2,37 g kg<sup>-1</sup> TM mit einer SD von ±1,74 g kg<sup>-1</sup> TM gemessen. Der kleinste gemessene Wert wird bei der Sorte 'Amethyste F1' kältebehandelt mit 0,04 g kg<sup>-1</sup> TM und SD von ±0,08 g kg<sup>-1</sup> TM festgestellt. Bei den Sorten 'Olympus F1' kältebehandelt, 'Vert de Provence' unbehandelt und 'Green Globe' konnten keine Anthocyane gemessen werden.

### 3.6. Ascorbinsäure

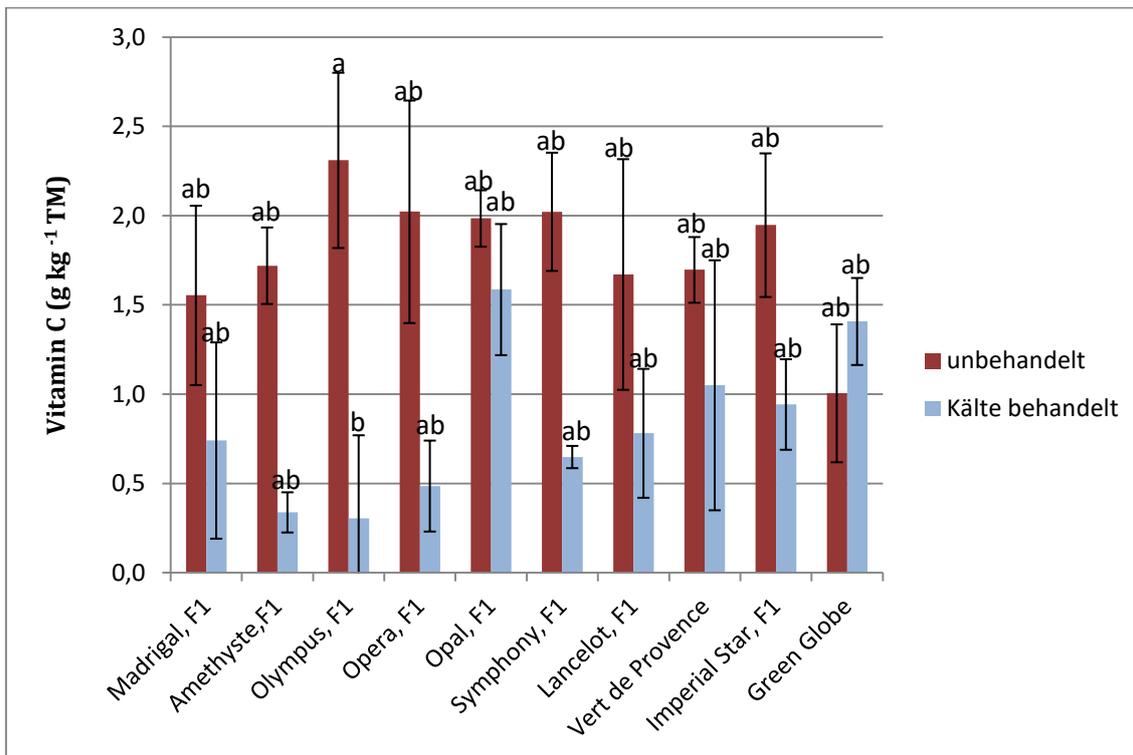


Abb.14 : Vitamin-C-Gehalt der verschiedenen Artischockensorten in g kg<sup>-1</sup> TM (Signifikanz nach dem Tukey Test bei P ≥ 0,05 und n=80)

Die Auswertung des Ascorbinsäuregehaltes erfolgte aufgrund der Normalverteilung nach Shapiro-Wilk und der fehlenden Varianzhomogenität nach dem Levene-Test mit einer ANOVA und anschließendem Tukey-Test. Bei der Analyse wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten und Behandlungen festgestellt.

Die beiden Werte der Sorte 'Olympus F1' unterscheiden sich signifikant. Es handelt sich hier um die Werte mit den größten Unterschieden. Der unbehandelte Wert beträgt 2,31 g kg<sup>-1</sup> TM mit einer SD von ±0,49 g kg<sup>-1</sup> TM, während der kältebehandelte Wert 0,30 g kg<sup>-1</sup> TM mit einer SD von ±0,47 g kg<sup>-1</sup> TM ergibt.

### 3.7. Nitrat

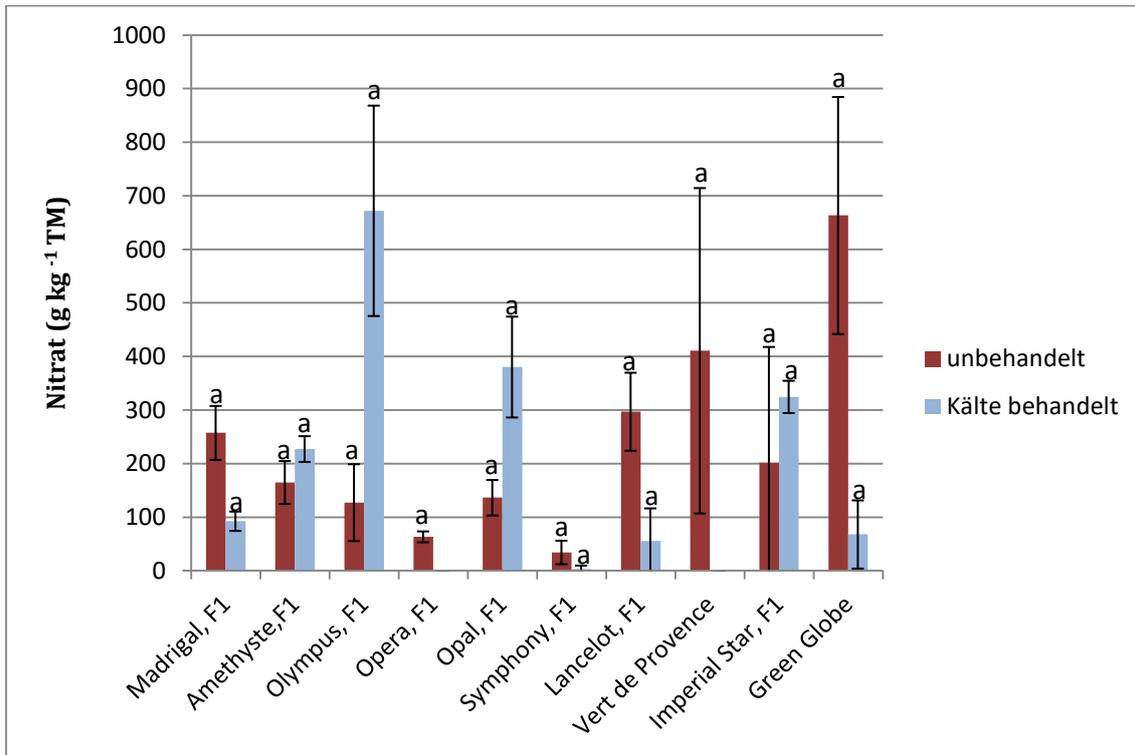


Abb. 15: Nitratgehalte der verschiedenen Artischockensorten in g kg<sup>-1</sup> TM (Signifikanz nach dem Kruskal-Wallis-Test bei P ≥ 0,05 und n=80)

Die Werte des Nitrats waren nicht varianzhomogen und zeigten keine Normalverteilung. Deshalb wurde ein Kruskal-Wallis-Test zur statistischen Auswertung durchgeführt. Durch die Bonferroni Korrektur und des geringen Stichprobenumfanges ließ sich hier das erforderliche Signifikanzniveau aber nicht erreichen. Daher konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Sorte und Behandlung festgestellt werden.

Die höchsten Werte werden bei 'Olympus F1' kältebehandelt (672,11 g kg<sup>-1</sup> TM mit einer SD von ±196,36 g kg<sup>-1</sup> TM) und 'Green Globe' unbehandelt (663,35 g kg<sup>-1</sup> TM mit einer SD von ±221,27 g kg<sup>-1</sup> TM) festgestellt. Bei den Sorten 'Opera' und 'Vert de Provence', kann bei den kältebehandelten Varianten überhaupt kein Nitrat nachgewiesen werden.

### 3.8. Gesamtzucker

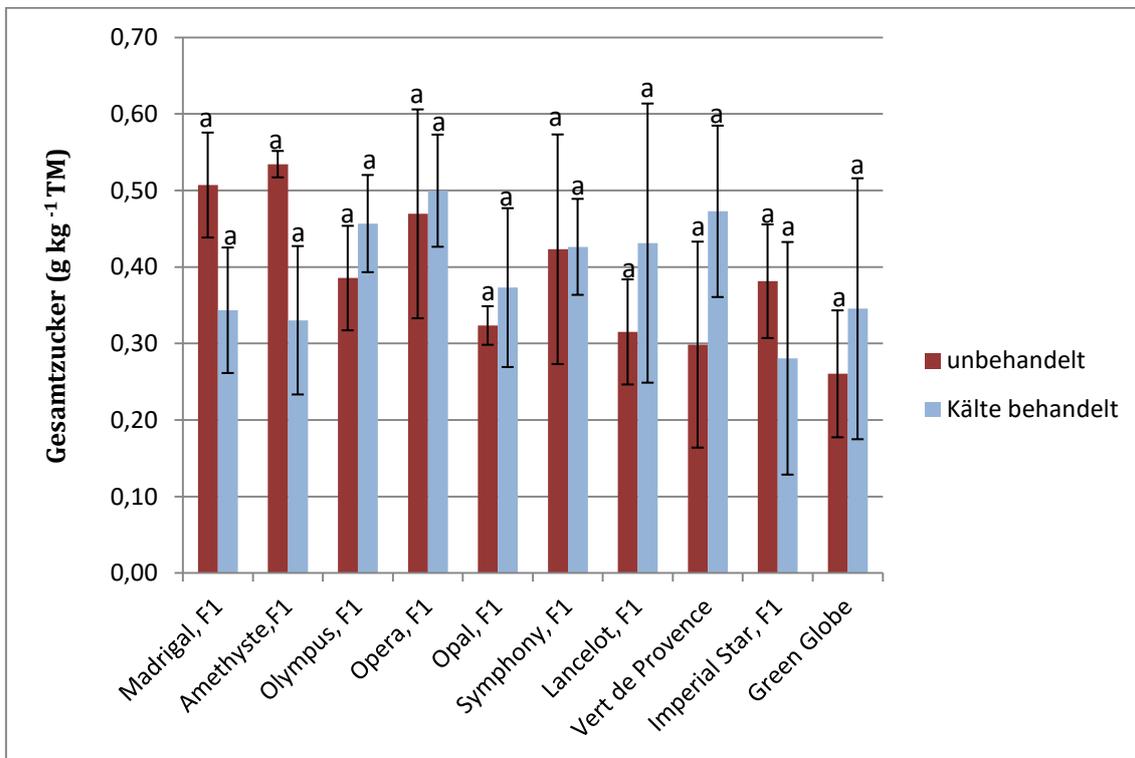


Abb. 16: Gesamtzuckergehalte der verschiedenen Artischockensorten in g kg<sup>-1</sup> TM (Signifikanz nach dem Dunnett's T3 Test bei P ≥ 0,05 und n=80)

Die Messdaten des Gesamtzuckers wurden zunächst mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung und mit dem Levene-Test auf Varianzhomogenität getestet. Da die Werte keine Varianzhomogenität, jedoch eine Normalverteilung aufwiesen, wurde in Folge dessen eine ANOVA mit dem Dunnett's-T3-Test durchgeführt. Beim Gesamtzuckergehalt konnten dabei keine signifikanten Unterschiede zwischen Sorte und Behandlung festgestellt werden.

