

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der  
Veterinärmedizin

der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut für Tierernährung und Funktionelle Pflanzenstoffe

(Leiter: Univ.-Prof. Dr.sc.agr. Qendrim Zebeli)

## **Antioxidative Aktivität von Extrakten aus der Muskatnuss**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Eric-Philipp Gschwendner

Wien, im Juni 2023

Betreuer

**Ao.Univ.-Prof. Dr.phil. Remigius Chizzola**

Gutachter

**Ao.Univ.Prof. Dr. Ebrahim Razzazi-Fazeli**

## Inhalt

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1	BOTANIK UND ALLGEMEINES	1
1.2	INHALTSSTOFFE UND EXTRAKTION	1
1.3	MEDIZINISCHER EINSATZ	4
1.4	ANTIOXIDANTIEN	5
1.5	FRAGESTELLUNG UND ZIEL DIESER ARBEIT	6
<b>2</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>7</b>
2.1	PRODUKTPROBEN	7
2.2	EXTRAKTION	8
2.2.1	Behandlung mit Polyvinylpyrrolidon	9
2.3	FERRIC REDUCING ANTIOXIDANT POWER (FRAP)	10
2.3.1	Material	10
2.3.2	Durchführung	11
2.3.3	Auswertung	12
2.4	DPPH-TEST	13
2.4.1	Material	13
2.4.2	Durchführung	14
2.4.3	Auswertung	15
2.5	GESAMTPHENOLE	16
2.5.1	Material	16
2.5.2	Durchführung	17
2.5.3	Auswertung	18
2.6	GESAMTFLAVONOIDE	19
2.6.1	Material	19
2.6.2	Durchführung	20
2.6.3	Auswertung	21
2.7	STATISTIK	22
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>23</b>
3.1	GESAMTBETRACHTUNG	23
3.1.1	Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)	23
3.1.2	DPPH-Test	27

3.1.3	Gesamtphenole .....	29
3.1.4	Gesamtflavonoide.....	33
3.2	GANZE MUSKATNÜSSE .....	37
3.2.1	Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) .....	37
3.2.2	DPPH-Test .....	39
3.2.3	Gesamtphenole .....	40
3.2.4	Flavonoide .....	42
3.3	GEMAHLENE MUSKATNÜSSE .....	44
3.3.1	Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) .....	44
3.3.2	DPPH-Test .....	46
3.3.3	Gesamtphenole .....	47
3.3.4	Flavonoide .....	49
3.4	MUSKATNUSSBLÜTEN .....	51
3.4.1	Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) .....	51
3.4.2	DPPH-Test .....	53
3.4.3	Gesamtphenole .....	54
3.5	KORRELATION ZWISCHEN DEN TESTS .....	56
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>67</b>
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>69</b>
<b>10</b>	<b>INTERNETQUELLEN.....</b>	<b>72</b>
<b>11</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>73</b>

## 1 Einleitung

### 1.1 Botanik und Allgemeines

Die Muskatnuss, *Myristica fragrans*, ist ein immergrüner Baum, welcher bis zu 20 Meter hoch werden kann. Im Inneren seiner gelblich-braunen Frucht befindet sich ein einzelner großer Samen, die Muskatnuss, welcher von einem roten netzartigen Samenmantel umschlossen ist. Dieser Samenmantel wird auch als Muskatblüte bezeichnet. (van Wyk 2005) Die korrekte Bezeichnung für die Muskatblüte lautet Macis bzw. Mazis. Unter dieser ist sie auch im Duden zu finden. (Cornelsen Verlag GmbH) Da der entsprechende Pflanzenteil im Handel üblicherweise, botanisch nicht korrekt, als Muskatblüte bzw. Muskatnussblüte bezeichnet wird und vielen Menschen unter diesem Namen bekannt ist, wird er im weiteren Verlauf dieser Arbeit verwendet.

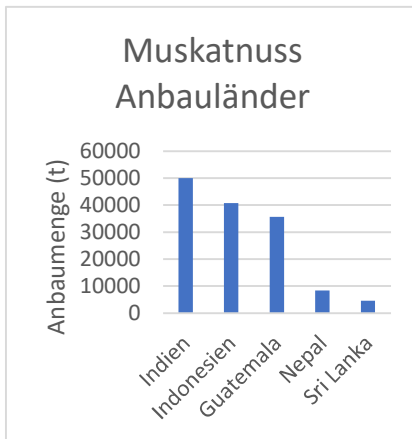


Abb. 1: Anbaumenge in Tonnen von Muskatnüssen, nach Anbauggebiet, aus dem Jahr 2021. Nach Angaben der FAO erstellt.

Die ursprüngliche Herkunft der Muskatnuss sind die Molukken. Sie wurde 540 nach Europa gebracht und erlangte 1100 allgemeine Bekanntheit. (van Wyk 2005) Heute sind, laut Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), Indien, Indonesien und Guatemala die bedeutendsten Anbauländer. (Abb. 1) Es erfolgt jedoch auch Anbau in Laos, Bhutan, Tansania, Grenada und Honduras. (Food and Agriculture Organization of the United Nations 24.03.2023)

Muskatnuss und Muskatnussblüte sind die wichtigsten Produkte und werden als Gewürze verwendet. Darüber hinaus gibt es auch noch weitere kommerziell verwendete Produkte aus der Muskatnuss. Extrakte, ätherisches Öl und

Muskatbutter werden in Lebensmitteln, Medikamenten und Parfums eingesetzt. (Handbook of herbs and spices, 2012)

### 1.2 Inhaltsstoffe und Extraktion

Die Muskatnuss enthält zahlreiche Inhaltsstoffe, welche in ätherischem Öl und Extrakten in unterschiedlicher Menge vorkommen. Auch in Extrakten unterscheiden diese sich abhängig vom gewählten Lösungsmittel.

Zur Extraktion von antioxidativen Inhaltsstoffen aus Pflanzen können unterschiedliche Lösungsmittel eingesetzt werden. Ein klarer Trend zu einem bestimmten Lösungsmittel konnte

in der Literatur nicht erkannt werden. Unter anderem werden häufig Ethanol, Methanol, Dimethylformamid, Aceton und Ethylacetat verwendet. (Altemimi et al. 2017)

Einige Inhaltsstoffe, Phenole, können als unlösliche Komplexe vorliegen, welche mit der Zellwand durch Ester- oder glykosidische Bindungen verbunden sind und durch organische Lösungsmittel nicht gelöst werden können. Diese können durch basische oder saure Hydrolyse befreit werden. (Ignat et al. 2011)

Der Einsatz von Ultraschall während der Extraktion von Pflanzenextrakten erhöht die Menge an extrahierten antioxidativen Substanzen und reduziert die notwendige Extraktionszeit erheblich. (Pan et al. 2012)

Kapoor und KollegInnen haben 2013 die Inhaltsstoffe von Muskatnüssen in Extrakten mit Isopropylalkohol, Ethanol und Ethylacetat als Lösungsmittel untersucht. Dabei wurden, abhängig vom Lösungsmittel, 40, 51 oder 37 unterschiedliche Komponenten identifiziert. Eine vollständige Liste würden den Rahmen einer Einleitung sprengen. Die fünf am stärksten vertretenen Komponenten sind:

In Ethanol:

- Elemicin (9.3%)
- Myristinsäure (7.3%)
- 2-(4-allyl-2,6-dimethoxy phenoxy)-1-(3,4,5-trimethoxyphenyl)-1-propanol (7.0%)
- Dehydrodiisoeugenol + licarin E (6.4%)
- Myristicin (4.2%)

In Ethylacetat

- Glycerine-1,3-dimyristate (29.6%)
- Elemicin (11.5%)
- Myristinsäure (5.0%)
- Dehydrodiisoeugenol + licarin E (5.9%)
- Myristicin (5.0%)

In Isopropylalkohol:

- Elemicin (17.8%)
- 2-(4-allyl-2,6-dimethoxyphenoxy)-1-(3,4,5-trimethoxyphenyl)-1-propanol (7.0%)

- Dehydrodiisoeugenol + Icarin E (9.4%)
- Myristicin (8.1%)
- Myristinsäure (5.3%)

(Kapoor et al. 2013)

Bei vielen Inhaltsstoffen der Muskatnuss handelt es sich um Phenole. Phenole kommen häufig als sekundäre Pflanzenstoffe vor. Sie bestehen aus mindestens einem aromatischen Ring und einer oder mehreren Hydroxygruppen. Phenole lassen sich anhand der Anzahl ihrer Phenolringe und der strukturellen Elemente, welche diese verbinden, in unterschiedliche Gruppen einteilen. Die Hauptgruppen sind Flavonoide, Phenolsäuren, hydrolysierbare und kondensierte Tannine, Stilbene und Lignane. (Ignat et al. 2011)

Flavonoide haben ein geringes Molekulargewicht und bestehen aus 15 Kohlenstoffatomen, welche in einer C6-C3-C6 Konfiguration angeordnet sind.

Tannine haben ein hohes Molekulargewicht. Bei hydrolysierbaren Tanninen handelt es sich um Derivate der Gallussäure. Bei kondensierten Tanninen handelt es sich um polymerisierte Flavonoide. (Balasundram et al. 2006) Zu diesen gehört auch Catechin, welches in dieser Arbeit als Vergleichsstandard in zwei Tests eingesetzt wird.

Polyvinylpyrrolidon (PVP) ist auch als Povidon bekannt und ist ein Polymer aus Vinylpyrrolidon. (Abb. 2)

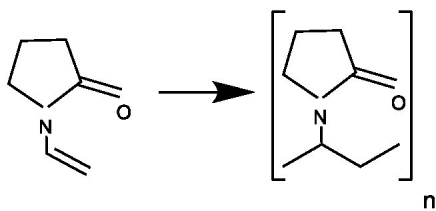


Abb. 2: Darstellung von Vinylpyrrolidon und Polyvinylpyrrolidon. Eigene Grafik nach Haaf et al. 1985.

Polyvinylpyrrolidon bildet durch Wasserstoffbrückenbindungen Komplexe mit Polyphenolen. (Haaf et al. 1985) Es bindet bei unterschiedlichen pH-Werten Tannine. Dies hat auch Auswirkung auf die *in vitro* Verdauung von Futterbestandteilen durch Bakterien im Pansensaft von Kühen. (Makkar et al. 1995)

Es wurde gezeigt, dass sich eine Behandlung mit PVP auf die biologische Wirkung von Pflanzenextrakten *in vivo* auswirkt. Bei einigen Pflanzenextrakten, mit insulinähnlicher Wirkung

auf Mäuse, konnte diese Wirkung um bis zu 100 % reduziert werden. Bei einem Extrakt aus der Muskatnuss wurde die Wirkung um 77 % reduziert. (Broadhurst et al. 2000)

PVP wird in unterschiedlichen Protokollen zur DNA-Extraktion aus Pflanzenextrakten verwendet. Ziel ist dabei immer die Entfernung von Polyphenolen, um negative Auswirkungen auf die Menge an erhaltener DNA zu vermeiden. (Doyle 1991) (Lee et al. 2021) (Chan et al. 2007)

### 1.3 Medizinischer Einsatz

In der traditionellen Medizin wird die Muskatnuss vielseitig eingesetzt. Unter anderem bei Nervosität, Magenbeschwerden, Rheuma, Entzündungen, als Aphrodisiakum, Beruhigungsmittel und bei Menstruationsbeschwerden. (Barman et al. 2021)

Auch in neuerer Zeit gibt es zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen zum medizinischen Einsatz von Muskatnüssen. Hier werden nur einige interessante Ergebnisse vorgestellt.

Es konnte gezeigt werden, dass ethanolische Extrakte aus der Muskatnuss, das Wachstum von Pilzen, welche für Pflanzenkrankheiten verantwortlich sind, hemmen. Dafür verantwortlich sind drei Lignane. Erythro-austrobailignan-6, meso-dihydroguaiaretic acid und Nectandrin B. (Cho et al. 2007) Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, dass das ätherische Öl das Wachstum unterschiedlicher, als pathogen bekannter Pilze erheblich hemmt. Es konnte, bei einer Konzentration von 0,1 % eine Reduktion des Wachstums um 60 bis 98 % nachgewiesen werden. Bei einer Konzentration von 0,3 % konnte das Wachstum von *Colletotrichum gloeosporioides* sogar um 100 % reduziert werden. (VALENTE et al. 2011)

Es wurde gezeigt, dass Muskatnussextrakte das Wachstum von Bakterien reduzieren. Dies ist sowohl bei Gram positiven Bakterien (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*) wie auch bei Gram negativen Bakterien (*Pseudomonas putida*, *Pseudomonas aeruginosa*) der Fall. Dabei schnitten Extrakte mit Aceton besser ab als jene mit Ethanol, Methanol, Butanol oder Wasser. (Gupta et al. 2013)

Ätherisches Öl aus der Muskatnuss hemmt das Wachstum von Bakterien, welche bei tiefer Karies und in infizierten Wurzelkanälen vorkommen. (Setty et al. 2020)

2019 wurde in einem Tierversuch festgestellt, dass eine Behandlung mit Muskatnuss die Anzahl und Größe von Darmtumoren bei Mäusen um 65 % bzw., 37 % verringert. Dieser Effekt wird einer Modulation des mikrobiellen Metabolismus im Darm der Tiere zugeschrieben. (Li et al. 2015)

Wie ein Tierversuch 2005 zeigen konnte, erhöht die Einnahme von Muskatnussextrakt, zumindest bei männlichen Ratten, die sexuelle Aktivität. Sowohl Libido wie auch Potenz wurden bei einer oralen Aufnahme von 500 mg/kg signifikant erhöht. (Tajuddin et al. 2005)

Die Muskatnuss wird jedoch auch als Droge missbraucht. Vor allem Gefängnisinsassen, Studenten und Heranwachsende nutzen die Muskatnuss, um halluzinogene Effekte herbeizuführen. Diese Wirkung kommt durch die Umwandlung von Myristicin und Elemicin in Amphetaminderivate zustande. Myristicin wird zu 3-methoxy-dioxy amphetamine (MMDA) metabolisiert. Bereits eine Dosis von 5-30 g Muskatnuss kann einen psychogenen Effekt auslösen. Dies entspricht etwa einer bis drei Muskatnüssen, also einer Menge, welche problemlos und ohne aufzufallen, in den meisten Supermärkten erworben werden kann. Bei Muskatnusspulver werden bereits 5 g als toxische Dosis betrachtet. Dies entspricht etwas weniger als einem Teelöffel. Nebenwirkungen einer Überdosierung sind Tachykardie, ein trockener Mund, verschwommene Sicht, ein Gefühl von Euphorie und Delirium. Die Symptome beginnen erst 3 bis 6 Stunden nach der Einnahme und können bis zu 36 Stunden anhalten. Todesfälle, im Zusammenhang mit Muskatnüssen sind jedoch sehr selten. (Rahman et al. 2015) Der verzögerte Wirkungseintritt ist problematisch, da dieser Personen dazu verleiten kann die Dosis zu erhöhen. Eine mangelnde Wirkung wird oft einer zu geringen Dosis zugeschrieben, statt einfach länger auf den Eintritt der Wirkung zu warten.