Die gemessenen Werte lagen im Mittel zwischen 0,53 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD von ±0,02 g kg<sup>-1</sup> TM ('Amethyste F1' unbehandelt) und 0,26 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD ±0,08 g kg<sup>-1</sup> TM ('Green Globe' unbehandelt).

### 3.9. Reduzierende Zucker

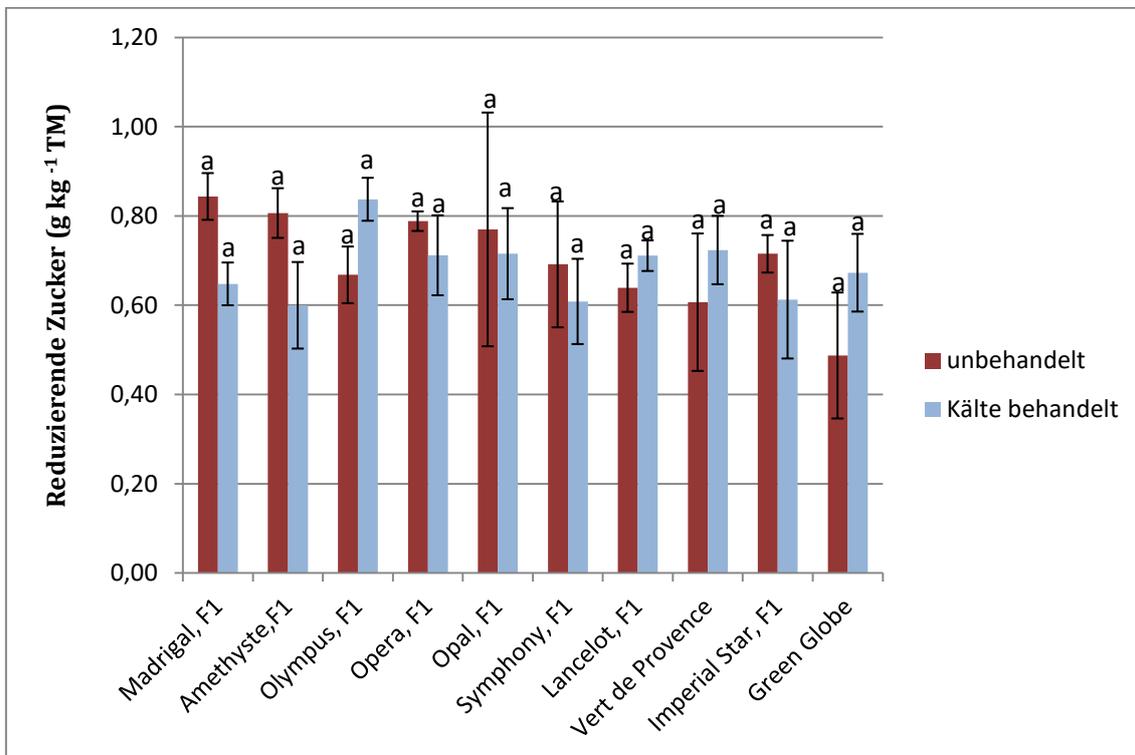


Abb. 17: Reduzierende Zucker-Gehalte der verschiedenen Artischockensorten in g kg<sup>-1</sup> TM (Signifikanz nach dem Tukey Test bei P ≥ 0,05 und n=80)

Die Auswertung des reduzierenden Zuckers mit dem Levene-Test ergab keine Varianzhomogenität, jedoch wies der Shapiro-Wilk-Test eine Normalverteilung nach. Daraufhin wurde eine ANOVA mit Dunnett's-T3-Test gewählt mit anschließendem Tukey-Test. Es konnten dabei keine signifikanten Unterschiede zwischen Sorte und Behandlung festgestellt werden.

Die Werte liegen alle sehr nah beieinander. Der höchste Wert beträgt 0,84 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD von ±0,05 g kg<sup>-1</sup> TM ('Madrigal F1' unbehandelt). Der kleinste Wert wird mit 0,49 g kg<sup>-1</sup> TM mit SD von ±0,14 g kg<sup>-1</sup> TM bei der Sorte 'Green Globe' unbehandelt nachgewiesen.

### 3.10. Behandlungseffekte

Tab. 2: Behandlungseffekte (F-Test > 0.05 heißt Varianzhomogenität)

	TM%	Antiox. Kap. mmol Fe <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup>	Chl A g kg <sup>-1</sup> TM	Chl B g kg <sup>-1</sup> TM	Chl.ges. g kg <sup>-1</sup> TM	Carotinoide g kg <sup>-1</sup> TM
unbehandelt	10,97	4,89	0,14	0,03	0,17	0,05
SD	1,80	1,77	0,03	0,01	0,04	0,01
behandelt	11,14	4,69	0,13	0,02	0,15	0,05
SD	2,25	1,53	0,03	0,01	0,04	0,01
F-Test	0,169	0,366	0,937	0,319	0,888	0,484
t-Test	0,704	0,596	0,155	0,282	0,163	0,555

Tab. 3: Behandlungseffekte (F-Test > 0.05 heißt Varianzhomogenität)

	Anthocyane g kg <sup>-1</sup> TM	Vitamin C g kg <sup>-1</sup> TM	Red. Zucker g kg <sup>-1</sup> TM	Zucker ges. g kg <sup>-1</sup> TM	Nitrat mg/kg TM
unbehandelt	0,93	1,79	0,70	0,39	235,73
SD	1,68	0,51	0,15	0,12	219,29
behandelt	0,73	0,83	0,68	0,40	182,40
SD	1,32	0,53	0,10	0,12	221,89
F-Test	0,135	0,770	0,023	0,875	0,942
t-Test	0,554	0,000	0,539	0,824	0,283

Die Berechnung der Behandlungseffekte (Tab.2 und 3) ergab einen signifikanten Einfluss der Kältebehandlung auf den Ascorbinsäuregehalt. Bei den anderen untersuchten Parametern konnten keine signifikanten Effekte beobachtet werden.

Die unbehandelte Variante des Ascorbinsäuregehalts liegt im Mittel bei 1,79 g kg<sup>-1</sup> TM mit einer Standardabweichung von ± 0,51 g kg<sup>-1</sup> TM, während die kältebehandelte Variante im Mittel einen Wert von 0,83 g kg<sup>-1</sup> TM mit einer Standardabweichung von ± 0,53 g kg<sup>-1</sup> TM aufweist.

### 3.11. Korrelationsanalyse

Tab. 4: Korrelationsanalyse nach Pearson (\* p < 0.05 und \*\* p < 0.01)

	Chlorophyll A (g kg <sup>-1</sup> TM)	Chlorophyll B (g kg <sup>-1</sup> TM)	Gesamtchlorophyll (g kg <sup>-1</sup> TM)	Carotinoide (g kg <sup>-1</sup> TM)
Antiox.Kapazität [mmolFe2+/kg TM]	0,632**	n.s.	0,587**	0,742**
Chlorophyll A (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	0,841**	0,994**	0,967**
Chlorophyll B (g kg <sup>-1</sup> TM)	0,841**	n.s.	0,894**	0,783**
Gesamtchlorophyll (g kg <sup>-1</sup> TM)	0,994**	0,894**	n.s.	0,955**
Carotinoide (g kg <sup>-1</sup> TM)	0,967**	0,783**	0,955**	n.s.
Anthocyane (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ascorbinsäure (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nitrat (mg kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Reduzierender Zucker (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	n.s.	-0,452*
Gesamtzucker (g kg <sup>-1</sup> TM)	-0,569**	n.s.	-0,541*	-0,604**
Trockenmasse %	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

**Tab. 5: Korrelationsanalyse nach Pearson (\* p < 0.05 und \*\* p < 0.01)**

	Antiox.Kapazität [mmolFe <sup>2+</sup> /kg TM]	Anthocyane (g kg <sup>-1</sup> TM)	Ascorbinsäure (g kg <sup>-1</sup> TM)	Nitrat (mg kg <sup>-1</sup> TM)
Antiox. Kapazität [mmolFe <sup>2+</sup> /kg TM]	n.s.	0,502*	n.s.	n.s.
Chlorophyll A (g kg <sup>-1</sup> TM)	0,632**	n.s.	n.s.	n.s.
Chlorophyll B (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Gesamtchlorophyll (g kg <sup>-1</sup> TM)	0,587**	n.s.	n.s.	n.s.
Carotinoide (g kg <sup>-1</sup> TM)	0,742**	n.s.	n.s.	n.s.
Anthocyane (g kg <sup>-1</sup> TM)	0,502*	n.s.	n.s.	n.s.
Ascorbinsäure (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nitrat (mg kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Reduzierender Zucker (g kg <sup>-1</sup> TM)	-0,502*	n.s.	n.s.	n.s.
Gesamtzucker (g kg <sup>-1</sup> TM)	-0,537*	n.s.	n.s.	n.s.
Trockenmasse %	n.s.	0,510*	n.s.	-0,695**

**Tab. 6: Korrelationsanalyse nach Pearson (\* p < 0.05 und \*\* p < 0.01)**

	Reduzierender Zucker (g kg <sup>-1</sup> TM)	Gesamtzucker (g kg <sup>-1</sup> TM)	Trockenmasse %
Antiox. Kapazität [mmolFe2+/kg TM]	-0,502*	-0,537*	n.s.
Chlorophyll A (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	-0,569**	n.s.
Chlorophyll B (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	n.s.
Gesamtchlorophyll (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	-0,541*	n.s.
Carotinoide (g kg <sup>-1</sup> TM)	-0,452*	-0,604**	n.s.
Anthocyane (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	0,510*
Ascorbinsäure (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	n.s.
Nitrat (mg kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	n.s.	-0,695**
Reduzierender Zucker (g kg <sup>-1</sup> TM)	n.s.	0,758**	n.s.
Gesamtzucker (g kg <sup>-1</sup> TM)	0,758**	n.s.	n.s.
Trockenmasse %	n.s.	n.s.	n.s.

### Trockenmasse

Die Trockenmasse korrelierte sehr stark negativ mit dem Nitrat und weniger stark mit den Anthocyanen (Tab. 6). Der Nitratgehalt sank demnach sehr stark mit dem Zuwachs der Trockenmasse. Das Nitrat könnte in höheren Konzentrationen in

Pflanzen mit geringerer Biomasse vorkommen und bei höheren Massegehalten besser verteilt sein. Das könnte bedeuten, dass bei optimierten Wachstumsbedingungen der Nitratgehalt in der Trockenmasse reduziert werden kann.

### Antioxidative Kapazität

Die antioxidative Kapazität korreliert sehr stark positiv mit dem Chlorophyll A, Gesamtchlorophyll und den Carotinoiden (Tab. 5). Dies lässt sich darauf zurückführen, dass diese Substanzen ein hohes antioxidatives Potenzial im lipophilen Bereich besitzen. Böhm (2004) konnte in eigenen *in-vitro*-Versuchen die antioxidative Aktivität verschiedener Isomere von ernährungsrelevanten Carotinoiden nachweisen. Dabei wurde auch das weit verbreitete Beta-Carotin, das auch in den Artischocken enthalten ist, untersucht. Des Weiteren konnte Böhm (2004) feststellen, dass die Chlorophyll-Derivate ebenfalls eine beachtliche antioxidative Wirkung aufweisen. Auch die hydrophilen Anthocyane besitzen eine relativ hohe antioxidative Kapazität. Dies spiegelt sich in der Korrelation wider, die aber schwächer ist, als bei den anderen Farbpigmenten.

Es konnte auch noch ein negativer Zusammenhang zwischen der antioxidativen Kapazität, den reduzierenden Zuckern und dem Gesamtzucker nachgewiesen werden (Tab. 5). Ein Anstieg in der antioxidativen Kapazität hat demnach einen Abfall beim Gesamtzucker und den reduzierenden Zuckern zur Folge.

### Chlorophyll A

Das Chlorophyll A korreliert sehr stark mit der antioxidativen Kapazität (Tab. 4), welche sich aufgrund der hohen antioxidativen Wirkung des Chlorophylls erklären lässt. Dieser Umstand hängt auch sehr stark mit den anderen Pigmentsubstanzen zusammen. Das Chlorophyll A ist das Hauptpigment der Photosynthese und absorbiert violett-blaues Licht mit den Absorptionsmaxima von 430 nm und 662 nm. Das Chlorophyll B ist eng damit verbunden, denn es absorbiert rot-oranges Licht mit den Absorptionsmaxima von 453 nm und 642 nm, welches gesammelt

wird und danach in das Chlorophyll A übergeht und somit für die Photosynthese weiter genutzt werden kann (Milne et al., 2014).

Das Chlorophyll A korreliert auch sehr stark mit dem Gesamtchlorophyll (Tab. 4). Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass der gesamte Chlorophyllgehalt aus Chlorophyll A und B zusammengesetzt ist.

Der Zusammenhang von Chlorophyll A und dem Carotinoidgehalt (Tab. 4) lässt sich durch die Tatsache erklären, dass Carotinoide gemeinsam mit den Chlorophyllen in den Chloroplasten vorkommen und dort eine Rolle bei der Photosynthese spielen.

Das Chlorophyll A korreliert sehr stark negativ mit dem Gesamtzucker (Tab. 4). Je höher der Chlorophyllgehalt ist, umso geringer zeigt sich der Gehalt des Gesamtzuckers.

#### Chlorophyll B

Das Chlorophyll B korreliert sehr stark mit dem Chlorophyll A, dem Gesamtchlorophyll sowie den Carotinoiden (Tab. 4). Wie bereits im vorherigen Absatz erwähnt, ist das Chlorophyll B ein Zusatzpigment, welches eng mit dem Hauptpigment Chlorophyll A in Verbindung steht. Genauso spielen auch die Carotinoide bei der Photosynthese eine Rolle. Der Gesamtchlorophyllgehalt setzt sich aus Chlorophyll A und B zusammen.

#### Gesamtchlorophyll

Das Gesamtchlorophyll setzt sich, wie oben bereits erwähnt, aus Chlorophyll A und B zusammen. Deshalb ist die starke Korrelation zwischen diesen Pigmentsubstanzen nicht überraschend (Tab. 4). Auch der Zusammenhang mit der antioxidativen Kapazität (Tab. 4) ist auf die hohe antioxidative Wirkung der Farbpigmente zurück zu führen. Da das Chlorophyll gemeinsam mit den Carotinoiden Hauptbestandteile der Photosynthese sind, ist hierbei der Zusammenhang auch gut nachvollziehbar.

Eine geringere negative Korrelation wurde zwischen Gesamtchlorophyll und Gesamtzucker festgestellt (Tab. 4).

#### Carotinoide

Die Carotinoide korrelieren sehr stark mit den Farbpigmenten Chlorophyll A und B, dem Gesamtchlorophyll sowie der antioxidativen Kapazität (Tab. 4).

Es konnte auch ein starker negativer Zusammenhang zwischen den Carotinoiden und dem Gesamtzucker festgestellt werden (Tab. 4). Darüber hinaus besteht eine geringere negative Korrelation mit dem reduzierenden Zucker (Tab. 4).

#### Anthocyane

Die Anthocyane korrelieren mit der antioxidativen Kapazität (Tab. 5). Dies ergibt sich daraus, dass Anthocyane hydrophile Substanzen sind, die eine antioxidative Wirkung besitzen (Böhm, 2004). Es wurde auch ein Zusammenhang mit der Trockenmasse festgestellt. Mit steigender Trockenmasse konnte ein Anstieg der Anthocyane beobachtet werden.

#### Reduzierende Zucker

Die reduzierenden Zucker korrelieren sehr stark mit dem Gesamtzucker (Tab. 6). Mit steigendem Gehalt an reduzierenden Zuckern nimmt automatisch der Gehalt des Gesamtzuckers zu. Das bedeutet, die reduzierenden Zucker sind Teil des Gesamtzuckers.

Ein geringerer negativer Zusammenhang besteht bei den reduzierenden Zuckern und Carotinoiden sowie der antioxidativen Kapazität (Tab. 6). Bei einem steigenden Gehalt der reduzierenden Zucker nehmen der Gehalt an Carotinoiden und die antioxidative Kapazität ab.

## Gesamtzucker

Die Auswertung des Gesamtzuckers ergab eine starke Korrelation mit den reduzierenden Zuckern (Tab. 6), da sich der Gesamtzucker auch aus den reduzierenden Zuckern zusammensetzt.

Eine starke negative Korrelation wurde bei Chlorophyll A und den Carotinoiden festgestellt (Tab. 6). Eine geringere negative Korrelation bei der antioxidativen Kapazität und dem Gesamtchlorophyll konnte beobachtet werden.

## 4. Diskussion

In der Industrie ist die Extraktion mit Lösungsmitteln eine weit verbreitete Anwendung, um bioaktive Inhaltsstoffe zu gewinnen. Die Effizienz dieser Extraktionen variiert sehr stark und ist von verschiedenen Faktoren wie Partikelgröße, Art des Lösungsmittels, Temperatur, Kontaktzeit und Verhältnis zwischen festen und flüssigen Bestandteilen abhängig (Angelo et al., 2015).

Angelo et al. (2015) nahmen für die Extraktionen bei ihrem Versuch Wasser als Lösungsmittel. Es hatte sich nämlich in vorherigen Untersuchungen bewährt. Aufgrund der polaren Struktur des Wassers eignet es sich, um bioaktive Inhaltsstoffe, die auch polare Struktur besitzen, zu lösen. Die Extraktion des Rohmaterials mit Wasser-Ethanol-Mixturen hat ähnliche Resultate erzielt. Im Versuch von Angelo et al. (2015) haben die Wasserextrakte ähnliche Ergebnisse beim Polyphenolgehalt, wie Extraktionen mit Ethanol-Lösung gebracht. Für die industrielle Gewinnung, der in den Artischocken enthaltenen wirksamen Inhaltsstoffe, würde man wässrige Lösungen bevorzugen, da diese die kostengünstigeren Varianten sind.

In den bei dieser Arbeit durchgeführten Messungen wurden Extraktionen mit Ethanol und deionisiertem Wasser verwendet. Hierbei lässt sich sagen, dass die Ergebnisse der Wasserextraktionen aller untersuchten Inhaltsstoffe deutlich unter jenen der Ethanollösungen liegen. In der Literatur gibt es jedoch fast keine Informationen zu den Basis-Komponenten von Artischockenblätter-Extrakten.

#### **4.1. Vernalisation und Trockenmasse**

Der Effekt der Vernalisation der Artischockenkeimlinge wirkt sich in höheren Erträgen sowie einer früheren Ernte aus. Der Kältereiz ist essentiell, um die Blütenbildung zu induzieren (Şekara et al., 2015; Garcia and Cointry, 2010). Inwieweit durch die Vernalisation die Inhaltsstoffe der Artischocke beeinflusst werden, wird in der Literatur nicht genau beschrieben. Vernalisation erhöht die Anzahl der gebildeten Blütenköpfe und deren Qualität, jedoch haben die Untersuchungen ergeben, dass es dadurch zu keinem signifikanten Anstieg der Blattbiomasse für eine pharmazeutische Nutzung kommt.

Bei den Trockenmassegehalten der Versuchssorten konnten keine signifikanten Einflüsse der Vernalisation nachgewiesen werden. Auch gab es zwischen den Sorten keinen statistisch signifikanten Unterschied. Die Sorte 'Olympus F1' hatte einen Trockenmasseanteil von 13,18% mit einer SD von  $\pm 1,21\%$ . Der kleinste Wert wurde bei der kältebehandelten Variante derselben Sorte gemessen. Der Trockenmasseanteil liegt hier bei 7,97% mit einer SD von  $\pm 0,54\%$ .