#### **1.4 Antioxidantien**

Antioxidantien werden seit langer Zeit im Zusammenhang mit Gesundheit und der Lebensmittelindustrie untersucht. Traditionell wurde davon ausgegangen, dass der gesundheitliche Nutzen von Antioxidantien in Lebensmitteln primär darin besteht, freie Radikale zu entfernen. Das führt zur Annahme, dass eine Steigerung des Gehalts an antioxidativen Inhaltsstoffen auch im selben Ausmaß zu einem niedrigeren Risiko der Erkrankung an chronischen Krankheiten führt. Neuere Betrachtungen zeigen jedoch, dass der Nutzen von Antioxidantien nicht nur unmittelbar durch die Reduktion von freien Radikalen entsteht, sondern weitere Mechanismen beteiligt sind.

Ein Teil der Wirkung entsteht durch die Beeinflussung von Signalwegen, welche zur Expression von Genen und Aktivierung von Enzymen führen, welche Radikale und Toxine reduzieren. Viele Gene verfügen über „Antioxidant response elements“ (ARE) in ihrer Promotorregion, welche, durch eine Kaskade von anderen Enzymen, durch pflanzliche Antioxidantien aktiviert werden können. Dies hat nicht nur einen positiven Einfluss auf die

langsamere und seltenere Entwicklung von chronischen Krankheiten, sondern kann auch zu seltenerem Auftreten von Krebs führen. (Finley et al. 2011) Dieser Effekt ist unter anderem für Polyphenole aus dem Grüntee gut untersucht. (Yu et al. 1997)

Ein weiterer Mechanismus von antioxidativen Substanzen besteht in der Regulierung von Substanzen, welche für die Bildung von Radikalen verantwortlich sind. Einige Gene, welche relevant für die Eisenhomöostase sind, verfügen über ARE. Dies führt zu einer Reduktion von freiem Eisen in der Zelle.

Geringfügiger oxidativer Stress kann jedoch auch einen positiven Einfluss haben. Intrazelluläre Radikale stimulieren die Expression von immunreaktiven Proteinen, wie Zytokinen und Chemokinen. Auch sind Radikale für die mitochondriale Biogenese relevant. Dies hat Einfluss auf die mitochondriale Anpassung an körperliche Aktivität. Wobei anzumerken ist, dass dies nicht von oxidativem Stress im Allgemeinen, sondern von spezifischen Radikalen verursacht wird. (Finley et al. 2011)

Das österreichische Lebensmittelbuch (ÖLMB) gibt Mindestqualitätskriterien für Muskatnüsse und Muskatblüten vor. Es schreibt jedoch nur einen Mindestgehalt an ätherischen Ölen, sowie Maximalgehalte für Asche und „Sand“ vor. Ganze und gemahlene Muskatnüsse dürfen maximal 4,5 % Asche und 0,8 % „Sand“ enthalten. Ganze Muskatnüsse müssen mindestens 5,5 %, gemahlene mindestens 4,5 % ätherisches Öl enthalten. Muskatblüten dürfen maximal 3 % Asche und 0,5 % „Sand“ enthalten. Sie müssen mindestens 7 % ätherische Öle enthalten. (Lebensmittelversuchsanstalt)

Hinsichtlich der antioxidativen Aktivität gibt es jedoch keine verpflichtenden Qualitätskriterien für Muskatnüsse im österreichischen Handel.

### **1.5 Fragestellung und Ziel dieser Arbeit**

Die Muskatnuss enthält in ihrer handelsüblichen Form als Gewürz zahlreiche antioxidative Inhaltsstoffe. Diese sind unterschiedlich stark in der Muskatnuss gebunden und können teilweise, vor allem Polyphenole, mit Hilfe von PVP aus dem Extrakt entfernt werden. In dieser Diplomarbeit werden Proben aus dem österreichischen Lebensmittelhandel auf ihre antioxidative Aktivität hin untersucht. Es werden zwei unterschiedliche Extraktionsmethoden gegenübergestellt und jeweils ermittelt, wie hoch der Anteil an mit PVP entfernbaren Stoffen ist. Die Bedeutung für Kundinnen und Kunden wird diskutiert. Mögliche Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der antioxidativen Inhaltsstoffe werden diskutiert.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Produktproben

Zur Untersuchung wurden Proben aus dem österreichischen Handel verwendet. Diese waren zum Zeitpunkt dieser Arbeit bereits im Besitz des Instituts für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe, da sie auch für weitere Untersuchungen verwendet wurden. Diese lassen sich in drei Produktkategorien einteilen.

- Gemahlene Muskatnüsse
- Ganze Muskatnüsse
- Muskatnussblüten (Mazis)

Eine Auflistung der Herstellerfirmen der untersuchten Produktproben und die Zugehörigkeit zur jeweiligen Produktkategorie kann Tab. 1 entnommen werden.

Tab. 1: Produktproben

<b>Probennummer</b>	<b>Firma</b>	<b>Produktkategorie</b>
1	Sonnetor	gemahlen
2	Probio	gemahlen
3	EZA	gemahlen
4	Le Gusto	gemahlen
5	Kotányi	gemahlen
6	Wiberg	gemahlen
7	Sonnetor	ganz
8	Kiano	ganz
9	Vivera	ganz
10	Albert Nemes	ganz
11	Alnatura	ganz
12	EZA	ganz
13	Wiberg	ganz
14	Kiano	Blüte
15	Life Earth	Blüte
16	EZA	Blüte

## 2.2 Extraktion

Chemikalien:

60 % Ethanol (Chem-Lab)

37 % Salzsäure (Carl Roth)

Geräte und sonstiges Material:

Ultraschallbad (Bandelin Sonorex RK156H)

Schwingmühle (Retsch MM301)

Messkolben und Glaspfropfen

Glastrichter

Epruvette

Pipettensatz (Biohit Proline) und Spitzen

Papier-Faltenfilter (Whatman)

Thermometer

Schnappdeckelgläser, braun und passende Deckel

Messer

Lösungen:

37%ige Salzsäure 1:5 mit *Aqua dest.* verdünnt.

Durchführung:

Alle Produktproben werden sowohl ausschließlich in 60 % Ethanol wie auch unter Zugabe einer Salzsäurelösung und Wärmebehandlung, zur Durchführung einer sauren Hydrolyse, extrahiert.

Die Extraktion aller Produktproben erfolgt jeweils als Duplikat.

Ganze Muskatnüsse und Muskatnussblüten werden mit einem Messer grob zerkleinert und in einer Schwingmühle, bei einer Frequenz von 30 Schwingungen pro Sekunde, für 30 Sekunden gemahlen. Alle Komponenten der Schwingmühle, welche mit den Proben in Kontakt kommen,

werden zwischen den einzelnen Durchgängen erst mit *Aqua dest.* und anschließend mit Ethanol gereinigt. Das Mahlen erfolgt jeweils am selben Tag, unmittelbar vor der Extraktion.

400 mg Produktprobe werden in einen 25 ml Messkolben eingewogen und 18 ml 60%iges Ethanol hinzugefügt. Anschließend werden bei jenen Proben, welche mit saurer Hydrolyse extrahiert werden sollten, 2,5 ml Salzsäurelösung hinzugefügt. Bei an anderen Proben werden weitere 2,5 ml *Aqua dest.* hinzugefügt. Die Kolben werden zuerst mit Glaspfropfen und anschließend mit Parafilm gründlich verschlossen.

Proben ohne saure Hydrolyse werden für 60 Minuten in das Ultraschallbad, mit Wasser auf Raumtemperatur, gestellt. Für Proben mit saurer Hydrolyse wird das Ultraschallbad auf 60 °C vorgeheizt und die Proben für 60 Minuten in das Ultraschallbad gestellt.

Nach 30 Minuten Abkühlen auf Raumtemperatur werden die Messkolben mit 60%igem Ethanol auf 25 ml aufgefüllt und geschwenkt.

Die Proben werden, unter Zuhilfenahme von Glastrichtern, durch einen Papierfilter in Eprouvetten gefiltert.

Jeder Extrakt wird in Portionen zu je 5 ml in braune Schnappdeckelgläser gefüllt. In diese wird, bei teilweise aufgesetztem Deckel, mit einer Pipettenspitze für 30 Sekunden Stickstoff eingeblubbert, um zumindest einen Teil des enthaltenen Sauerstoffs zu verdrängen. Anschließend werden sie zügig, gleichzeitig mit dem Entfernen der Pipettenspitze, verschlossen.

Die beschrifteten Extrakte werden, bis zu ihrer Verwendung, bei -25 °C, dunkel in einem Gefrierschrank gelagert.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird der rein ethanolische Extrakt auch als „normaler“ Extrakt und der Extrakt mit saurer Hydrolyse als „saurer“ Extrakt bezeichnet.

### **2.2.1 Behandlung mit Polyvinylpyrrolidon**

Die Behandlung mit PVP erfolgt jeweils frisch am Tag der Analyse. Da sie immer gleich erfolgt, wird sie jedoch nur einmal hier beschrieben, statt bei jedem Test erneut.

Chemikalien:

Polyvinylpyrrolidon K30 (~40000 g/mol) (PVP) (Carl Roth)

Geräte und sonstiges Material:

Zentrifuge (Hettich Universal 320 R)

Eppendorfgefäß 2 ml (Carl Roth)

Pipettensatz und Spitzen

Durchführung:

100 mg PVP wird in ein 2 ml Eppendorfgefäß eingewogen. 1 ml Extrakt und 1 ml *Aqua dest.* wird hinzugefügt und die verschlossenen Gefäße kräftig geschüttelt.

Die Gefäße werden für 15 Minuten, im Kühlraum bei 5 °C, gelagert und anschließend für 10 Minuten bei 3000 g zentrifugiert.

Anschließend wird 1 ml von oben abpipettiert und in ein frisches Eppendorfgefäß übertragen.

Zur Verwendung als Nullwert wird mit 60%igem Ethanol gleich verfahren, wie es für Extrakte beschrieben wurde.

### **2.3 Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)**

Antioxidative Stoffe reduzieren Fe(III) zu Fe(II). Fe(II) reagiert zusammen mit 2,4,6-tripyridyl-s-triazin (TPTZ) zu Fe(II)(TPTZ)<sub>2</sub>. Dieses weist eine typische blaue Farbe auf, deren Extinktion mit dem Photometer gemessen werden kann. Um die Stärke dieses Vorgangs angeben zu können, kommt eine Verdünnungsreihe mit bekannten Konzentrationen von Fe(II) zum Einsatz. Im Gegensatz zum Test auf Gesamtphenole erfolgt der FRAP-Test unter sauren Bedingungen. (Huang et al. 2005)

#### **2.3.1 Material**

Chemikalien:

37%ige Salzsäure (Carl Roth)

Natriumacetat trihydrat (Merck)

Essigsäure (Carl Roth)

2,4,6-tripyridyl-s-triazin (TPTZ) (Sigma-Aldrich)

Eisen(II)-sulfat-Heptahydrat (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) (Merck)

Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat (FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O) (Carl Roth)

Geräte und sonstiges Material:

Ultraschallbad (Bandelin Sonorex RK156H)

Analysewaage (Mettler Toledo, New Classic MS)

Mikrotiterplatten-Lesegerät (Bio Rad iMark)

Pipettensatz (Biohit Proline) und Spitzen

Mikrotiterplatten (Greiner Bio-One)

Parafilm (Bemis)

Messkolben und Glasstopfen

Messzylinder

Lösungen:

Salzsäurelösung: 1 ml 37%ige Salzsäure in 299 ml *Aqua dest.* lösen

Essigsäurepuffer: 1,55 g Natriumacetattri-hydrat in 8 ml Essigsäure lösen und auf 500 ml mit *Aqua dest.* auffüllen

0,0312 g TPTZ in 10 ml obiger Salzsäurelösung lösen und 5 Minuten in Ultraschallbad stellen. Währenddessen wird die Lösung mit Alufolie vor Licht geschützt.