#### **4.2. Antioxidative Kapazität**

Die antioxidative Aktivität von Pflanzen ist abhängig von deren Polyphenolgehalt und hängt mit der Präsenz und Stellung der Hydroxyl- und Methoxyl-Gruppe zusammen. Durch diese Gruppen werden reaktive Sauerstoffverbindungen eliminiert und Metall-Ionen durch Chelatbildung gebunden. Nur durch eine Untersuchung des Phenolgehaltes lässt sich aber nicht genau klären, wie hoch das tatsächliche Reduktionspotenzial und somit die Inaktivierung von ROS und die Fähigkeit Eisen zu reduzieren wirklich ist (Biel et al., 2019).

Durch verschiedene Messungen von Biel et al. (2019) konnte belegt werden, dass die antioxidative Aktivität in wässrigen Artischockenextrakten sehr hoch ist. Jedoch bringen unterschiedliche Messmethoden verschiedene Ergebnisse hervor. Nicht jede Methode liefert einen Gesamtüberblick über alle antioxidativen Substanzen. Diese Unterschiede verschärfen sich bei hoch pigmentiertem Obst

und Gemüsearten wie Kirschen, Spinat und Rotkraut. Dies basiert auf der Tatsache, dass Ascorbinsäure und Phenole hydrophile Antioxidantien sind, während Carotinoide zu den lipophilen Substanzen gehören.

Die Messung der antioxidativen Kapazität brachte bei der Sorte 'Imperial Star' den höchsten Wert aller Versuchssorten mit  $6,66 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$  und einer SD von  $\pm 0,43 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$  als Ergebnis. Die niedrigsten Gehalte konnten bei der Sorte 'Amethyste' mit  $3,12 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$  und einer SD von  $\pm 0,72 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$  gemessen werden. Die statistische Auswertung ließ leider keinen Zusammenhang zwischen den zwei Varianten und der antioxidativen Kapazität herstellen. Auch zwischen den Sorten konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Deshalb lässt sich aufgrund der Daten dieser Untersuchung keine Empfehlung für eine Sorte bzw. Behandlung in Bezug auf das Redoxpotential abgeben.

### **4.3. Chlorophyll**

Der größte Wert des Chlorophyll A wurde bei der Sorte 'Lancelot F1' mit  $0,19 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit SD  $\pm 0,02 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  gemessen. Der kleinste Wert lag bei  $0,09 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit SD  $\pm 0,04 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  und wurde bei der Sorte 'Vert de Provence' festgestellt. Die statistische Auswertung brachte keine signifikanten Unterschiede zwischen Sorte und Behandlung als Ergebnis. Deshalb lässt sich keine Aussage über eine Bevorzugung einer bestimmten Sorte oder Variante in Bezug auf den Chlorophyll A-Gehalt machen.

Die Messung des Chlorophyll B-Gehaltes brachte bei der Sorte 'Madrigal F1' den höchsten Wert der Versuchssorten mit  $0,04 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  und SD von  $\pm 0,009 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  als Ergebnis. Der kleinste Wert wurde bei der Sorte 'Vert de Provence' gemessen und betrug  $0,016 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit SD von  $\pm 0,008 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ . Es konnten keine weiteren signifikanten Unterschiede zwischen Sorte und Behandlung in Bezug auf den Chlorophyll B-Gehalt festgestellt werden.

Die Gehalte des Gesamtchlorophylls lagen bei der Sorte 'Lancelot F1' bei  $0,22 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit SD von  $\pm 0,03 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ . Es ist nicht verwunderlich, dass diese Sorte den höchsten Gehalt besitzt, da 'Lancelot F1' schon beim Chlorophyll A die höchsten Messwerte erbrachte. Der kleinste Wert lag bei  $0,11 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit SD  $\pm 0,05 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  und wurde bei der Sorte 'Vert de Provence' gemessen. Auch dies ist gut nachvollziehbar, da diese Sorte den geringsten Chlorophyll A- und B-Gehalt aller Versuchssorten aufweist. Andere signifikante Zusammenhänge konnten nicht nachgewiesen werden. Es gab keine Unterschiede zwischen den Sorten oder den Varianten in Bezug auf den Gesamtchlorophyllgehalt.

Rabara et al. (2017) untersuchten den Effekt verschiedener Lichtspektren auf das Wachstum von Artischockenpflanzen. In diesem Versuch wurde der Chlorophyllgehalt verschiedener Sorten gemessen. Bei der Variante mit natürlichem Licht wurden dabei folgende Ergebnisse bei der Sorte 'Green Globe' gemessen: Der Chlorophyll A-Gehalt betrug  $0,1 \text{ mg g}^{-1}$  Frischmasse. Der Wert des Chlorophyll B lag bei  $0,08 \text{ mg g}^{-1}$  Frischmasse und der Gesamtchlorophyllgehalt betrug  $0,18 \text{ mg g}^{-1}$  Frischmasse.

Die Frischmasseergebnisse bei diesen durchgeführten Untersuchungen lagen bei der Sorte 'Green Globe' beim Chlorophyll A unbehandelt bei  $0,04 \text{ g kg}^{-1}$ , bei der behandelten Variante bei  $0,05 \text{ g kg}^{-1}$ , beim Chlorophyll B lag der Gehalt unbehandelt und behandelt bei  $0,01 \text{ g kg}^{-1}$  und der Gesamtchlorophyllgehalt erreichte bei der unbehandelten Variante bei  $0,05 \text{ g kg}^{-1}$ , bei der kältebehandelten Variante bei  $0,06 \text{ g kg}^{-1}$ .

Bei der Sorte 'Green Globe' waren die Messwerte des Chlorophylls geringer als bei dem von Rabara et al. (2017) durchgeführten Versuch. Allerdings wurden die Untersuchungen von Rabara et al. unter kontrollierten Bedingungen im Glashaus durchgeführt. Die Artischocken meiner Arbeit wurden am Feld angebaut und waren deshalb anderen Umwelt- und Wachstumsbedingungen ausgesetzt. Eine deutliche Beeinflussung der Bildung des Chlorophyllgehaltes unter Freilandbedingungen ist wahrscheinlich.

#### 4.4. Carotinoide

Die Carotinoidgehalte bei diesem Versuch lagen zwischen  $0,06 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit  $\text{SD} \pm 0,003 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  bei der Sorte 'Lancelot F1' und  $0,04 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit  $\text{SD} \pm 0,01 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  bei der Sorte 'Vert de Provence'. Die statistische Auswertung ergab hierbei keine signifikanten Unterschiede zwischen den behandelten und unbehandelten Varianten. Es konnten auch keine Sortenunterschiede nachgewiesen werden. Das bedeutet, dass der Carotinoidgehalt zwar leicht von Sorte zu Sorte schwankt, es jedoch zu keinen bedeutenden Unterschieden kommt. Ebenso hat die Vernalisation keinen signifikanten Einfluss auf den Carotinoidgehalt. Weder die Sorte, noch die Behandlungsvariante haben signifikante Auswirkungen auf den Carotinoidgehalt.

Dabbou et al. (2016) haben in Versuchen festgestellt, dass die Carotinoidgehalte in den Artischockenblättern im Vergleich zu den Blütenblättern und Stängeln am höchsten waren. Dies könnte daran liegen, dass die Pigmente eine wichtige Rolle als Photoprotektoren und Lichtenergierezeptoren in den Pflanzengeweben haben. Das Blatt ist ein Organ, welches der Sonne sehr stark exponiert ist, daher wird die Bildung von Pigmenten gefördert. Die Pflanze versucht so die photosynthetische Aktivität zu maximieren.

In vorherigen Versuchen von Dabbou et al. (2016) wurde festgestellt, dass es höhere Gehalte von Flavonoiden und Caffeoyl-Säuren in Blättern aufgrund der UV- Strahlung gibt (Pandino et al, 2011). Die Aufnahme von Carotinoiden über die Nahrung wirkt sich der Studie zu Folge positiv auf die Verringerung von Krebsrisiken aus. In Verbindung gebracht wird dies mit den dokumentierten biologischen Aktivitäten der Carotinoide (Chatterjee et al., 2012).

Piston et al. (2014) haben den funktionellen Wert der Artischockenblätter beschrieben. Die erhaltenen Daten lassen vermuten, dass die Blätter der tunesischen Artischockensorten eine gute Quelle für Carotinoide in der mediterranen Ernährung sein können (Dabbou et al., 2016).

Die Gehalte an Carotinoiden der Messungen von Dabbou et al. (2016) liegen bei den Blättern der tunesischen Sorten 'Violet d'Hyere's bei  $0,9 \mu\text{g ml}^{-1}$  mit  $\text{SD}$  von  $\pm 0,07 \mu\text{g ml}^{-1}$  und bei 'Blanc d'Oran' bei  $0,6 \mu\text{g ml}^{-1}$  mit  $\text{SD}$  von  $\pm 0,1 \mu\text{g ml}^{-1}$ . Die

dokumentierten Untersuchungen zeigen jedenfalls eine positive Auswirkung von Carotinoiden auf die menschliche Gesundheit.

#### **4.5. Anthocyane**

Schütz et al. (2006) haben beschrieben, dass der Anthocyan-Gehalt innerhalb einer Sorte in den verschiedenen Pflanzenteilen stark variiert. Vor allem die Anthocyangehalte im Blütenkopf sind je nach Sorte sehr unterschiedlich.

Der Anthocyan-Gehalt lag bei der Sorte 'Olympus F1' bei  $2,37 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit einer SD von  $\pm 1,74 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ . Diese Sorte hatte den höchsten Gehalt aller Versuchssorten. Bei der kältebehandelten Variante von 'Olympus F1' konnten jedoch keine Anthocyane nachgewiesen werden. Bei den Sorten 'Vert de Provence' und 'Green Globe' wurden auch keine Messergebnisse erzielt. Den kleinsten Messwert hatte die Sorte 'Amethyste F1' mit  $0,04 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  und SD von  $\pm 0,08 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ . Die statistische Auswertung konnte keine Zusammenhänge zwischen Anthocyan-Gehalt und Behandlungseffekt oder der Sorte feststellen.

Schütz et al. (2006) führten Analysen zur Bestimmung des Anthocyangehaltes durch, jedoch wurden dafür die Blütenköpfe verwendet. Die bei diesem Versuch verwendeten Sorten wiesen Gehalte von  $1,7 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit SD von  $\pm 0,03$  bis zu  $0,008 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit SD  $\pm 0,0$  auf. Die Sorte 'Green Globe' zeigte einen Anthocyangehalt von  $0,878 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit einer SD von  $\pm 0,04 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ . Bei der Messung für diesen Versuch konnten bei der gleichen Sorte allerdings keine Anthocyane in den Blättern nachgewiesen werden. In weiteren Versuchsanstellungen in Bezug auf mögliche Kältebehandlungen erscheint es notwendig, neben den Blättern auch die Blütenköpfe auf ihren Anthocyangehalt zu untersuchen.

#### 4.6. Ascorbinsäure

Die Sorte 'Olympus F1' wies beim Ascorbinsäuregehalt den höchsten Wert bei der unbehandelten Variante mit  $2,31 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit einer SD von  $\pm 0,49 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  auf. Der Gehalt der kältebehandelten Variante der Sorte 'Olympus F1' betrug  $0,30 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit einer SD von  $\pm 0,47 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ . Die statistische Auswertung des Vitamin C-Gehaltes brachte keine signifikanten Sortenunterschiede.

Es konnte jedoch ein Behandlungseffekt nachgewiesen werden. Der Ascorbinsäuregehalt der unbehandelten Variante liegt im Mittel bei  $1,79 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,51 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ , während die kältebehandelte Variante im Mittel einen Wert von  $0,83 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,53 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  aufweist. Dies bedeutet, dass durch den Vernalisationsreiz der Vitamin C-Gehalt signifikant negativ beeinflusst wird.

Ascorbinsäure dient als Co-Faktor für viele Enzyme und kann reaktive Sauerstoffverbindungen unschädlich machen. Die antioxidative Wirkung dieses Stoffes wird in Verbindung mit der Resistenz gegenüber oxidativem Stress und Langlebigkeit in Tieren und Pflanzen gebracht. Untersuchungen von Barth et al. (2006) versuchten einen Zusammenhang zwischen Ascorbinsäuregehalt und der Blühinduktion sowie der Seneszenz herzustellen. Dies könnte den Zusammenhang zwischen Ascorbinsäure-Gehalt und Vernalisation erklären.

Aufgrund der Tatsache, dass Ascorbinsäure ein wichtiger Co-Faktor für die Biosynthese einiger Phytohormone, wie Ethylen, Gibberellinsäure(GA3) und Abscisinsäure(ABA) ist, kann man annehmen, dass unterschiedliche Konzentrationen von Vitamin C(AA) nicht nur die Biosynthese, sondern auch die Gehalte an Phytohormonen beeinflussen. Das kann große Auswirkungen auf die Regulation von Wachstumsprozessen haben, in denen die genannten Phytohormone eine wichtige Rolle spielen. Ethylen und ABA sind dafür bekannt eine große Rolle in der Induktion der Seneszenz zu spielen, während GA3 diese aufhebt (Weaver et al., 1998; Nakashima et al., 1997).

Die Blühinduktion ist abhängig vom Wachstumsstadium der Pflanze und von den Umweltbedingungen, wie Photoperiode, Vernalisation, Lichtqualität und die Verfügbarkeit von Wasser und Nährstoffen (Barth et al., 2006, Bernier, 1988).

Barth et al. (2006) haben untersucht welche Rolle Ascorbinsäure in der Blühinduktion spielt. Unter Langtag-Bedingungen (Photoperiode von 16 Stunden) sind AA-mangelnde Mutanten schneller in die Blüte gegangen als ihr wilder Typ. Deshalb könnte man daraus schließen, dass Ascorbinsäure einen inhibitorischen Effekt auf den Zeitpunkt der Blühinduktion hat (Barth et al., 2006).

Diese These konnte auch Mario de Tullios Versuch (1999) unterstützen. Hierbei konnte bei der Spezies *Arabidopsis* bei einer Erhöhung des Ascorbinsäuregehaltes eine im Mittel um fünf Tage verspätete Blüte beobachtet werden.

AA scheint also eine wichtige aber indirekte Rolle in der Blühinduktion zu spielen, da Vitamin C essentiell für den Aufbau von Giberellinsäure und Abscisinsäure ist. Jedoch ist noch unklar, welche Rolle AA dabei genau einnimmt (Barth et al., 2006).

Es ist bekannt, dass Seneszenz mit einem Verlust der antioxidativen Kapazität korreliert und es dadurch unweigerlich zu einem Anstieg der reaktiven Sauerstoffverbindungen kommt (Zimmermann und Zentgraf, 2005).

Durch diese Zusammenhänge lässt sich nicht ausschließen, dass unterschiedliche AA-Gehalte auch eine Veränderung der photosynthetischen Aktivitäten bewirken könnten. Durch einen Mangel an Ascorbinsäure könnten graduelle und sehr kleine Veränderungen in diesen Prozessen passieren, die jedoch schwer zu identifizieren sind (Barth et al., 2006).

Aufgrund dieser Beobachtungen stellen Barth et. al. (2006) in ihrem Review die Hypothese auf, dass geringe Ascorbinsäuregehalte eine verfrühte Blüte und Seneszenz unter Langtag-Bedingungen hervorrufen und eine verspätete Blüte und Seneszenz unter Kurztag-Bedingungen verursachen. Dies geschieht durch Schwankungen der Phytohormon-Gehalte, die zum Teil abhängig von der Photoperiode sind. Des Weiteren wird angenommen, dass durch geringe AA-Gehalte ein Mangel an GA3 resultiert, der sich auf eine verfrühte Blüte auswirkt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit würden sich mit diesen Hypothesen von Barth et al. (2006) decken. Beim Vitamin C-Gehalt der untersuchten Artischockensorten ließ sich ein Behandlungseffekt nachweisen. Die zuvor mit einem Kältereiz

behandelten Sorten wiesen einen geringeren Ascorbinsäuregehalt auf, als die unbehandelte Variante. Folgt man der Untersuchung von Barth et al. (2006) so kommt es zu einer verfrühten Blühinduktion bei Pflanzen mit einem geringeren Vitamin C-Gehalt, da dadurch die Phytohormone beeinflusst werden.

Der AA-Gehalt der kältebehandelten Artischockensorten liegt im Mittel bei  $0,83 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,53 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ . Die unbehandelte Variante dagegen liegt bei einem Vitamin C-Gehalt von  $1,79 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit einer Standardabweichung von  $\pm 0,51 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ . Der Unterschied zwischen den Varianten beträgt also  $0,96 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ . Man könnte daraus schließen, dass durch die Vernalisation der Gehalt an Vitamin C sinkt und es dadurch zu einer früheren Blütenbildung kommt. Da die Vernalisation ein wichtiges Instrument ist, um Artischockenerträge zu erhöhen und auch zu verfrühen (Şekara et al., 2015), würde sich diese Hypothese mit den Versuchsergebnissen decken. Daraus folgernd könnte man in weiterführenden Versuchen klären, ob durch Vernalisation eine bedeutende Erntesteuerung zur Vermeidung von Arbeitsspitzen am Produktionsbetrieb möglich ist.

#### **4.7. Nitrat**

Nitrat wird in der Pflanze akkumuliert, wenn die Aufnahme höher als die Assimilation der Pflanze ist. In nicht-leguminösen Kulturen werden höhere Nitratkonzentrationen in den Blättern gespeichert, während sich in Zwiebeln, Samen, Früchten, Wurzeln und Knollen geringere Mengen ansammeln (Colla et al., 2018).

Die Akkumulation von Nitrat in rohem Gemüse, Kräutern und Früchten hängt von verschiedenen Faktoren vor der Ernte ab. Diese sind z.B. Genotyp und Sorte, agronomische Faktoren wie Zeitpunkt, Konzentration und Form der Stickstoffdüngung, die vorherrschenden klimatischen Bedingungen wie Lichtintensität, Photoperiode, Lufttemperatur und  $\text{CO}_2$  Konzentration sowie der Erntezeitpunkt (Colla et al., 2018).

Durch die negativen Auswirkungen von hohen Nitratgehalten in Lebensmitteln auf den menschlichen Organismus wurden in den letzten Jahren vermehrt Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Strategien mit dem Ziel die Gehalte an nicht-förderlichen Pflanzenstoffen, wie Nitrat in Blattgemüse zu reduzieren, entwickelt:

- die Reduktion der Nitratkonzentration in Nährstofflösungen von Düngemitteln (Marsic und Osvald, 2002a, 2002b)
- die partielle Ersetzung von Nitrat-basierten Düngern durch andere Stickstoff-Formen (Borgognone et al., 2013)
- keine Stickstoffgabe, stickstofffreie Nährstofflösungen oder Verwendung von reinem Wasser einige Tage vor der Ernte (Borgognone et al., 2016)
- die Ersetzung des Nitrats durch Chloride wie Calciumchlorid (Borgognone et al., 2016)
- Regulierung der Produktionsbedingungen mithilfe veränderter Lichtspektren (Blom-Zandstra and Lampe, 1985)
- die Verwendung von Genotypen, die sich durch eine geringe Nitratakkumulation auszeichnen (Escobar-Gutierrez et al., 2002)

Die höchsten Nitratwerte des Versuches wurden bei der Sorte Olympus, F1 mit  $672,11 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  mit einer SD von  $\pm 196,36 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  gemessen. Der kleinste Nitratwert lag bei dieser Messung bei der Sorte 'Green Globe' mit  $663,35 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$  und einer SD von  $\pm 221,27 \text{ g kg}^{-1} \text{ TM}$ . Bei den Sorten 'Opera' und 'Vert de Provence' konnte kein Nitrat nachgewiesen werden. Die statistische Auswertung ergab hierbei keine Sortenunterschiede und auch keinen Einfluss der Variante auf den Nitratgehalt. Vermutlich war die Ursache, dass bei einzelnen Sorten kein Nitrat festgestellt werden konnte, nicht in der Sorte selbst zu suchen, sondern im zu kleinen Probenumfang. In weiterführenden Untersuchungen wäre der Probenumfang für die Untersuchung auf Nitrat deutlich zu erhöhen.

In der Literatur wird die Artischocke als Pflanze mit geringem Nitratgehalt beschrieben. Brandt (2005) untersuchte Artischockenproben, bei denen 90% Nitratgehalte von weniger als  $72 \text{ mg kg}^{-1}$  aufwiesen. Der höchste Gehalt lag bei  $325 \text{ mg kg}^{-1}$ . Colla et.al (2018) gingen bei Artischocken bei einem Nitratgehalt von

im Mittel  $147 \text{ mg kg}^{-1}$  Frischmasse aus. Die Werte variieren von  $1 - 375 \text{ mg kg}^{-1}$  Frischmasse.