0,0125 g Eisen(II)-sulfat-Heptahydrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) in 50 ml *Aqua dest.* lösen.

0,054 g Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) in 10ml *Aqua dest.* lösen und 5 Minuten in Ultraschallbad stellen. Währenddessen wird die Lösung mit Alufolie vor Licht geschützt.

Arbeitsreagenz: 2,5 ml TPTZ-Lösung und 2,5 ml  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -Lösung in 25 ml Essigsäurepuffer lösen. Das fertige Arbeitsreagenz wird durch Umwicklung mit Alufolie vor Licht geschützt.

### 2.3.2 Durchführung

Auf eine 96-Well-Mikrotiterplatte werden jeweils eine Verdünnungsreihe des  $\text{FeSO}_4$ -Standards zur Erstellung einer Kalibrierungskurve sowie Extrakte mehrerer Produktproben untersucht. Jeder Standard und jeder Extrakt werden jeweils in vier Wiederholungen auf die Platte aufgetragen.

Zur Erstellung einer Kalibrierungskurve werden 0 µl, 5 µl, 10 µl, 15 µl, 20 µl und 25 µl FeSO<sub>4</sub>-Lösung pipettiert (Tab. 2). Um eine mögliche Auswirkung von PVP-Rückständen zu berücksichtigen, wird ein separater Nullwert, mit 10 µl PVP-behandeltem Lösungsmittel, für PVP-behandelte Proben pipettiert. Es werden jeweils 5 µl Extrakt oder 10 µl mit PVP behandelter Extrakt pipettiert (Tab. 3). Anschließend wird eine passende Menge Methanol pipettiert, um insgesamt 25 µl in allen Nöpfchen zu haben.

180 µl Arbeitsreagenz wird in alle Nöpfchen pipettiert.

Tab. 2: FRAP: Pipettierschema Kalibrierungskurve

FeSO <sub>4</sub> -Lösung (µl)	Methanol (µl)	Arbeitsreagenz (µl)
0	25	180
5	20	180
10	15	180
15	10	180
20	5	180
25	0	180

Tab. 3: FRAP: Pipettierschema: Extrakte

	Extrakt (µl)	Methanol (µl)	Arbeitsreagenz (µl)
Extrakt ohne PVP	5	20	180
Extrakt mit PVP	10	15	180

Die Platte wird mit Parafilm abgedeckt und fünf Minuten im dunklen inkubiert.

Anschließend wird der Parafilm entfernt und die Extinktion bei 595 nm gemessen.

### 2.3.3 Auswertung

Die Auswertung erfolgt mit Microsoft Excel. Zur weiteren Berechnung wird jeweils der Mittelwert der vier Wiederholungen herangezogen. Zur Bestimmung der antioxidativen Aktivität einer Produktprobe wird der Mittelwert der Extraktduplikate gebildet.

Von den Messwerten der Verdünnungsreihe wird der Nullwert abgezogen und mithilfe der Funktionen „STEIGUNG()“ und „ACHSABSCHNITT()“ die Steigung und der Achsabschnitt der

Kalibrierungskurve berechnet. Dabei werden die bekannten Werte des FeSO<sub>4</sub>-gehalts auf der x-Achse und die Extinktionen auf der y-Achse verwendet.

Von den Messwerten der Extrakte wird der Nullwert abgezogen und anhand von Steigung und Achsabschnitt der Kalibrierungskurve die antioxidative Aktivität, in FeSO<sub>4</sub>-Äquivalent berechnet.

Zuerst wird die antioxidative Aktivität pro Nöpfchen berechnet:

$$\frac{\text{Extinktion} - \text{Nullwert} - \text{Achsabschnitt}}{\text{Steigung}} = \text{Antioxidative Aktivität (AN)}$$

Anschließend wird unter Berücksichtigung von verwendetem Extraktvolumen, Lösungsmittelvolumen bei der Extraktion und Einwaage bei der Extraktion die antioxidative Aktivität pro Gramm Produktprobe berechnet.

$$\frac{AN}{EV} * \frac{LV}{W} = AP$$

AN: Antioxidative Aktivität pro Nöpfchen; EV: Extraktvolumen (µl); LV: Lösungsmittelvolumen (ml); W: Gewicht der Produktprobe in der Extraktion (g); AP: Antioxidative Aktivität im Produkt (mg/g Eisen(II)-Äquivalente).

## 2.4 DPPH-Test

2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazil (DPPH) ist ein stabiles Radikal, welches eine typische Farbe aufweist, deren Extinktion mit einem Photometer gemessen werden kann. Diese Farbe verblasst im selben Ausmaß in dem DPPH reduziert wird. Säuren oder Basen im Lösungsmittel des Extrakts haben erheblichen Einfluss auf das Ergebnis dieses Tests. (Huang et al. 2005) Der Test wurde nur mit rein ethanolischen Extrakten, ohne saure Hydrolyse, durchgeführt. Zur quantitativen Angabe der Reduktion des DPPH, wird eine Verdünnungsreihe eines bekannten Antioxidans, in diesem Fall Trolox, als Kalibrierungskurve verwendet.

### 2.4.1 Material

Chemikalien:

2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazil (DPPH) (Sigma-Aldrich)

Methanol (Chem-Lab)

Ethanol (Chem-Lab)

Trolox (Fluka)

Ultraschallbad

Geräte und sonstiges Material:

Pipettensatz und Spitzen

Analysewaage

Messkolben und Glasstopfen

Mikrotiterplatten

Mikrotiterplatten-Lesegerät

Parafilm

Lösungen:

0,0038 g DPPH in 25 ml Methanol lösen. Die Lösung wird mit Alufolie vor Licht geschützt.

0,0063 g Trolox in 10 ml 96 % Ethanol lösen und 3 Minuten in Ultraschallbad stellen.

#### 2.4.2 Durchführung

Auf eine 96-Well-Mikrotiterplatte werden jeweils eine Verdünnungsreihe des Trolox-Standards zur Erstellung einer Kalibrierungskurve sowie Extrakte mehrerer Produktproben untersucht. Jeder Standard und jeder Extrakt werden jeweils in vier Wiederholungen auf die Platte aufgetragen.

Zur Erstellung einer Kalibrierungskurve werden 0 µl, 1 µl, 2 µl, 4 µl, 6 µl und 8 µl Trolox-Lösung pipettiert (Tab. 4). Zur Erstellung eines Nullwerts 20 µl Trolox. Es werden jeweils 5 µl Extrakt oder 10 µl mit PVP behandelter Extrakt pipettiert (Tab. 5). Anschließend wird eine passende Menge Methanol pipettiert, um insgesamt 100 µl in allen Nöpfchen zu haben.

100 µl DPPH-Lösung wird in alle Nöpfchen pipettiert.

Tab. 4: DPPH Pipettierschema Kalibrierungskurve

Trolox-Lösung (µl)	Methanol (µl)	DPPH-Lösung (µl)
0	100	100
1	99	100

2	98	100
4	96	100
6	94	100
8	92	100
20	80	100

Tab. 5: DPPH Pipettierschema Extrakte

	Extrakt (µl)	Methanol (µl)	DPPH (µl)
Extrakt ohne PVP	5	95	100
Extrakt mit PVP	10	90	100

Anschließend wird die Platte mit Parafilm abgedeckt und für 30 Minuten im dunklen inkubiert.

Nach Ablauf der 30 Minuten wird der Parafilm entfernt und die Extinktion bei 490 nm gemessen.

### 2.4.3 Auswertung

Die Auswertung erfolgt mit Microsoft Excel. Zur weiteren Berechnung wurde jeweils der Mittelwert der vier Wiederholungen herangezogen. Zur Bestimmung der antioxidativen Aktivität einer Produktprobe wird der Mittelwert der ExtraktduPLICATE gebildet.

Von den Messwerten der Verdünnungsreihe wird der Nullwert abgezogen und mithilfe der Funktionen „STEIGUNG()“ und „ACHSABSCHNITT()“ die Steigung und der Achsabschnitt der Kalibrierungskurve berechnet. Dabei werden die bekannten Werte des Troloxgehalts auf der x-Achse und die Extinktionen auf der y-Achse verwendet. Als Nullwert wird diesmal ein Ansatz mit einem Überschuss an Trolox genommen, bei dem das vorliegende DPPH vollständig entfärbt wird.

Von den Messwerten der Extrakte wird der Nullwert abgezogen und anhand von Steigung und Achsabschnitt der Kalibrierungskurve die antioxidative Aktivität, in Trolox-Äquivalent, berechnet.

Zuerst wird die antioxidative Aktivität pro Nöpfchen berechnet:

$$\frac{\text{Extinktion} - \text{Nullwert} - \text{Achsabschnitt}}{\text{Steigung}} = \text{Antioxidative Aktivität (AN)}$$

Anschließend wird unter Berücksichtigung von verwendetem Extraktvolumen, Lösungsmittelvolumen bei der Extraktion und Einwaage bei der Extraktion die antioxidative Aktivität pro Gramm Produktprobe berechnet.

$$\frac{AN}{EV} * \frac{LV}{W} = AP$$

AN: Antioxidative Aktivität pro Nöpfchen; EV: Extraktvolumen (µl); LV: Lösungsmittelvolumen (ml); W: Gewicht der Produktprobe in der Extraktion (g); AP: Antioxidative Aktivität im Produkt (mg/g Trolox-Äquivalente).

## 2.5 Gesamtphenole

Der Test auf Gesamtphenole, mit Hilfe des Folin-Ciocalteu-Reagenzes (FCR) wird bereits sehr lange verwendet und ist im Allgemeinen unter diesem Namen bekannt. Bei der Reduktion des FCR kommt es zur Bildung eines blauen Farbstoffes, dessen Extinktion mit einem Photometer gemessen werden kann. Dies geschieht durch Elektronentransfer, welcher jedoch nicht nur durch Phenole erfolgen kann. (Huang et al. 2005) Daher ist auch nach vollständigem Entfernen aller Phenole mit einer gewissen Restaktivität zu rechnen, wenn im Extrakt Inhaltsstoffe enthalten sind, welche in der Lage sind, im basischen Milieu des Tests, das FCR zu reduzieren.

### 2.5.1 Material

Chemikalien:

Catechin (Sigma-Aldrich)

Ethanol

Natriumcarbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (Merck)

Folin-Ciocalteu-Reagenz (Chem-Lab)

Geräte und sonstiges Material

Analysewaage

Pipettensatz und Spitzen

Messkolben und Glasstopfen

Schüttler (Bioer, Mixing Block MB-102)

Mikrotiterplatten

Mikrotiterplatten-Lesegerät

Parafilm

Lösungen:

35 g Natriumcarbonat in 100 ml *Aqua dest.* lösen.

10 mg Catechin in 20 ml Ethanol lösen.

### 2.5.2 Durchführung

Auf eine 96-Well-Mikrotiterplatte werden jeweils eine Verdünnungsreihe des Catechin-Standards zur Erstellung einer Kalibrierungskurve sowie Extrakte mehrerer Produktproben untersucht. Jeder Standard und jeder Extrakt werden jeweils in vier Wiederholungen auf die Platte aufgetragen.

Es wird eine entsprechende Menge *Aqua dest.* pipettiert, um nach späterer Zugabe des Standards bzw. der Extrakte 110 µl Inhalt in allen Nöpfchen zu haben.

Zur Erstellung einer Kalibrierungskurve werden 0 µl, 2 µl, 4 µl, 6 µl, 8 µl, 10 µl und 12 µl Catechin-Lösung pipettiert (Tab. 6). Um eine mögliche Auswirkung von PVP-Rückständen zu berücksichtigen, wird ein separater Nullwert, mit 20 µl PVP-behandeltem Lösungsmittel, für PVP-behandelte Proben, pipettiert. Es werden jeweils 10 µl Extrakt oder 20 µl mit PVP behandelte Extrakt pipettiert (Tab. 7).

5 µl Folin-Ciocalteu-Reagenz wird in alle Nöpfchen pipettiert.

Die Platte wird drei Minuten auf einem Schüttler geschüttelt.

10 µl Natriumcarbonatlösung wird in alle Nöpfchen pipettiert.

125 µl *Aqua dest.* wird in alle Nöpfchen pipettiert.

Tab. 6: Gesamtphenole: Pipettierschema Kalibrierungskurve

Catechin-Lösung (µl)	<i>Aqua dest.</i> (µl)	Folin-Ciocalteu-Reagenz (µl)	Natriumcarbonatlösung (µl)	<i>Aqua dest.</i> (µl)
0	110	5	10	125
2	108	5	10	125
4	106	5	10	125

6	104	5	10	125
8	102	5	10	125
10	100	5	10	125
12	98	5	10	125

Tab. 7: Gesamtphenole: Pipettierschema Extrakte

	Extrakt (µl)	<i>Aqua dest.</i> (µl)	Folin-Ciocalteu-Reagenz	Natriumcarbonatlösung (µl)	<i>Aqua dest.</i> (µl)
Extrakt ohne PVP	10	100	5	10	125
Extrakt mit PVP	20	90	5	10	125

Die Platte wird mit Parafilm abgedeckt und 60 Minuten im dunklen inkubiert.

Anschließend wird der Parafilm entfernt und die Extinktion bei 750 nm gemessen.