Wie man erkennt, liegen die Werte der Messungen für diese Arbeit bei einigen Sorten weit über jenen, die man in der Literatur findet. Allerdings beziehen sich die Ergebnisse dieser Studien nicht auf die Blätter, sondern den Nitratgehalt in den Blütenknospen. Das bestätigt das vermutete Vorhandensein von relativ hohen Messwerten in assimilierenden grünen Pflanzenteilen.

#### **4.8. Gesamtzucker und reduzierende Zucker**

Der Gesamtzuckergehalt der Artischockensorte 'Amethyste F1' lag bei  $0,53 \text{ g kg}^{-1}$  TM mit SD von  $\pm 0,02 \text{ g kg}^{-1}$  TM. Bei der Sorte 'Green Globe' konnte ein Wert von  $0,26 \text{ g kg}^{-1}$  TM mit SD  $\pm 0,08 \text{ g kg}^{-1}$  TM gemessen werden. Die Ergebnisse der anderen Versuchssorten lagen zwischen diesen beiden Messwerten. Es konnte kein signifikanter Einfluss der Behandlung und Sorte auf den Gesamtzuckergehalt nachgewiesen werden.

Bei den reduzierenden Zuckern lagen die Werte zwischen  $0,84 \text{ g kg}^{-1}$  TM mit SD von  $\pm 0,05 \text{ g kg}^{-1}$  TM, gemessen bei der Sorte 'Madrigal F1' und  $0,49 \text{ g kg}^{-1}$  TM mit SD von  $\pm 0,14 \text{ g kg}^{-1}$  TM bei der Sorte 'Green Globe'. Hier konnten auch keine signifikanten Unterschiede zwischen Sorte und Behandlung festgestellt werden. Es lässt sich demnach keine Empfehlung einer bestimmten Sorte oder Behandlung geben. Die Sorte 'Green Globe' wies bei Gesamtzucker und reduzierenden Zuckern den geringsten Wert aller Versuchssorten auf.

Petropoulos et al. (2017) haben in ihrem Bericht folgende Werte für den Gesamtzuckergehalt von Artischockenknospen verschiedener Versuchssorten ermittelt. Der höchste Gehalt lag bei  $8,3 \text{ g kg}^{-1}$  FM mit SD von  $\pm 0,2 \text{ g kg}^{-1}$  FM, während der kleinste Wert  $5,1 \text{ g kg}^{-1}$  FM mit einer SD von  $0,1 \text{ g kg}^{-1}$  FM gemessen wurde. Diese Mengen sind um ein Vielfaches höher, als die Messwerte des Versuches für diese Arbeit. Da der Gehalt an Zuckern im Gegensatz zu den Blättern besonders hoch in den Blütenknospen ist, erscheint dieses Ergebnis nicht verwunderlich. Zu den Blättern lassen sich in der Literatur keine vergleichenden

Untersuchungen finden. In weiterführenden Untersuchungen wäre es erforderlich die Zuckergehalte in den Blütenknospen mit oder ohne Kältebehandlung festzustellen.

Der Blütenkopf der Artischocke zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an reduzierenden Zuckern und einen hohen Inulin-Gehalt aus. Die Artischocke sowie auch die anderen Asteraceae akkumuliert Inulin als Kohlenhydratspeicherstoff in den Pflanzenorganen. Inulin ist ein Polysaccharid, welches eine hohe Wasserlöslichkeit aufweist und in den Vakuolen gespeichert wird. Es zählt zu den Fructose-basierten Polysacchariden, die auch Fructane genannt werden (Portis et al., 2019).

Fructane haben mehr Funktionen als nur die Speicherung von Kohlenstoff. Ihnen wird nachgesagt, dass sie die Pflanze vor Wassermangel bei Dürre oder kalten Temperaturen schützen können. Es wird auch angenommen, dass durch die Fructan-Biosynthese in den Vakuolen die Saccharose-Konzentration in den Zellen sinkt und dadurch die von Zucker verursachte Inhibition der Photosynthese verhindert wird (Vijn und Smeekens, 1999).

In der gegenständigen Arbeit sind Fructane in der Berechnung des Gesamtzuckergehaltes enthalten. Weiterführende Untersuchungen können Klarheit über das Vorhandensein von Inulin bringen.

## 5. Fazit

Die Artischocke *Cynara scolymus L.* kann auf unterschiedlichste Weise genutzt werden und bietet dadurch viele Möglichkeiten, die einen Anbau attraktiv machen. Die Pflanze wurde schon seit der Antike aufgrund ihrer positiven Eigenschaften genutzt. Die Blütenknospen werden als Gemüse verwendet und sind vor allem in der mediterranen Küche weit verbreitet. Die Blätter der Pflanze können wegen ihrer sekundären Pflanzeninhaltsstoffe in der pharmazeutischen Industrie als Basis für Extrakte genutzt werden. Die wichtigsten Inhaltsstoffe sind dabei die Caffeoylchinasäuren (CSS), die Flavonoide und die Sesquiterpenlacton-Bitterstoffe (Honermeier et al., 2001). Der Verzehr von Artischocken wirkt sich positiv auf die menschliche Gesundheit aus, da die Extrakte die Gesundheit von Magen-Darm, Leber und Galle fördern (Wittemer, 2003). Aufgrund der schönen großen Blütenstände kann die Pflanze auch als Schnittblume und Zierpflanze verwendet werden.

Da die Artischocke einen gewissen Kältereiz benötigt, um die Knospenbildung zu induzieren, liefert die Kultur erst im zweiten Standjahr nennenswerte Erträge (Şekara et al., 2015). Bedingt durch die klimatischen Bedingungen in Österreich ist ein mehrjähriger Anbau im Freiland jedoch kaum möglich, da die Artischocke nicht winterhart ist. Die Pflanze wird deswegen in unserer Klimazone als einjährige Kultur geführt. Die Nutzung beschränkt sich derzeit hauptsächlich auf die Verwendung der Blattmasse. Um Artischockenerträge im ersten Standjahr zu garantieren, kann der Vernalisationsreiz auch eigenständig durchgeführt werden. Die Jungpflanzen werden dafür einem natürlichen Kältereiz vor dem Auspflanzen ausgesetzt. Es gibt auch Forschungen, Artischocken in kühleren Regionen zu überwintern, da nur dadurch das volle Ertragspotential der Pflanze ausgeschöpft werden kann. In weiterführenden Untersuchungen sollten die Möglichkeiten einer Überwinterungsfähigkeit unter heimischen Klimaverhältnissen abgeklärt werden.

In dieser Arbeit wurden zehn verschiedene Artischockensorten angebaut. Ein Teil der Setzlinge wurde vor dem Auspflanzen einem Kältereiz ausgesetzt, während der andere Teil unbehandelt blieb. Danach wurden die Blätter der Artischocken geerntet und die Inhaltsstoffe im Labor analysiert.

Fasst man die Ergebnisse der Inhaltsstoffanalysen dieser Arbeit zusammen, so lässt sich sagen, dass die Vernalisation einen signifikant negativen Einfluss auf den Vitamin C-Gehalt hat. Der Kältereiz bewirkt, dass sich deutlich weniger Ascorbinsäure in der Pflanze bildet, als bei der unbehandelten Variante. Barth et al. (2006) haben in ihren Versuchen einen Zusammenhang des Vitamin C-Gehaltes und des Blühzeitpunktes festgestellt. Ein geringerer Ascorbinsäuregehalt führt demnach zu einer früheren Blüte. Dies wäre ein denkbarer Grund, warum es bei den Artischocken zu einer verfrühten Knospenbildung aufgrund der Vernalisation kommt. In weiterführenden Arbeiten könnte man die Zusammenhänge zwischen Ascorbinsäuregehalt und deren Einfluss auf eine Verfrühung der Knospenbildung genauer untersuchen, um dadurch eventuell eine bessere Steuerung der Erntezeit zu ermöglichen. Darüber hinaus wäre bedeutsam, die Blütenknospen in zukünftige Analysen auf deren Inhaltsstoffe einzubeziehen, um abzuklären, ob signifikante Unterschiede im Vitamin C-Gehalt festgestellt werden können. Der derzeitige Wissensstand würde bedeuten, dass es Unterschiede in der Behandlung der Jungpflanzen je nach Produktionsziel gibt. Auf Ascorbinsäure ausgerichtete Kulturen sollten keiner Kältestimulierung unterzogen werden, um dadurch Maximalgehalte an Vitamin C sicher zu stellen. Die anderen untersuchten Parameter wie Antioxidative Kapazität, Chlorophyll, Carotinoide, Anthocyane, Nitrat und Gesamt- und reduzierende Zucker zeigen keinen statistisch belegbaren Unterschied zwischen der Sorte oder der Behandlung.

Abschließend lässt sich sagen, dass aufgrund der in dieser Arbeit durchgeführten Analysen keine der untersuchten Sorten und Behandlungsmethoden besonders herausstechen. Nach den vorliegenden Ergebnissen ist für den Anbau in Österreich weder die geprüfte Sorte noch die angewandte Behandlungsmethode auf die Nutzung der Blattmasse von Bedeutung. Lediglich beim Vitamin C konnten Unterschiede in den Gehalten festgestellt werden. Der, gemäß der Forschungsvorgabe aus der Bachelorarbeit von Carina Murauer, doch begrenzte Stichprobenumfang könnte ein Grund für die geringen Differenzwerte in den Analysen sein. Für weiterführende Arbeiten wäre es sinnvoll, die Versuchsanlage zu vergrößern, um die mögliche Anzahl von statistischen Ausreißern und deren Einfluss auf das Gesamtergebnis geringer halten zu können. In dieser Arbeit wurde die Blattmasse der Artischocke auf den Gehalt von Basiskomponenten

untersucht. Anschließende Forschungen sollten sich insbesondere mit Pflanzeninhaltsstoffen für die pharmazeutische Nutzung auseinandersetzen.

## 6. Literaturverzeichnis

Angelo G., Georgieva S., Boyadzhieva S. und Boyadzhiev L. (2015): Optimizing the extraction of globe artichoke wastes. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des sciences: sciences mathématiques et naturelles* 68(10), S. 1235-1240.

Bahadoran Z., Mirmiran P., Jeddi S., Azizi F., Ghasemi A. und 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, S. 93-105.

Barth C., Tullio M. und Conklin P.L. (2006): The role of ascorbic acid in the control of flowering time and the onset of senescence. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 8, S. 1657-1665.

Basnizki Y. (2007): Growth and ripening of globe artichoke achenes. *Italian Journal of Agronomy, Rivista di Agronomia* 4, S. 373-376.