### 2.5.3 Auswertung

Die Auswertung erfolgt mit Microsoft Excel. Zur weiteren Berechnung wird jeweils der Mittelwert der vier Wiederholungen herangezogen. Zur Bestimmung der antioxidativen Aktivität einer Produktprobe wird der Mittelwert der Extraktduplikate gebildet.

Von den Messwerten der Verdünnungsreihe wird der Nullwert abgezogen und mithilfe der Funktionen „STEIGUNG()“ und „ACHSABSCHNITT()“ die Steigung und der Achsabschnitt der Kalibrierungskurve berechnet. Dabei werden die bekannten Werte des Catechingehalts auf der x-Achse und die Extinktionen auf der y-Achse verwendet.

Von den Messwerten der Extrakte wird der Nullwert abgezogen und anhand von Steigung und Achsabschnitt der Kalibrierungskurve die antioxidative Aktivität, in Catechin Äquivalent, berechnet.

Zuerst wird die antioxidative Aktivität pro Nöpfchen berechnet:

$$\frac{\text{Extinktion} - \text{Nullwert} - \text{Achsabschnitt}}{\text{Steigung}} = \text{Antioxidative Aktivität (AN)}$$

Anschließend wird unter Berücksichtigung von verwendetem Extraktvolumen, Lösungsmittelvolumen bei der Extraktion und Einwaage bei der Extraktion die antioxidative Aktivität pro Gramm Produktprobe berechnet.

$$\frac{AN}{EV} * \frac{LV}{W} = AP$$

AN: Antioxidative Aktivität pro Nöpfchen; EV: Extraktvolumen (µl); LV: Lösungsmittelvolumen (ml); W: Gewicht der Produktprobe in der Extraktion (g); AP: Antioxidative Aktivität im Produkt (mg/g Catechin-Äquivalente).

## 2.6 Gesamtflavonoide

Für die Bestimmung von Flavonoiden mittels Aluminiumchlorid gibt es zahlreiche voneinander abweichende Protokolle. Das Grundprinzip des Tests besteht darin, dass Flavonoide zusammen mit Aluminiumchlorid einen farbigen Komplex bilden, dessen Absorption mit einem Photometer gemessen werden kann. Das genaue Maximum dieser Absorption ist jedoch abhängig vom verwendeten Flavonoid. Dadurch kann es, abhängig vom verwendeten Standard und den im Extrakt vorhandenen Flavonoiden, sowohl zu falsch-positiven wie auch falsch-negativen Ergebnissen kommen. (Shraim et al. 2021)

Trotz dieser Probleme wurde der Test in der Vergangenheit sehr oft eingesetzt und ist in unzähligen Arbeiten zur Betrachtung der antioxidativen Aktivität von Pflanzen enthalten. Daher wurde der Test auch in dieser Arbeit inkludiert. Ob es Sinn macht, den Test in Zukunft weiter breit einzusetzen, ist nach den Ergebnissen von Shraim et al. jedoch zu hinterfragen.

### 2.6.1 Material

Chemikalien:

Catechin

Natriumnitrit (NaNO<sub>2</sub>)

Aluminium-III-Chlorid-Hexahydrat (AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O) (Sigma-Aldrich)

Methanol

Geräte und sonstiges Material:

Analysewaage

Pipettensatz und Spitzen

Mikrotiterplatten-Lesegerät

Mikrotiterplatten

Parafilm

Messkolben und Glasstopfen

Lösungen:

0,5 g NaNO<sub>2</sub> in 20 ml *Aqua dest.* lösen.

2 g AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O in 20 ml *Aqua dest.* lösen.

10 mg Catechin in 20 ml Methanol lösen.

### 2.6.2 Durchführung

Auf eine 96-Well-Mikrotiterplatte werden jeweils eine Verdünnungsreihe des Catechin-Standards zur Erstellung einer Kalibrierungskurve sowie Extrakte mehrerer Produktproben untersucht. Jeder Standard und jeder Extrakt werden jeweils in vier Wiederholungen auf die Platte aufgetragen.

Es wird eine entsprechende Menge *Aqua dest.* pipettiert, um nach Zugabe des Standards bzw. der Extrakte 185 µl Inhalt in allen Nöpfchen zu haben. Zur Erstellung einer Kalibrierungskurve werden 0 µl, 3 µl, 6 µl, 9 µl, 12 µl und 15 µl Catechin-Lösung pipettiert (Tab. 8). Um eine mögliche Auswirkung von PVP-Rückständen zu berücksichtigen, wird ein separater Nullwert, mit 30 µl PVP-behandeltem Lösungsmittel, für PVP-behandelte Proben pipettiert (Tab. 9).

Es werden jeweils 15 µl Extrakt oder 30 µl mit PVP behandelter Extrakt pipettiert.

20 µl Natriumnitrat-Lösung wird in alle Nöpfchen pipettiert.

20 µl Aluminiumchlorid-Lösung wird in alle Nöpfchen pipettiert.

Tab. 8: Gesamtflavonoide: Pipettierschema Kalibrierungskurve

Catechin-Lösung (µl)	<i>Aqua dest.</i> (µl)	Natriumnitrat-Lösung (µl)	Aluminiumchlorid-Lösung (µl)
0	185	20	20
3	182	20	20
6	179	20	20
9	176	20	20

12	173	20	20
15	170	20	20

Tab. 9: Gesamtflavonoide: Pipettierschema Extrakte

	<i>Aqua dest.</i> ( $\mu\text{l}$ )	<i>Extrakt</i> ( $\mu\text{l}$ )	Natriumnitrat- Lösung ( $\mu\text{l}$ )	Aluminiumchlorid- Lösung ( $\mu\text{l}$ )
Extrakt ohne PVP	170	15	20	20
Extrakt mit PVP	155	30	20	20

Die Platte wird mit Parafilm abgedeckt und fünf Minuten inkubiert.

Anschließend wird der Parafilm entfernt und die Extinktion bei 415 nm gemessen.

### 2.6.3 Auswertung

Die Auswertung erfolgt mit Microsoft Excel. Zur weiteren Berechnung wird jeweils der Mittelwert der vier Wiederholungen herangezogen. Zur Bestimmung der antioxidativen Aktivität einer Produktprobe wurde der Mittelwert Extraktduplikate gebildet.

Von den Messwerten der Verdünnungsreihe wird der Nullwert abgezogen und mithilfe der Funktionen „STEIGUNG()“ und „ACHSABSCHNITT()“ die Steigung und der Achsabschnitt der Kalibrierungskurve berechnet. Dabei werden die bekannten Werte des Catechingehalts auf der x-Achse und die Extinktionen auf der y-Achse verwendet.

Von den Messwerten der Extrakte wird der Nullwert abgezogen und anhand von Steigung und Achsabschnitt der Kalibrierungskurve die antioxidative Aktivität, in Catechin Äquivalent, berechnet.

Zuerst wird die antioxidative Aktivität pro Nöpfchen berechnet:

$$\frac{\text{Extinktion} - \text{Nullwert} - \text{Achsabschnitt}}{\text{Steigung}} = \text{Flavonoidgehalt (FN)}$$

Anschließend wird unter Berücksichtigung von verwendetem Extraktvolumen, Lösungsmittelvolumen bei der Extraktion und Einwaage bei der Extraktion die antioxidative Aktivität pro Gramm Produktprobe berechnet.

$$\frac{FN}{EV} * \frac{LV}{W} = FP$$

FN: Antioxidative Aktivität pro Nüpfchen; EV: Extraktvolumen ( $\mu$ l); LV: Lösungsmittelvolumen (ml); W: Gewicht der Produktprobe in der Extraktion (g); FP: Flavonoidgehalt im Produkt (mg/g Catechin-Äquivalente).

## 2.7 Statistik

Bei dieser Arbeit handelt es sich um einen Überblick über die antioxidative Aktivität von Muskatnüssen und Muskatnussblüten, in Handelsprodukten am österreichischen Markt. Die statistische Auswertung erfolgt daher primär deskriptiv. Innerhalb der jeweiligen Produktgruppen werden Minimum, Maximum, Mittelwert, Spannweite, Standardabweichung und Variationskoeffizient angegeben. Es werden die Extraktion in Ethanol und Extraktion mit zusätzlicher saurer Hydrolyse verglichen. Dabei werden Minimum, Maximum, Mittelwert, Spannweite, Standardabweichung und Variationskoeffizient der Differenz zwischen den Extraktionen betrachtet. Die verbleibende antioxidative Aktivität, nach Behandlung mit PVP, wird vergleichend mit den Extrakten derselben Extraktionsmethode betrachtet. Minimum, Maximum, Mittelwert, Spannweite, Standardabweichung und Variationskoeffizient der Differenz mit und ohne PVP-Behandlung werden angegeben. Die Bestimmung aller deskriptiven Parameter erfolgt mit Microsoft Excel. Alle weiteren Auswertungen erfolgen mit SPSS in Version 29.

Der Vergleich zwischen Extrakten vor und nach PVP-Behandlung erfolgt durch einen gepaarten t-Test.

Die Unterschiede zwischen den Produktgruppen werden mit Hilfe einer einfaktoriellen ANOVA auf Signifikanz überprüft und anschließend der Games-Howell-Test als Post-Hoc-Test angewendet. Beim Test auf Gesamtphenole erfolgt der Vergleich der zwei verbliebenen Produktgruppen mithilfe eines zweiseitigen t-Tests für unabhängige Stichproben.

Um die Korrelation zwischen den Tests zu überprüfen, wird eine zweiseitige Pearson-Korrelation herangezogen.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Gesamtbetrachtung

Im Rahmen der Gesamtbetrachtung werden alle Produktgruppen gemeinsam betrachtet und es wird versucht, Unterschiede zwischen den Extraktionsmethoden, den Produktgruppen und dem Zustand vor und nach der Behandlung mit PVP aufzuzeigen. Grafische Darstellungen der einzelnen Produktproben, zur Veranschaulichung der individuellen Steigerung durch saure Hydrolyse und der Reduktion durch PVP, finden sich weiter hinten, aufgeschlüsselt nach Produktgruppen.

##### 3.1.1 Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

Die Angabe der antioxidativen Aktivität erfolgt bei der Auswertung des FRAP-Tests in  $\text{FeSO}_4$ -Äquivalenten, welche in mg/g angegeben werden. Abb. 3 zeigt eine Übersichtsdarstellung der Messergebnisse.

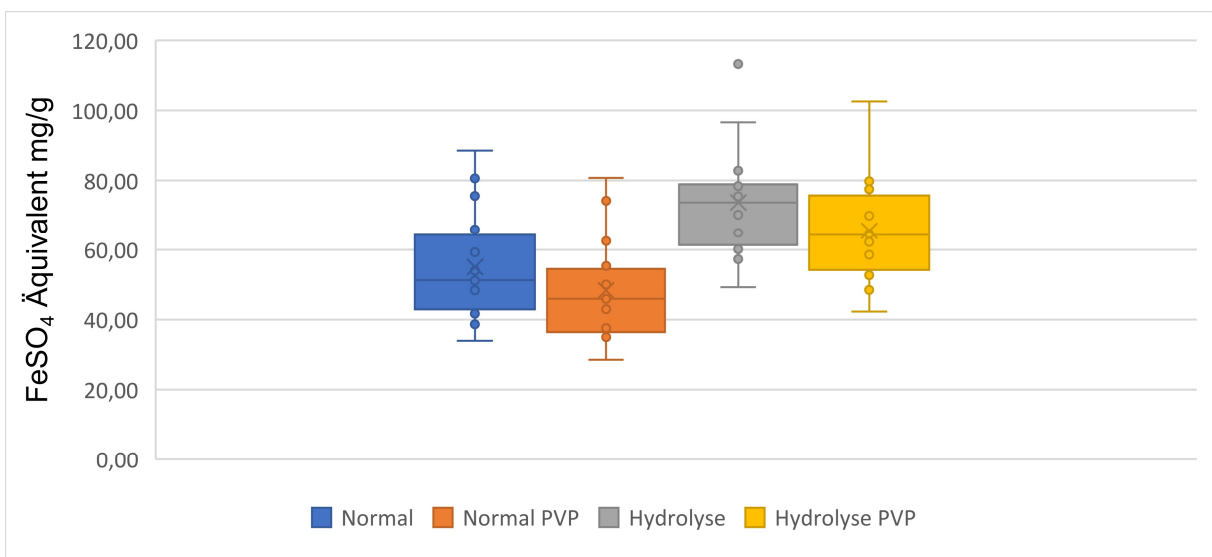


Abb. 3: Gesamtbetrachtung FRAP-Test. Boxplot zeigt rein ethanolische Extrakte und Extrakte mit saurer Hydrolyse, jeweils mit und ohne PVP-Behandlung im Vergleich.