Basnizki Y. und Zohary D. (1994): Breeding of seed-planted artichoke. In: *Plant Breeding Reviews*. (Janick, J., Ed.). John Wiley & Sons, New York, S. 253-263.

Bengtsson G.B. und Hagen S.F. (2008): Storage and handling of fruit and vegetables for optimum health-related quality. In *Improving the Health-Promoting Properties of Fruit and Vegetable products*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 2008, S. 412-430.

Benzie I.F.F. und Strainb J.J. (1996): The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, Volume 239, 1, S. 70-76.

Bernier G. (1988): The control of floral evocation and morphogenesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 39, S. 175-219.

Bianco V. (1990): Carciofo (*Cynara scolymus* L.). In: Bianco VV, Rimpini F (eds) *Orticoltura*. Patron, Bologna.

Biel W., Witkowicz R., Piatkowska E. und Podsiadto C. (2019): Proximate Composition, Minerals and Antioxidant Activity of Artichoke Leaf Extracts. *Biological Trace Element Research* (2020) 194, S. 589-595.

Blom-Zandstra M. und Lampe J.E.M. (1985): The role of nitrate in the osmoregulation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown at different light intensities. *J. Exp. Bot.* 36, S. 1043–1052.

Bonasia A., Conversa G., Lazziezera C., Gambacorta G. und Elia A. (2010): Morphological and qualitative characterization of globe artichoke head from new seed-propagated cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90, S. 2689-2693.

Borgognone D., Colla G., Roupheal Y., Cardarelli M., Rea E. und Schwarz D. (2013): Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of selfgrafted and grafted tomatoes. *Sci. Hort.* 149, S. 61-69.

Borgognone D., Roupheal Y., Cardarelli M., Lucini L. und Colla G. (2016): Changes in biomass, mineral composition, and quality of cardoon in response to NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:Cl<sup>-</sup> ratio and nitrate deprivation from the nutrient solution. *Front. Plant Sci.* 7, S. 978.

Böhm V. (2004): Ernährung und freie Radikale. *Blickpunkt DER MANN* 2004 2 (3), S. 19-20.

Brandt P. (2005): *Reports on Food Safety 2005: Food Monitoring*. Springer Science & Business Media, S. 22.

Bratsch A. und Ramon A. (2014): Specialty crop profile: Globe Artichoke. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, S. 2.

Bucan L., Goreta S. und Perica S. (2005): Influence of transplant age and type on growth and yield of seed-propagated globe artichoke. *Acta Horticulturae* 681, S.95-98.

Calabrese N., De Palma E. und Bianco V.V. (2004): Yield and quality of new commercial seed grown artichoke. *Acta Horticulturae* 660, S.77-82.

Calabrese N., De Palma E. und Amato ,G.(2007): Harvest time and yield of artichoke cultivars propagated vegetatively or by seed. *Acta Horticulturae* 730, S. 345-350.

Cardarelli M., Roupheal Y., Saccardo F.und Colla G. (2005): An innovative vegetative propagation system for large-scale production of globe artichokes transplants. Part I Propagation system setup, *Hort Technology* 15, S. 812-816.

Ceccarelli N., Curadi M., Picciarell P., Martelloni L., Sbrana C. und Giovanneti M. (2010): Globe artichoke as functional food. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* 3, S. 197-201.

Chatterjee M., Roy K.und Janarthan M. (2012): Biological activity of carotenoids: its implications in cancer risk and prevention. *Curr. Pharm. Biotechnol.* (2012) 13, S. 180.

Ciancolini A. (2012): *Characterization and Selection of Globe Artichoke and Cardoon Germplasm for Biomass, Food and Biocompound Production*. Ph.D.Thesis. University of Toulouse, France, S. 224.

Chevallier A. (1996): *The encyclopedia of medicinal plants*. DK Publishing, New York, S. 96-97.

Colla G., Kim H., Kyriacou M. und Roupheal Y. (2018): Nitrate in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae* 237, S. 221-238.

Dabbou S., Flamini G., Pandino G., Gasco L. und Helala A.N. (2016): Phytochemical Compounds from the Crop Byproducts of Tunisian Globe Artichoke Cultivars. *Chem. Biodiversity* (2016) 13, S. 1475-1483.

De Falco B., Incerti G., Amato M. und Lanzotti V. (2015): Artichoke: botanical, agronomical, phytochemical and pharmacological overview. *Phytochemistry Reviews*, Springer, S. 2-4.

De Tullio M.C., Paciolla C., Dalla V. F., Rascio N., D'Emerico S., De Gara L., Liso R. und Arrigoni O. (1999): Changes in onion root development induced by the inhibition of peptidyl-prolyl hydroxylase and influence of the ascorbate system on cell division and elongation. *Planta* 209, S. 424-434.

Dinabandhu A. und Mahapatro G.K. (2015): Anthocyanins in plants: a precious gift of nature. *Current Biotica* 8(4), S. 341-344.

El Boullani R., Elmoslih A., El Finti A., El Mousadik A. und Serghini M.A. (2012): Improved in vitro micropropagation of artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.). *European Journal of Scientific Research* 80, S.430-436.

Escobar-Gutierrez A.J., Burns I.G., Lee A. und Edmondson R.N. (2002): Screening lettuce cultivars for low nitrate content during summer and winter production. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 77, S. 232-237.

Gallie D.R. (2013): L-Ascorbic Acid: A Multifunctional Molecule Supporting Plant Growth and Development. *Scientifica* Volume 2013.

Garcia S.M. und Cointry E.L. (2010): Vernalization of seed and plantlets and development of globe artichoke. *International Journal of Vegetable Science* 16, S.184-190.

Garcia S.M., Cointry E., Firpo I.T. und Asprelli P. (2004): Vernalization of seed grown artichoke. *Acta horticulturae* 660, S. 443-447.

Gebhardt, R. (2001): Anticholestatic activity of flavonoids from artichoke (*Cynara scolymus* L.) and of their metabolites. *Med Sci Monit* 7 Suppl 1, S. 316-320.

Graines Voltz (2018): *Le Guide du Maraîcher*. Loire-Authion, S. 16.

Halford N.G., Curtis T.Y., Muttucumaru N., J. Postles J. und Mottram D.S. (2010): Sugar in crop plants. *Annals of Applied Biology* 158, S. 1-25.

Halter L., Habegger R. und Schnitzler W.H. (2005a): Annual artichoke culture in Germany. *Acta Horticulturae* 681, S. 175-180.

Halter L., Habegger R. und Schnitzler W. H. (2005b): Field technologies for commercial production of artichoke (*Cynara scolymus* L.) in Germany. *Acta Horticulturae* 681, S. 169-174.

Halter L., Habegger R. und Schnitzler W. H. (2005c): Gibberellic acid on artichokes (*Cynara scolymus* L.) cultivated in Germany to promote earliness and to increase productivity. *Acta Horticulturae* 681, S. 75-82.

Honermeier B., Göttmann S., Bender L. und Matthes C. (2001): Die Artischocke als Arzneimittel: Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung für eine pharmazeutische Nutzung. Justus-Liebig-Universität Giessen, S. 43-45.

Honermeier B., Ali S., Leschorn B., Mahmood A., Ijaz M., Russo M., Shafiee-Hajiabad M., Ullah H. und Zeller S. (2013): Cultivation of medicinal and spice plants in Germany – A review. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 15, S. 1379-1388.

Hosseinzadeh M., Shekari F., Janmohammadi M. und Sabaghnia N. (2013): Effect of sowing date and foliar application of salicylic acid on forage yields and quality of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 68, S. 50-59.

Jahanian A., Mohammad R. C., Karamatollah R., Kamaran R. und Kazem K. (2012): The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination and primary growth of artichoke (*Cynara scolymus*). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4, S. 923-929.

Kapur A., Hasković A., Čopra-Janićijević A., Klepo L., Topčagić A., Tahirović I. und Sofić E. (2012): Spectrophotometric analysis of total ascorbic acid content in various fruits and vegetables. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina* 38, S. 39-42.

Keutgen A.J. und Pawelzik E. (2007): Modification of strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl-stress. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 55 (10), S. 4066-4072.

Khoo H.E., Azlan A., Tang S.T. und Lim S.M. (2017): Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients and the potential health benefits. *Food and Nutrition Research* 61(1), Published online 2017 Aug 13.

Kolodziej B. und Winiarska S. (2012): The effect of selected cultivation methods on yield and quality of artichoke (*Cynara scolymus* L.) raw material. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 11, S. 171-182.

Lanteri S. und Portis E. (2008): Globe artichoke and cardoon. In: Prohens J, Nuez F (eds) *Vegetables: handbook of plant breeding* Vol. 1, Springer, New York, S. 49-74.

Leskovar D. I., Xu C. H. und Agehara S. (2013): Planting configuration and plasticulture effects on growth, physiology and yield of globe artichoke. *HortScience* 48, S. 1496-1501.

Lombardo S., Pandino G. und Mauromicale G. (2010): Influence of genotype, harvest time and plant part on polyphenolic composition of globe artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori]. *Food Chem* 119, S. 1175-1181.

Lucy M., Reed E. und Glick B. R. (2004): Applications of free living plant growth promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* 86, S. 1-25.

Macua J. I., Lahoz I., Malumbres A. und Bozal J. M. (2004): Agricultural behaviour of artichokes at different planting periods in Navarra. *Acta Horticulturae* 660, S. 293-297.

Marsic N.K. und Osvold J. (2002a): The influence of different concentration of nitrogen in nutrient solution on plant growth and nitrate accumulation in aeroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agrochimica* XLVI, S. 56–65.

Marsic N.K.und Osvold J. (2002b): Effects of different nitrogen levels on lettuce growth and nitrate accumulation in nutrient solution on lettuce growth and nitrate accumulation in iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) grown hydroponically under greenhouse conditions. *Gartenbauwissenschaft* 67, S. 128-134.

Marzi V.und Lattanzio V. (1981): Studi sul carciofo. Laterza, Bari, S. 1126.

Matthes C. und Honermeier B. (2007): Cultivation of the artichoke as a medicinal plant under temperate climate conditions in Germany. *Acta Horticulturae* 730, S. 483-489.

Mauromicale G., Licandro P., Lerna A., Morello N. und Santoiemma G. (2004): Planning of globe artichoke plantlets production in nursery. *Acta Horticulturae* 66, S. 279-284.

Mauromicale G. und Lerna A. (2000): Characteristics of heads of seed-grown globe artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori] as affected by harvest period, sowing date and gibberellic acid. *Agronomie* 20, S. 197-204.