##### Rein ethanolischer Extrakt (n = 16)

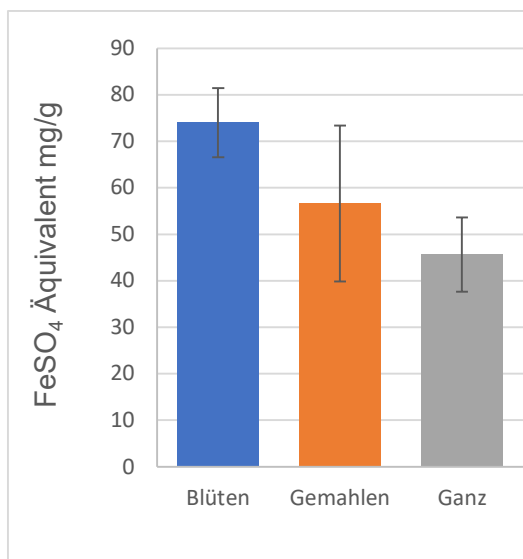
Extrakt ohne PVP-Behandlung:

Die niedrigste Aktivität hatte Produktprobe 10 mit 33,97 mg/g, die höchste Produktprobe 2 mit 88,49 mg/g. Die Spannweite über alle Produktproben hinweg beträgt 54,51 mg/g. Im Mittelwert entspricht die Aktivität 55,10 mg/g  $\text{FeSO}_4$  Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 15,50 mg/g, der Variationskoeffizienten liegt bei 28,14 %.

Extrakt mit PVP-Behandlung:

Die niedrigste Aktivität hatte Produktprobe 10 mit 28,60 mg/g, die höchste Produktprobe 2 mit 80,69 mg/g. Die Spannweite beträgt 52,10 mg/g. Der Mittelwert beträgt 48,39 mg/g FeSO<sub>4</sub>-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 14,22 mg/g, der Variationskoeffizient liegt bei 29,38 %.

Die antioxidative Aktivität war bei allen Proben mit PVP-Behandlung niedriger als bei den Proben ohne PVP-Behandlung. Im Mittelwert war die Aktivität um 6,71 mg/g geringer. Am niedrigsten war die Abweichung bei Produktprobe 6 mit 1,06 mg/g, am höchsten bei Probe 15 mit 12,96 mg/g. Die Spannweite beträgt 11,90 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 2,98 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 44,43 %. Der Unterschied ist statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). Die Abweichungen der einzelnen Proben sind in Abb. 14, Abb. 24 und Abb. 34 dargestellt.



Die antioxidative Aktivität zwischen gemahlene und im Ganzen gekauften Muskatnüssen unterscheidet sich im Mittelwert um 10,98 mg/g bei unbehandelten (Abb. 4) und um 11,59 mg/g bei mit PVP behandelten Extrakten. Der Unterschied zwischen den Produktgruppen ist laut ANOVA signifikant ( $p = 0,011$  ohne,  $p = 0,023$  mit PVP-Behandlung). Im Post-Hoc-Test ist jedoch nur der Unterschied zwischen Blüten und im Ganzen gekauften Muskatnüssen signifikant ( $p = 0,011$  ohne PVP-Behandlung).

Abb. 4: FRAP-Test: Gegenüberstellung der antioxidativen Aktivität der Produktgruppen in rein ethanolischem Extrakt.

### Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 16)

Vergleich normaler Extrakt gegen Extrakt mit saurer Hydrolyse:

Die antioxidative Aktivität ist bei allen Extrakten mit saurer Hydrolyse höher als bei den rein ethanolischen Extrakten. Im Mittelwert ist die Aktivität um 18,55 mg/g höher. Am niedrigsten

ist die Abweichung bei Produktprobe 15 mit 2,89 mg/g, am höchsten bei Probe 8 mit 28,27 mg/g. Die Spannweite beträgt 24,38 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 6,77 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 36,50 %. Der Unterschied der Mittelwerte ist bei der vorliegenden Stichprobengröße statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). Die Steigerungen der einzelnen Proben sind in Abb. 15, Abb. 25 und Abb. 35 dargestellt.

Extrakt mit saurer Hydrolyse ohne PVP-Behandlung:

Die niedrigste Aktivität hatte Produktprobe 10 mit 49,24 mg/g, die höchste Produktprobe 2 mit 113,26 mg/g. Die Spannweite über alle Produktproben hinweg beträgt 64,02 mg/g. Im Mittelwert beträgt die Aktivität 73,65 mg/g  $\text{FeSO}_4$  Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 15,62 mg/g, der Variationskoeffizienten liegt bei 21,21 %.

Extrakt mit saurer Hydrolyse mit PVP-Behandlung:

Die niedrigste Aktivität hatte Produktprobe 10 mit 42,31 mg/g, die höchste Produktprobe 2 mit 102,53 mg/g. Die Spannweite beträgt 60,22 mg/g. Der Mittelwert beträgt 65,52 mg/g  $\text{FeSO}_4$ -Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 14,71 mg/g, der Variationskoeffizient liegt bei 22,46 %.

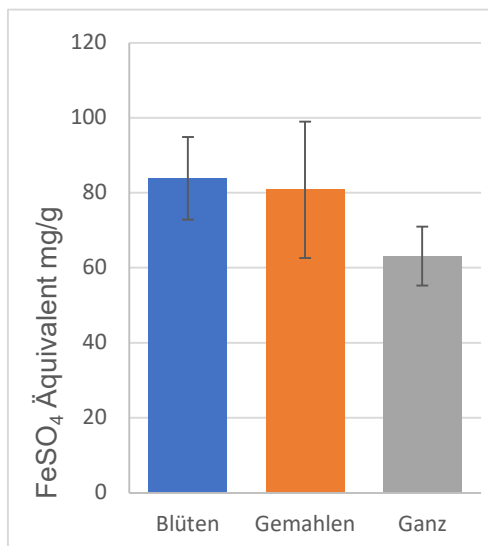


Abb. 5: FRAP-Test:  
Gegenüberstellung der antioxidativen Aktivität der Produktgruppen in Extrakt mit saurer Hydrolyse.

Die antioxidative Aktivität zwischen gemahlene und im Ganzen gekauften Muskatnüssen unterscheidet sich im Mittelwert um 17,65 mg/g bei unbehandelten (Abb. 5) und um 17,71 mg/g bei mit PVP behandelten Extrakten. Der Unterschied zwischen den Produktgruppen ist laut ANOVA signifikant ( $p = 0,045$  ohne,  $p = 0,039$  mit PVP-Behandlung). Im Post-Hoc-Test kann jedoch keine Signifikanz zwischen konkreten Gruppen identifiziert werden.

Die antioxidative Aktivität ist bei fast allen Proben mit PVP-Behandlung niedriger als bei den Proben ohne PVP-Behandlung. Nur bei Probe 11 wurde ein Anstieg um 0,59 mg/g gemessen. Dies kann der Kombination aus sehr geringem Unterschied und Messungenauigkeit geschuldet sein. Der Mittelwert der PVP-behandelten Extrakte dieser Probe liegt zwar höher als jener der unbehandelten Extrakte, jedoch zwischen den

Einzelmessungen der Extraktduplikate. Im Mittelwert war die Aktivität um 8,13 mg/g geringer. Am niedrigsten ist die Abweichung bei Produktprobe 11 mit 0,59 mg/g, am höchsten bei Probe 14 mit 0,96 mg/g. Die Spannweite beträgt 17,38 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 4,58 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 56,34 %. Der Unterschied ist statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). Die Änderungen der einzelnen Proben sind in Abb. 16, Abb. 26 und Abb. 36 dargestellt.

### Ergebnistabelle

Die antioxidative Aktivität aller Proben kann Tab. 10 entnommen werden.

Tab. 10: FRAP: Übersichtstabelle mit antioxidativer Aktivität, angegeben in mg/g FeSO<sub>4</sub>-Äquivalent

Probennummer	Normal (mg/g)	Normal mit PVP-Behandlung (mg/g)	Sauer (mg/g)	Sauer mit PVP-Behandlung (mg/g)
1	54,01	45,93	79,04	69,85
2	88,49	80,69	113,26	102,53
3	51,47	43,01	75,48	64,06
4	56,04	51,99	82,79	79,21
5	51,16	46,88	76,90	70,23
6	38,69	37,63	57,29	52,76
7	48,42	45,97	67,21	62,29
8	42,84	35,71	70,11	58,56
9	43,12	36,01	60,15	50,68
10	33,97	28,60	49,24	42,31
11	50,26	44,62	64,96	65,54
12	59,36	50,09	71,82	59,89
13	41,68	35,03	58,51	48,54
14	80,57	74,17	96,55	79,76
15	75,53	62,57	78,42	77,45
16	65,95	55,35	76,61	64,65

### 3.1.2 DPPH-Test

Die Angabe der antioxidativen Aktivität erfolgt bei der Auswertung des DPPH-Tests in Trolox-Äquivalenten, welche in mg/g angegeben werden. Abb. 6 zeigt eine Übersichtsdarstellung der Messergebnisse.

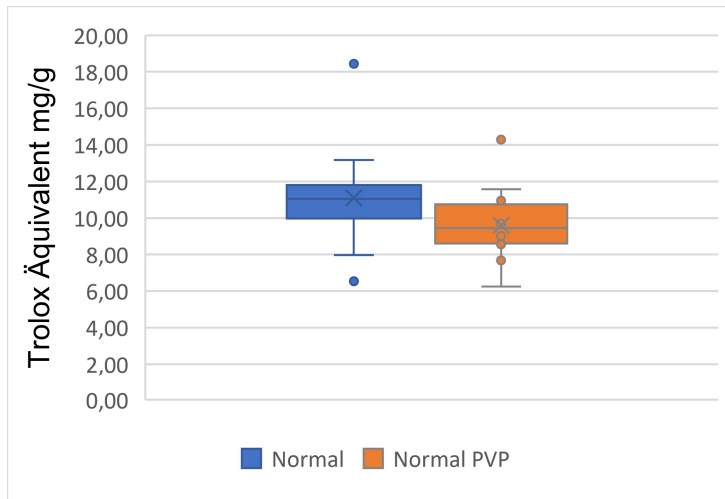


Abb. 6: DPPH-Test: Boxplot zeigt rein ethanologischen Extrakt, mit und ohne PVP-Behandlung  
Ohne PVP-Behandlung (n = 16)

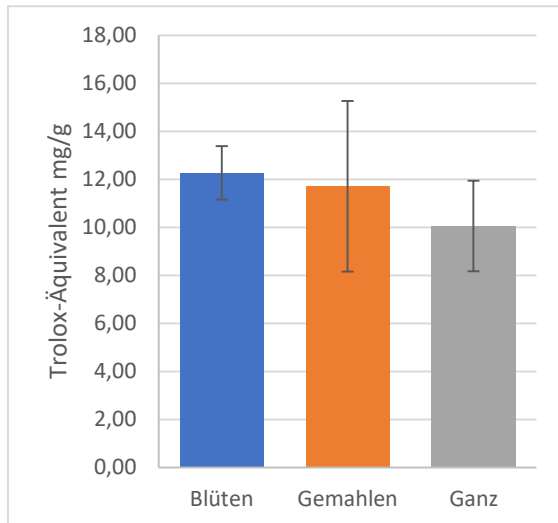
Die niedrigste antioxidative Aktivität hat Produktprobe 10 mit 6,55 mg/g. Die höchste Aktivität hat Produktprobe 2 mit 18,44 mg/g. Die Spannweite beträgt 11,89 mg/g. Im Mittelwert beträgt die Aktivität 11,10 mg/g Trolox-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 2,59 mg/g, der Variationskoeffizienten liegt bei 23,36 %.

Mit PVP-Behandlung (n = 16)

Die niedrigste Aktivität hat Produktprobe 10 mit 6,25 mg/g, die höchste Produktprobe 2 mit 14,29 mg/g. Die Spannweite beträgt 8,03 mg/g. Der Mittelwert beträgt 9,60 mg/g Trolox-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 1,84 mg/g, der Variationskoeffizient liegt bei 19,18 %.

Die antioxidative Aktivität ist bei allen Proben mit PVP-Behandlung niedriger als bei den Proben ohne PVP-Behandlung. Im Mittelwert ist die Aktivität um 1,50 mg/g geringer. Am niedrigsten ist die Abweichung bei Produktprobe 6 mit 0,29 mg/g, am höchsten bei Probe 2 mit 4,15 mg/g. Die Spannweite beträgt 3,86 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 0,98 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 64,89 %. Der Unterschied ist

statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). Die Änderungen der einzelnen Proben sind in Abb. 17, Abb. 27 und Abb. 37 dargestellt.



Die antioxidative Aktivität ist bei gemahlene Muskatnüssen im Mittelwert um 1,66 mg/g höher als bei im Ganzen gekauften Muskatnüssen. (Abb. 7) Nach PVP-Behandlung haben gemahlene Muskatnüsse eine um 1,47 mg/g höhere Aktivität. Der Unterschied zwischen den Produktgruppen ist laut ANOVA nicht signifikant ( $p = 0,380$  ohne,  $p = 0,172$  mit PVP-Behandlung).

Abb. 7: DPPH-Test: Gegenüberstellung der Produktgruppen in rein ethanolischem Extrakt

### Ergebnistabelle

Die antioxidative Aktivität aller Proben kann Tab. 11 entnommen werden.

Tab. 11: DPPH: Übersichtstabelle über die antioxidative Aktivität

Probennummer	Normal (mg/g Trolox-Äquivalent)	mit PVP-Behandlung (mg/g Trolox Äquivalent)
1	11,75	9,68
2	18,44	14,29
3	9,95	9,09
4	11,32	10,95
5	10,92	9,02
6	7,96	7,67
7	11,45	9,91
8	10,08	8,72
9	11,04	9,21
10	6,55	6,25
11	10,95	8,57

<b>12</b>	11,82	10,10
<b>13</b>	8,60	7,80
<b>14</b>	12,62	11,57
<b>15</b>	13,18	11,03
<b>16</b>	11,04	9,74

### 3.1.3 Gesamtphenole

Da der Test auf Gesamtphenole, gemäß aktuellen Erkenntnissen, nicht nur den Phenolgehalt misst, sondern auch auf andere Inhaltsstoffe reagiert, welche in der Lage sind unter den basischen Testbedingungen das FCR zu reduzieren (Huang et al. 2005), wird hier weiters von „antioxidativer Aktivität“ und nicht von „Phenolgehalt“ gesprochen.