Milne B.F., Toker Y., Rubio A. und Nielsen S.B. (2014): Unravelling the intrinsic colour of chlorophyll. *Angewandte Chemie International Edition* 54, S. 7.

Muraurer C. (2018): Jungpflanzenproduktion von zehn Artischockensorten in Österreich- Untersuchung von Artischockenjungpflanzen in Bezug auf deren Entwicklung, Keimfähigkeit, Chlorophyllgehalt und der Chlorophyllfluoreszenz. Universität für Bodenkultur Wien, S. 12-18.

Nakashima K, Kiyosue T, Yamaguchi-Shinozaki K und Shinozaki K. (1997): A nuclear gene, *erd1*, encoding a chloroplast-targeted Clp protease regulatory subunit homolog is not only induced by water stress but also developmentally up-regulated during senescence in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal* 12, S. 851-861.

Nisar N., Li L., Lu S., Khin N. und Pogson B. (2015): Carotenoid Metabolism in Plants. *Molecular Plants* 8, S. 68-82.

- Nowaczyk P. und Orlin Āska M. (2007): Estimation of botanic and useful traits of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) hybrid cultivars under Polish climate conditions. *Zeszyty Problemowe Postępow Nauk Rolniczych* 517, S. 509-515.
- Pandino G., Lombardo S., Mauromicale G. und Williamson G. (2010): Caffeoylquinic Acids and Flavonoids in the Immature Inflorescence of Globe Artichoke, Wild Cardoon, and Cultivated Cardoon. *Agric. Food Chem.* (2010) 58 2, S. 1026-1031.
- Pandino G., Lombardo S. und Mauromicale G. (2011): Mineral profile in globe artichoke as affected by genotype, head part and environment. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91, S. 302-308.
- Pérez-Jiménez J., Arranz S., Taberero 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, S. 274-258.
- Petropoulos S.A., Pereira C., Ntasi G., Danalatos N., Barros L. und Ferreira I. (2017): Nutritional value and chemical composition of Greek artichoke genotypes. *Food Chemistry*, Volume 267, S. 296-302.
- Petrowicz O., Gebhardt R., Donner M., Schwandt P. und Kraft K. (1997): Effects of artichoke leaf extract (ALE) on lipoprotein metabolism in vitro and in vivo. *Artherosclerosis* 129, S. 147.
- Pignone D. und Sonnante G. (2009): Origine ed evoluzione. In: Calabrese N (ed) *Il carciofo e il cardo*. Script, Bologna, S. 2-11.
- Piston M., Machado I., Branco C.S., Cesio V., Heinzen H., Ribeiro D., Fernandes E., Campos R. und Freitas M. (2014): Infusion, decoction and hydroalcoholic extracts of leaves from artichoke (*Cynara cardunculus* L. subsp. *cardunculus*) are effective scavengers of physiologically relevant ROS and RNS. *Food Res. Int.* (2014) 64, S. 150.
- Pobereźny J., Wszelaczyńska E., Keutgen A.J. (2012): Yield and chemical content of carrot storage roots depending on foliar fertilization with magnesium and duration of storage. *J. Element.* 17(3) S. 479–494.
- Portis E., Mauromicale G. und Barchi L. (2005): Population structure and genetic variation in autochthonous globe artichoke germplasm from Sicily Island. *Plant Sci* 168, S. 1591-1598.
- Portis E., Acquadro A. und Lanteri S. (2019): *The Globe artichoke genome*. Springer Nature Switzerland AG.
- Rabara R., Behrman G., Timbol T. und Rushton P. (2017): Effect of Spectral Quality of Monochromatic LED Lights on the Growth of Artichoke Seedlings. *Frontiers in Plant Science* 8.

Raccuia S.A. und Melilli M.G. (2010): *Cynara cardunculus* L. A potential source of inulin in the Mediterranean environment: Screening of genetic variability. Australian Journal of Agricultural Research 55, S. 693-698.

Rangarajan A., Ingall B. A. und Zeppelin V. C. (2010): Vernalization strategies to enhance production of annual globe artichoke. HortTechnology 10, S. 585-588.

Riahia J., Nicolettob C., Bouzaeinc G., Arfaouic K., Najard O., Riahie H., Sassia H., Khalfallaha K.K. (2020): Globe artichoke cuttings production: Artificial vernalization pathways for the improvement of earliness, yield and marketable traits. Scientia Horticulturae 267.

Robenfroid M. (1999): Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. J Nutr 129, S. 1398S-1401.

Salata A. (2006): Dynamics of flowering of artichoke globe (*Cynara scolymus* L.) plants as depending on cultivation method. Acta Agrobotanica 59, S. 463-470.

Salata A., Gruszecki R. und Dyduch J. (2012): Morphological and qualitative characterization of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) cultivars 'Symphony' and 'Madrigal' as depending on head growth. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus 11, S. 67-80.

Sanz M. J., Porcuna J. L., Calvo E. und Martin C. (2002): Artichoke cultivars (var. Blanca de Tudela) under elevated ozone concentrations. The Scientific World Journal 2, S. 811-817.

Sękara A., Gruszecki R., Kalisz A. und Kunicki E. (2015): Globe artichoke- a vegetable, herb and ornamental of value in central Europe: A review. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 90 (4), S. 365-374.

Sharaf-eldin M. A., Schnitzler W. H., Nitz G., Razin A. M. und El-Oksh I. I. (2007): The effect of gibberellic acid (GA3) on some phenolic substances in globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* (L.) Fiori). Scientia Horticulturae 111, S. 326-329.

Shimoda H., Ninomiya K. und Nishida N. (2003): Anti-hyperlipidemic sesquiterpenes and new sesquiterpene glycosides from the leaves of artichoke (*Cynara scolymus* L.): structure requirement and mode of action. Bioorg Med Chem Lett 13, S. 223-228.

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., S. 150-155.

Schütz K., Persike M., Carle R. und Schieber A. (2006): Characterization and quantification of anthocyanins in selected artichoke (*Cynara scolymus* L.) cultivars by HPLC-DADESIMS<sub>n</sub>. Analytical and Bioanalytical Chemistry 384, S. 1511-1517.

Smith R., Baameur A., Bari M., Cahn M., Giraud D., Natwick E. und Takele E. (2008): Artichoke Production in California. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 7221, S. 1-6.

Stein S. (2013): Gemüse-Die besten Arten und Sorten. BLV Buchverlag GmbH & Co. KG, München, S. 32.

Sumanta N., Haque Ch.I., Nishika J. und Suprakash R. (2014): Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. Research Journal of Chemical Sciences 4(9), S. 63-69.

Vijn I. und Smeekens S. (1999): Fructan: more than a reserve carbohydrate?. Plant Physiol 20, S. 351-259.

Walker A. F., Middleton R. W. und Petrowicz O. (2001): Artichoke leaf extract reduces symptoms of irritable bowel syndrome in a post-marketing surveillance study. Phytother Res 15(1), S. 58-61.

Weaver L.M., Gan S., Quirino B., Amasino R.M. (1998): A comparison of the expression patterns of several senescence-associated genes in response to stress and hormone treatment. Plant Molecular Biology 37, S. 455-469.

Wittemer S.M.M. (2003): Bioverfügbarkeit und Pharmakokinetik von Caffeoylchinasäuren und Flavonoiden nach oraler Applikation von Artischockenblätter-Extrakt am Menschen. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, S. 11-15.

Zimmermann P. und Zentgraf U. (2005): The correlation between oxidative stress and leaf senescence during plant development. Cellular and Molecular Biology Letters 10, S. 515-534.

## 6.1. Internetquellen

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (2019): Nitrat und Nitrit in Lebensmitteln. <https://www.ages.at/themen/rueckstaende-kontaminanten/nitrat/>. (Zugriff: 03.03.2020)

AUSTROSAAT-Österreichische Samenzucht- u. Handels-Aktiengesellschaft (2015): Artichoke „Green Globe“ *Cynara cardunculus*. <https://www.austrosaat.at/Sortiment/Gemuesesaatgut/Spezialitaeten/Artichoke/Artichoke.htm>. (Zugriff: 23.08.2019)

Baumschule Horstmann GmbH & Co. KG (2005-2019): Artischocke-*Cynara scolymus*. [https://www.baumschule-horstmann.de/artischocke-698\\_44705.html](https://www.baumschule-horstmann.de/artischocke-698_44705.html). (Zugriff: 23.08.2019)

Betriebsgemeinschaft Theuringer (2018): Die Gourmet Idee – Artischocken aus dem Marchfeld. <https://www.theuringer.at/unser-betrieb/>. (Zugriff: 20.08.2019)

Bruno Nebelung GmbH (2019) : Artischocken Vert de Provence. <https://nebelung-shop.de/gemuese/auberginen-artischocken/368/artischocken-vert-de-provence>. (Zugriff: 23.08.2019)

DEBinet- Deutsches Ernährungsberatungs-&-Informationsnetz: Artischocke roh. <http://www.ernaehrung.de/lebensmittel/de/G410100/Artischocken-roh.php>. (Zugriff: 05.03.2020)

HILD Samen GmbH (s.a.): Artischocken. <https://www.hildsamensamen.de/shop/#/product-detail/13/foreign-article/AR5955>. (Zugriff:23.08.2019)

Hödl S. (2011): Artischocke: die vergessene Königin. <https://www.falstaff.at/nd/artischocke-die-vergessene-koenigin/>, Falstaff Nr. 5. (Zugriff: 20.08.2019)

Nunhems Netherlands B.V. (2018): Artischocke. [http://nunhems.de/www/NunhemsInternet.nsf/id/DE\\_DE\\_Artichoke](http://nunhems.de/www/NunhemsInternet.nsf/id/DE_DE_Artichoke). (Zugriff: 23.08.2019)

Rehberg C. (2020): Chlorophyll schützt Ihre Gesundheit. <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/chlorophyll-ia.html>. (Zugriff: 03.03.2020)

Teufel I. (2018): Warum sich Artischocken auch im Marchfeld wohlfühlen. <https://kurier.at/genuss/warum-sich-artischocken-auch-im-marchfeldwohlfuehlen/400068755>, Telekurier Online Medien GmbH & Co Kg, Wien. (Zugriff: 20.8.2019)

Universität für Bodenkultur Wien (2019): Lehr und Forschungszentrum Jedlersdorf. <https://boku.ac.at/dnw/gb/organisation/versuchszentrum-jedlersdorf>. (Zugriff: 21.08.2019)

## 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)