Die Angabe der antioxidativen Aktivität erfolgt bei der Auswertung des Gesamtphenol-Tests in Catechin-Äquivalenten, welche in mg/g angegeben werden. Abb. 8 zeigt eine Übersichtsdarstellung der Messergebnisse.

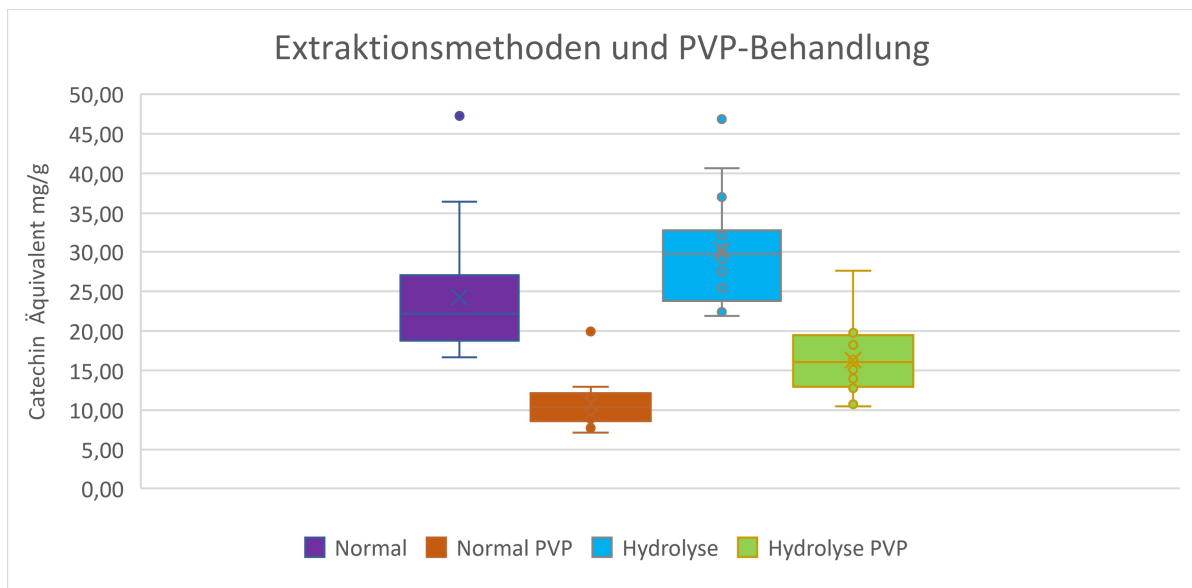


Abb. 8: Gesamtphenole: Boxplot zeigt rein ethanolische Extrakte und Extrakte mit saurer Hydrolyse, jeweils mit und ohne PVP-Behandlung im Vergleich.

#### Rein ethanolischer Extrakt: (n = 16)

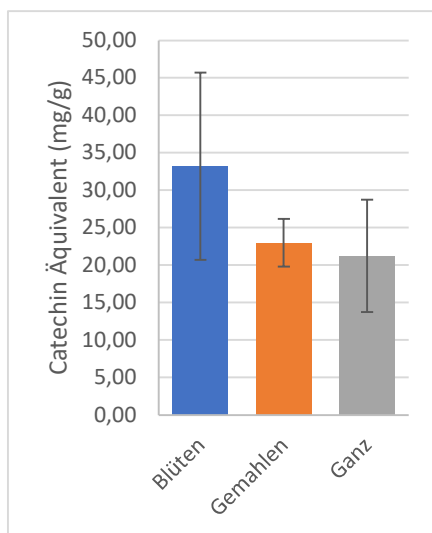
Rein ethanolischer Extrakt ohne PVP-Behandlung:

Die niedrigste Aktivität hat Produktprobe 3 mit 16,67 mg/g, die höchste Produktprobe 15 mit 47,24 mg/g. Die Spannweite über alle Produktproben hinweg beträgt 30,58 mg/g. Im Mittelwert beträgt die Aktivität 24,25 mg/g Catechin-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 8,01 mg/g, der Variationskoeffizienten liegt bei 33,04 %.

Rein ethanolischer Extrakt mit PVP-Behandlung:

Die niedrigste Aktivität hat Produktprobe 14 mit 7,14 mg/g, die höchste Produktprobe 2 mit 19,91 mg/g. Die Spannweite beträgt 12,77 mg/g. Der Mittelwert beträgt 10,78 mg/g Catechin-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 3,03 mg/g, der Variationskoeffizient liegt bei 28,10 %.

Die antioxidative Aktivität ist bei allen Proben mit PVP-Behandlung niedriger als bei den Proben ohne PVP-Behandlung. Im Mittelwert ist die Aktivität um 13,46 mg/g geringer. Am niedrigsten ist die Abweichung bei Produktprobe 1 mit 5,83 mg/g, am höchsten bei Probe 15 mit 35,62 mg/g. Die Spannweite beträgt 29,79 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 7,60 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 56,4 %. Der Unterschied ist statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). Die Unterschiede der einzelnen Proben sind in Abb. 18, Abb. 28 und Abb. 38 dargestellt.



Die antioxidative Aktivität zwischen gemahlenen und im Ganzen gekauften Muskatnüssen unterscheidet sich im Mittelwert um 1,74 mg/g bei unbehandelten (Abb. 9) und um 2,78 mg/g bei mit PVP behandelten Extrakten. Ohne PVP-Behandlung haben ganze Muskatnüsse eine höhere Aktivität, nach der PVP-Behandlung bleibt jedoch bei gemahlen gekauften Muskatnüssen eine höhere Aktivität zurück. Der Unterschied zwischen den Produktgruppen ist laut ANOVA nicht signifikant ( $p = 0,082$  ohne,  $p = 0,260$  mit PVP-Behandlung).

Abb. 9: Gesamtphenole:  
Gegenüberstellung der  
Produktgruppen in rein  
ethanolischem Extrakt ohne  
PVP-Behandlung

### **Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 16)**

Die antioxidative Aktivität ist bei fast allen Extrakten mit saurer Hydrolyse höher als bei den rein ethanolischen Extrakten. Im Mittelwert ist die Aktivität um 5,96 mg/g höher. Am niedrigsten ist die Abweichung bei Produktprobe 15 mit -0,04 mg/g, am höchsten bei Probe 10 mit 10,79 mg/g. Die Spannweite beträgt 11,20 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 3 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 50 %. Der Unterschied ist statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). Die Abweichungen der einzelnen Proben sind in Abb. 19, Abb. 29 und Abb. 39 dargestellt.

Extrakt mit saurer Hydrolyse ohne PVP-Behandlung:

Die niedrigste Aktivität hat Produktprobe 3 mit 21,91 mg/g, die höchste Produktprobe 15 mit 46,84 mg/g. Die Spannweite über alle Produktproben hinweg beträgt 24,93 mg/g. Im Mittelwert beträgt die Aktivität 30,21 mg/g Catechin Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 7,02 mg/g, der Variationskoeffizienten liegt bei 23,22 %.

Extrakt mit saurer Hydrolyse mit PVP-Behandlung:

Die niedrigste Aktivität hat Produktprobe 14 mit 10,46 mg/g, die höchste Produktprobe 2 mit 27,63 mg/g. Die Spannweite beträgt 17,17 mg/g. Der Mittelwert beträgt 16,32 mg/g Catechin-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 4,48 mg/g, der Variationskoeffizient liegt bei 27,46 %.

Die antioxidative Aktivität ist bei allen Proben mit PVP-Behandlung niedriger als bei den Proben ohne PVP-Behandlung. Im Mittelwert ist die Aktivität um 13,89 mg/g geringer. Am niedrigsten ist die Abweichung bei Produktprobe 1 mit 2,23 mg/g, am höchsten bei Probe 15 mit 31,75 mg/g. Die Spannweite beträgt 29,52 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 7,97 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 57,36 %. Der Unterschied statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). Die Abweichungen der einzelnen Proben sind in Abb. 20, Abb. 30 und Abb. 40 dargestellt.

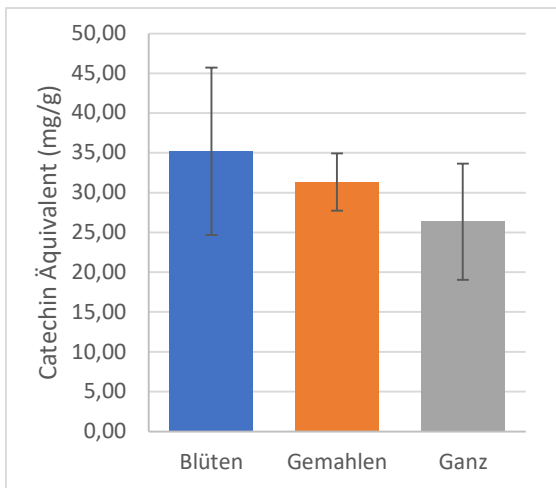


Abb. 10: Gesamtphenole: Gegenüberstellung der Produktgruppen in Extrakt mit saurer Hydrolyse ohne PVP-Behandlung

Die antioxidative Aktivität zwischen gemahlen und im Ganzen gekauften Muskatnüssen unterscheidet sich im Mittelwert um 4,98 mg/g bei unbehandeltem (Abb. 10) und um 3,67 mg/g bei mit PVP behandelten Extrakten. Ohne PVP-Behandlung haben ganze Muskatnüsse eine höhere Aktivität, nach der PVP-Behandlung bleibt jedoch bei gemahlen gekauften Muskatnüssen eine höhere Aktivität zurück. Der Unterschied zwischen den Produktgruppen ist

laut ANOVA nicht signifikant ( $p = 0,177$  ohne,  $p = 0,055$  mit PVP-Behandlung).

### Ergebnistabelle

Die antioxidative Aktivität aller Proben kann Tab. 12 entnommen werden.

Tab. 12: Gesamtphenole: Übersicht über die antioxidative Aktivität aller Extrakte. Angaben in mg/g Catechin-Äquivalent

Probennummer	Normal (mg/g)	Normal mit PVP-Behandlung (mg/g)	Sauer (mg/g)	Sauer mit PVP-Behandlung (mg/g)
Probe 1	18,76	12,94	22,42	20,19
Probe 2	36,46	19,91	40,68	27,63
Probe 3	16,67	9,92	21,91	15,80
Probe 4	18,81	12,04	22,39	19,76
Probe 5	17,66	10,64	23,29	18,65
Probe 6	19,07	8,89	27,56	13,51
Probe 7	23,97	12,54	32,37	18,22
Probe 8	20,70	10,86	30,41	19,90
Probe 9	21,33	10,14	29,14	17,22
Probe 10	26,26	7,75	37,05	10,72

<b>Probe 11</b>	23,05	9,70	32,12	16,35
<b>Probe 12</b>	27,31	8,51	32,97	12,76
<b>Probe 13</b>	18,24	7,80	25,42	13,96
<b>Probe 14</b>	29,21	7,14	32,45	10,46
<b>Probe 15</b>	47,24	11,62	46,84	15,09
<b>Probe 16</b>	23,21	12,15	26,37	10,84

### 3.1.4 Gesamtflavonoide

Bei der Durchführung des Tests auf Gesamtflavonoide mussten die Extrakte der Muskatnussblüten von der Auswertung ausgeschlossen werden. Bei Extrakten der Probe 4, ohne PVP-Behandlung, wurde eine geringfügige Trübung festgestellt. Es wurde beschlossen die Probe, aufgrund der Geringfügigkeit der Trübung, im Datensatz zu belassen, auf diesen Umstand jedoch explizit hinzuweisen. Weiteres siehe Diskussion.

Die Angabe des Flavonoidgehalts erfolgt bei der Auswertung des Gesamtflavonoid-Tests in Catechin-Äquivalenten, welche in mg/g angegeben werden. Abb. 11 zeigt einer Übersichtsdarstellung über die Messergebnisse.

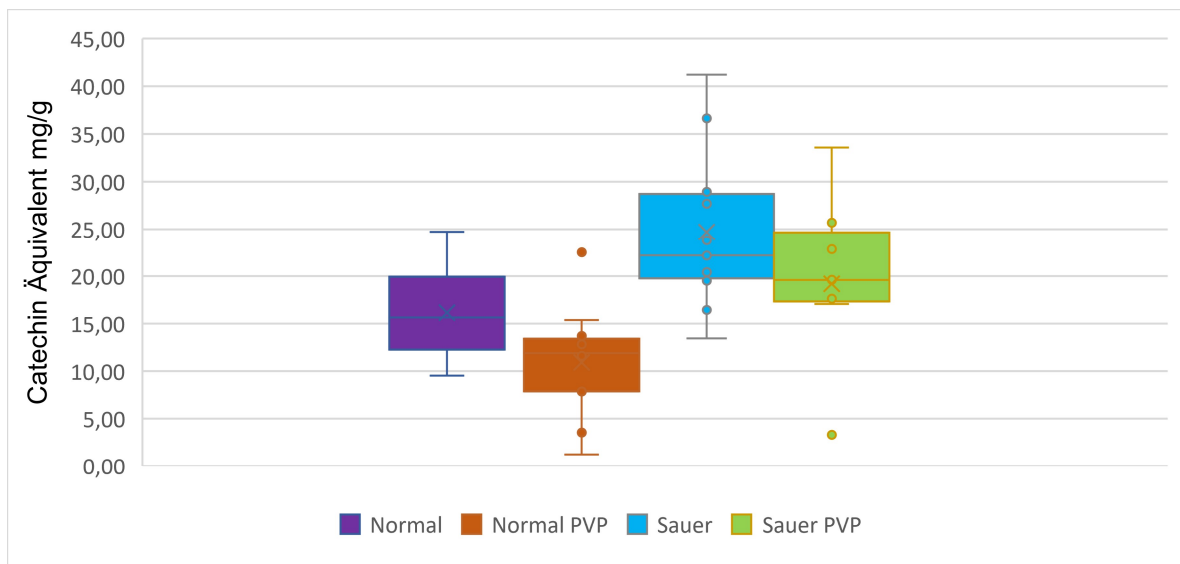


Abb. 11: Gesamtflavonoide: Boxplot zeigt rein ethanolische Extrakte und Extrakte mit saurer Hydrolyse, jeweils mit und ohne PVP-Behandlung im Vergleich.

#### Rein ethanolischer Extrakt (n = 13)

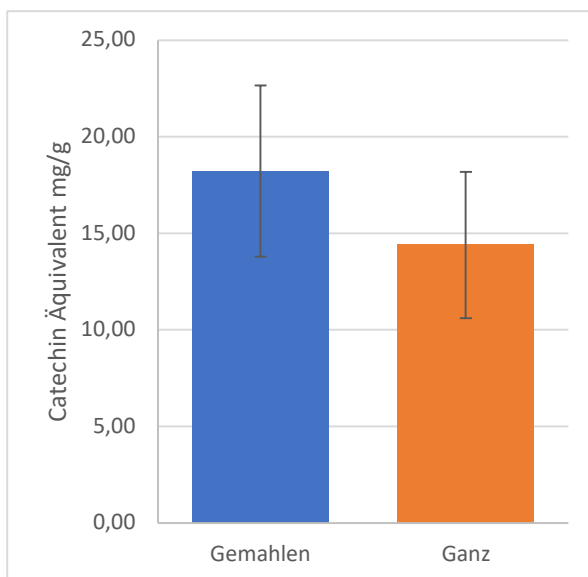
Rein ethanolischer Extrakt ohne PVP-Behandlung:

Den niedrigsten Gehalt hat Produktprobe 10 mit 9,55 mg/g, den höchsten Produktprobe 2 mit 24,73 mg/g. Die Spannweite über alle Produktproben hinweg beträgt 15,19 mg/g. Im Mittelwert beträgt der Gehalt 16,17 mg/g Catechin Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 4,40 mg/g, der Variationskoeffizienten liegt bei 27,21 %.

Rein ethanolischer Extrakt mit PVP-Behandlung:

Den niedrigsten Gehalt hat Produktprobe 10 mit 1,22 mg/g, den höchsten Produktprobe 2 mit 22,51 mg/g. Die Spannweite beträgt 21,29 mg/g. Der Mittelwert beträgt 10,91 mg/g Catechin-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 5,37 mg/g, der Variationskoeffizient liegt bei 49,23 %.

Der Flavonoidgehalt ist bei allen Proben nach PVP-Behandlung niedriger. Im Mittelwert ist der Gehalt um 5,25 mg/g niedriger. Am niedrigsten ist die Abweichung bei Produktprobe 2 mit 2,22 mg/g, am höchsten bei Probe 9 mit 9,15 mg/g. Die Spannweite beträgt 6,93 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 2,25 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 42,92 %. Der Unterschied ist statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). Die Abweichungen der einzelnen Proben sind in Abb. 21 und Abb. 31 dargestellt.



Der Flavonoidgehalt zwischen gemahlene und im Ganzen gekauften Muskatnüssen unterscheidet sich im Mittelwert um 3,83 mg/g bei unbehandeltem (Abb. 12) und um 0,89 mg/g bei mit PVP behandelten Extrakten. Bei rein ethanolischem Extrakt haben gemahlene gekaufte Muskatnüsse einen höheren Gehalt. Nach PVP-Behandlung bleibt jedoch bei im Ganzen gekauften Muskatnüssen ein höherer Gehalt zurück. Der Unterschied ist nicht statistisch signifikant ( $p = 0,121$  ohne,  $0,109$  mit PVP-Behandlung)

Abb. 12: Gesamtflavonoide:  
Gegenüberstellung von gemahlen und im Ganzen gekauften Muskatnüssen in rein Ethanolischem Extrakt ohne PVP-Behandlung

### **Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 13)**

Der Flavonoidgehalt ist bei allen Extrakten mit saurer Hydrolyse höher als bei den rein ethanologischen Extrakten. Im Mittelwert ist die der Flavonoidgehalt um 8,53 mg/g höher. Am niedrigsten ist die Abweichung bei Produktprobe 7 mit 2,35 mg/g, am höchsten bei Probe 2 mit 16,49 mg/g. Die Spannweite beträgt 7,96 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 4,39 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 51,43 %. Die Abweichungen der einzelnen Proben sind in Abb. 22 und Abb. 32 dargestellt.

Extrakt mit saurer Hydrolyse ohne PVP-Behandlung:

Den niedrigsten Flavonoidgehalt hat Produktprobe 10 mit 13,46 mg/g, den höchsten Produktprobe 2 mit 41,22 mg/g. Die Spannweite über alle Produktproben hinweg beträgt 27,76 mg/g. Im Mittelwert beträgt der Gehalt 24,96 mg/g Catechin-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 7,81 mg/g, der Variationskoeffizienten liegt bei 31,63 %.

Extrakt mit saurer Hydrolyse mit PVP-Behandlung:

Den niedrigsten Flavonoidgehalt hat Produktprobe 10 mit 3,29 mg/g, den höchsten Produktprobe 2 mit 33,58 mg/g. Die Spannweite beträgt 30,29 mg/g. Der Mittelwert beträgt 19,19 mg/g Catechin-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 8,28 mg/g, der Variationskoeffizient liegt bei 43,14 %.

Der Flavonoidgehalt ist bei fast allen Proben mit PVP-Behandlung niedriger als bei den Proben ohne PVP-Behandlung. Nur bei Probe 11 wird ein geringfügig höherer Wert gemessen. Im Mittelwert ist der Flavonoidgehalt um 5,50 mg/g geringer. Am niedrigsten ist die Abweichung bei Produktprobe 11 mit 1,45 mg/g, am höchsten bei Probe 9 mit 12,42 mg/g. Die Spannweite beträgt 13,87 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 3,91 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 71,15 %. Der Unterschied ist statistisch signifikant. ( $p < 0,001$ ). Die Abweichungen der einzelnen Proben sind in Abb. 23 und Abb. 33 dargestellt.

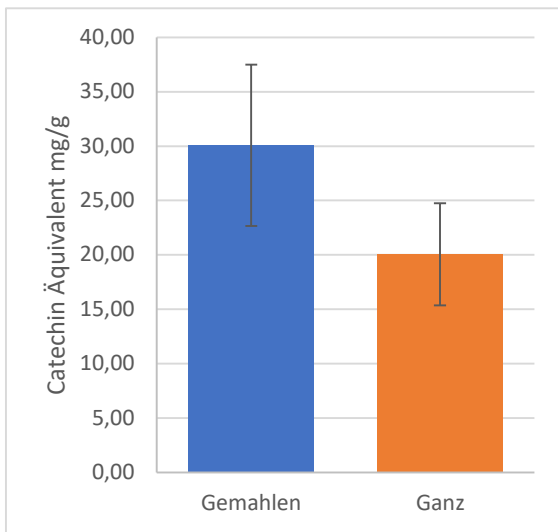


Abb. 13: Gesamtflavonoide:  
Gegenüberstellung von gemahlen und im  
Ganzen gekauften Muskatnüssen in  
Extrakten mit saurer Hydrolyse ohne PVP-  
Behandlung

Der Flavonoidgehalt zwischen gemahlenen und im Ganzen gekauften Muskatnüssen unterscheidet sich im Mittelwert um 10,01 mg/g bei unbehandeltem (Abb. 13) und um 8,69 mg/g bei mit PVP behandelten Extrakten. Der Unterschied ist statistisch signifikant. ( $p = 0,013$ )

### Ergebnistabelle

Der Gesamtflavonoidgehalt aller Proben kann Tab. 13 entnommen werden.

Tab. 13: Gesamtflavonoide: Übersichtstabelle über die den Flavonoidgehalt der einzelnen Extrakte. Angaben in mg/g Catechin-Äquivalent

Probennummer	Normal (mg/g)	Normal mit PVP- Behandlung (mg/g)	Sauer (mg/g)	Sauer mit PVP- Behandlung (mg/g)
Probe 1	18,84	13,72	23,80	20,05
Probe 2	24,73	22,51	41,22	33,58
Probe 3	17,27	11,90	27,70	19,60
Probe 4	21,02	13,12	36,63	25,70
Probe 5	15,63	11,95	28,94	25,96
Probe 6	11,87	7,88	22,20	18,33
Probe 7	17,16	12,83	19,51	17,76
Probe 8	14,70	7,87	20,02	17,63
Probe 9	12,69	3,54	16,43	4,01

<b>Probe 10</b>	9,55	1,22	13,46	3,29
<b>Probe 11</b>	13,84	11,59	22,19	23,63
<b>Probe 12</b>	21,09	15,38	28,48	22,87
<b>Probe 13</b>	11,76	8,38	20,41	17,06

### 3.2 Ganze Muskatnüsse

#### 3.2.1 Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

##### Rein ethanolischer Extrakt (n = 7)

Ohne PVP-Behandlung:

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 45,67 mg/g. Die niedrigste hat Probe 10 (33,97 mg/g), die höchste Probe 12 (59,36 mg/g). Die Spannweite beträgt 25,39 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 7,99 mg/g, der Variationskoeffizient bei 17,5 %.

Mit PVP-Behandlung:

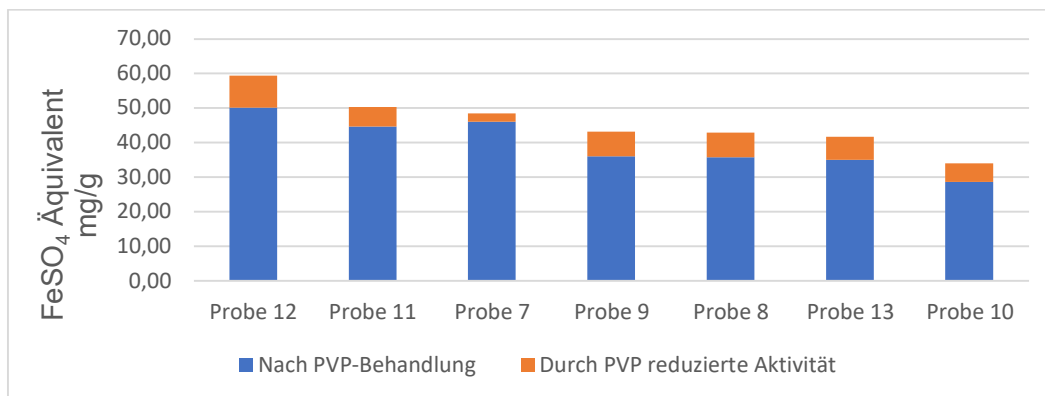


Abb. 14: Ganze Muskatnüsse - FRAP-Test - Reduktion durch PVP

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 39,43 mg/g. Die niedrigste hat Probe 10 (28,60 mg/g), die höchste Probe 12 (50,09 mg/g). Die Spannweite beträgt 21,45 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 7,59 mg/g, der Variationskoeffizient bei 19,24 %. Abb. 14 zeigt die Reduktion der antioxidativen Aktivität durch Behandlung mit PVP.

##### Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 7)

Ohne PVP-Behandlung:

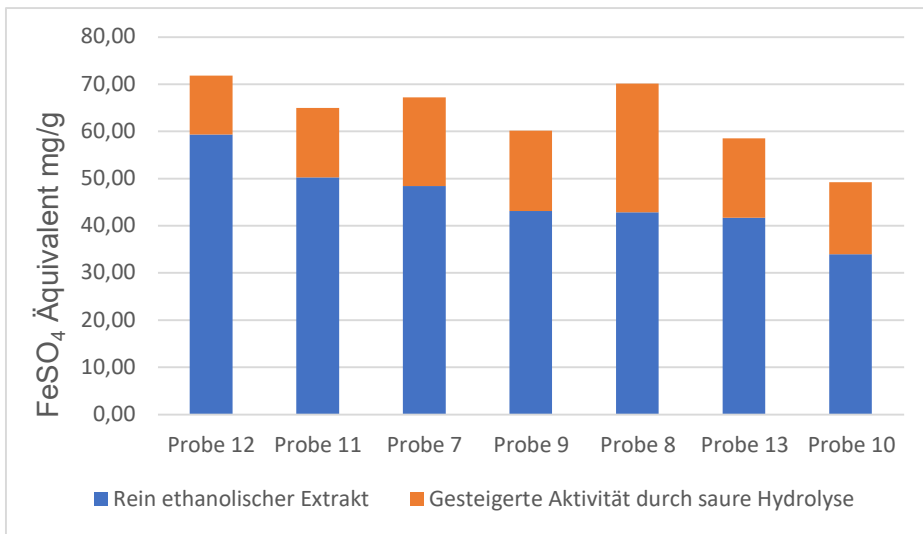


Abb. 15: Ganze Muskatnüsse - FRAP-Test: Gesteigerte Aktivität durch saure Hydrolyse:

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 63,14 mg/g. Die niedrigste hat Probe 10 (49,24 mg/g), die höchste Probe 12 (71,82 mg/g). Die Spannweite beträgt 22,58 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 7,82 mg/g, der Variationskoeffizient bei 12,39 %.

Mit PVP-Behandlung:

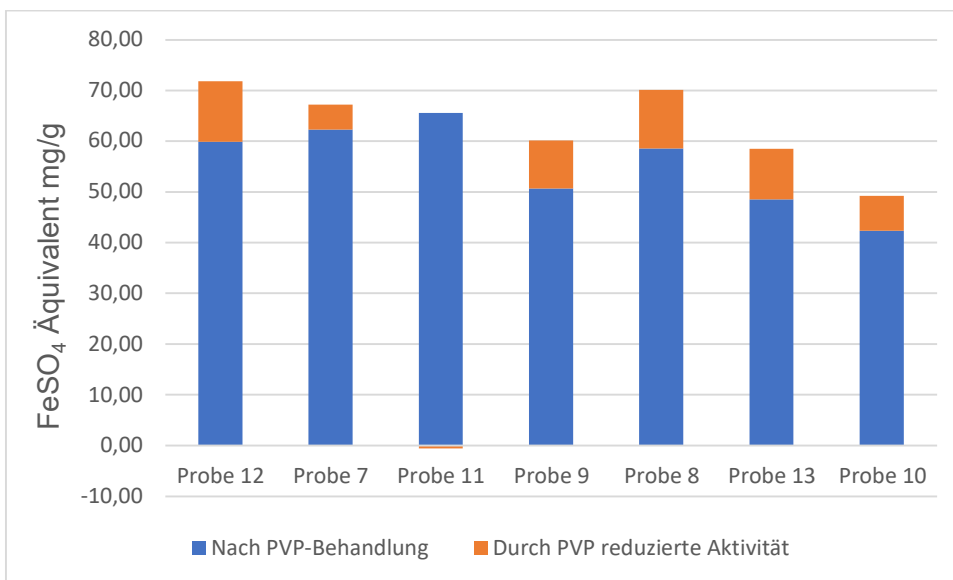


Abb. 16: Ganze Muskatnuss: FRAP-Test: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit saurer Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 55,40 mg/g. Die niedrigste hat Probe 10 (42,30 mg/g), die höchste Probe 12 (65,54 mg/g). Die Spannweite beträgt 23,23 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 8,38 mg/g, der Variationskoeffizient bei 15,12 %.

### 3.2.2 DPPH-Test

Ohne PVP-Behandlung: (n = 7)

Die niedrigste antioxidative Aktivität hat Produktprobe 10 mit 6,55 mg/g. Die höchste Aktivität gab es bei Produktprobe 12 mit 12,82 mg/g. Die Spannweite über alle Produktproben hinweg beträgt 5,28 mg/g. Im Mittelwert beträgt die Aktivität 10,07 mg/g Trolox-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 1,88 mg/g, der Variationskoeffizienten liegt bei 18,7 %.

Mit PVP-Behandlung

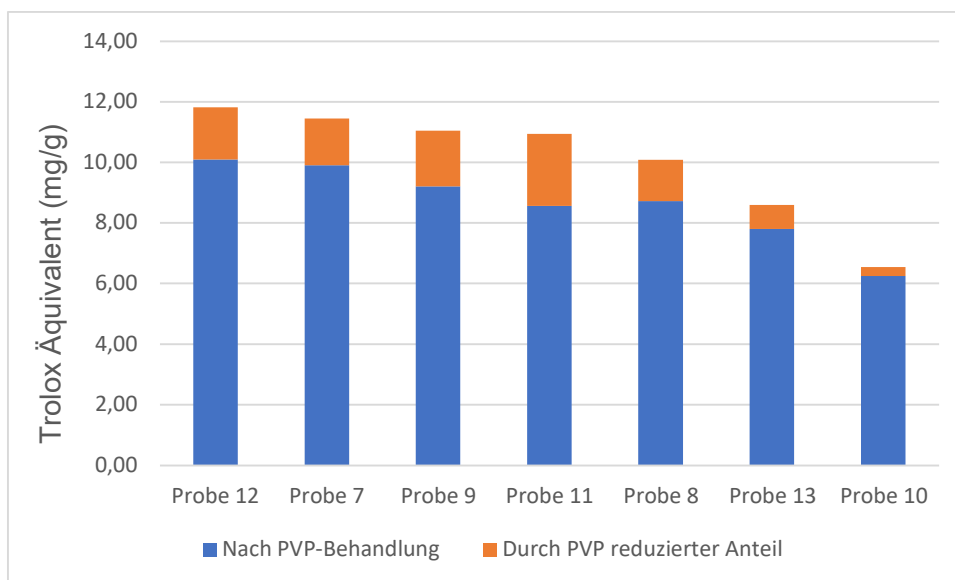


Abb. 17: Ganze Muskatnuss: DPPH-Test: Reduktion durch PVP

Die niedrigste Aktivität hat Produktprobe 10 mit 6,25 mg/g, die höchste Produktprobe 12 mit 10,10 mg/g. Die Spannweite 3,84 mg/g. Der Mittelwert beträgt 8,65 mg/g Trolox-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 1,32 mg/g, der Variationskoeffizient liegt bei 15,27 %.

Die antioxidative Aktivität ist bei allen Proben mit PVP-Behandlung niedriger als bei den Proben ohne PVP-Behandlung. Im Mittelwert ist die Aktivität um 1,42 mg/g geringer. Am niedrigsten ist die Abweichung bei Produktprobe 6 mit 0,29 mg/g, am höchsten bei Probe 11

mit 2,38 mg/g. Die Spannweite beträgt 2,09 mg/g. Die Standardabweichung beträgt 0,69 mg/g, der Variationskoeffizient der Abweichungen 48,68 %.

### 3.2.3 Gesamtphenole

#### Rein ethanolischer Extrakt (n = 7)

Ohne PVP-Behandlung

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 22,98 mg/g. Die niedrigste hat Probe 13 (18,24 mg/g), die höchste Probe 12 (27,31 mg/g). Die Spannweite beträgt 9,07 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 3,18 mg/g, der Variationskoeffizient bei 13,86 %.

Mit PVP-Behandlung

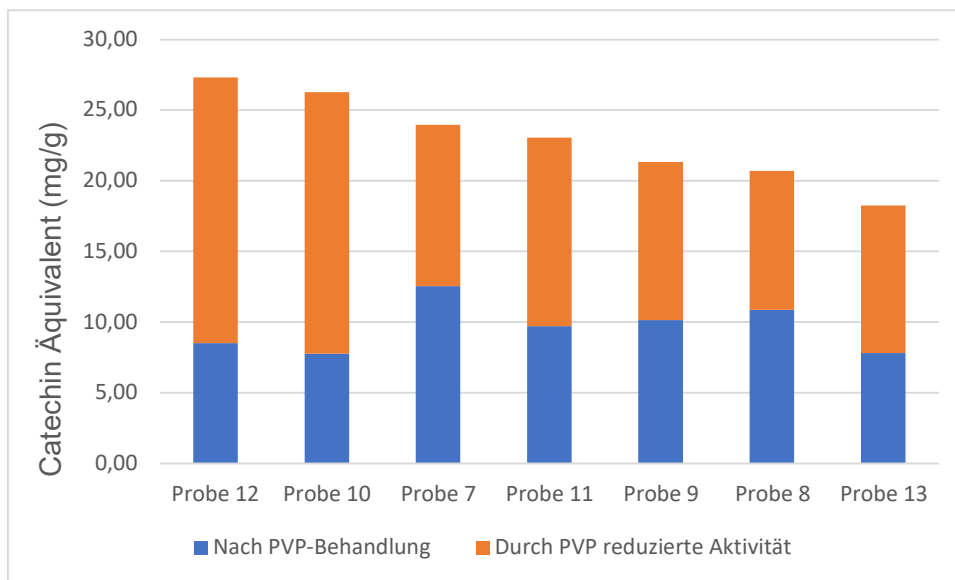


Abb. 18: Ganze Muskatnuss: Gesamtphenole: Reduktion durch PVP

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 9,61 mg/g. Die niedrigste hat Probe 10 (7,75 mg/g), die höchste Probe 7 (12,54 mg/g). Die Spannweite beträgt 4,79 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 1,75 mg/g, der Variationskoeffizient bei 18,20 %.

#### Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 7)

Ohne PVP-Behandlung:

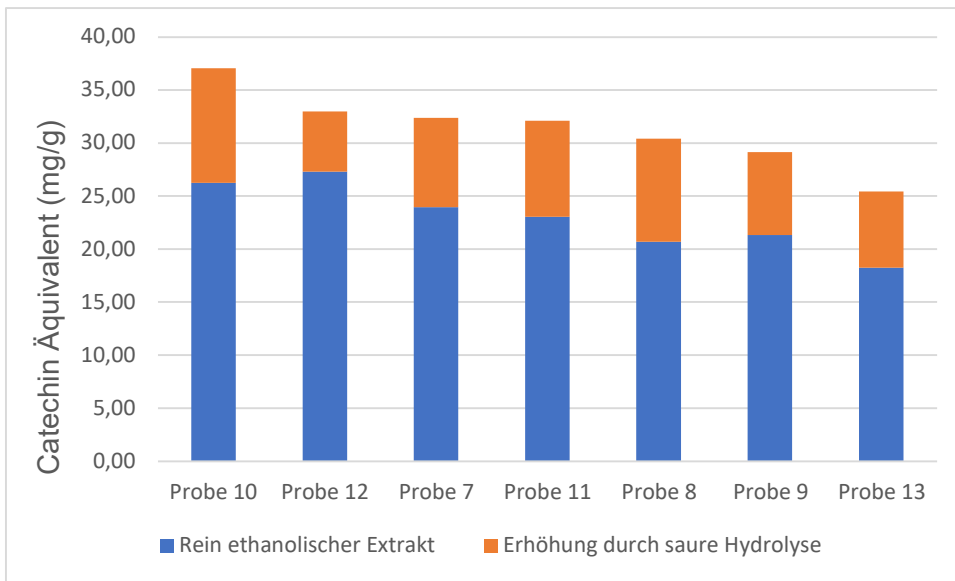


Abb. 19: Ganze Muskatnuss: Gesamtphenole: Erhöhung durch saure Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 31,35mg/g. Die niedrigste hat Probe 13 (25,42 mg/g), die höchste Probe 12 (37,05 mg/g). Die Spannweite beträgt 11,63 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 3,60 mg/g, der Variationskoeffizient bei 11,48 %.

#### Mit PVP-Behandlung

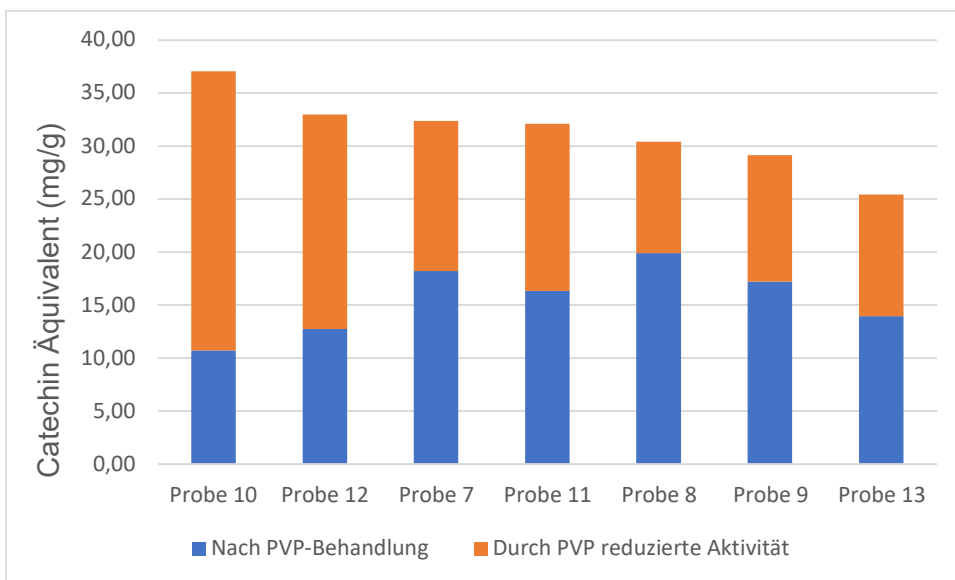


Abb. 20: Ganze Muskatnuss: Gesamtphenole: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit saurer Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 15,59 mg/g. Die niedrigste hat Probe 10 (10,72 mg/g), die höchste Probe 12 (19,90 mg/g). Die Spannweite beträgt 9,18 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 3,24 mg/g, der Variationskoeffizient bei 20,81 %.

### 3.2.4 Flavonoide

#### Rein ethanolischer Extrakt (n = 7)

Ohne PVP-Behandlung

Im Mittelwert haben die Extrakte einen Flavonoidgehalt von 14,40 mg/g. Den niedrigsten hat Probe 10 (9,55 mg/g), den höchsten Probe 12 (21,09 mg/g). Die Spannweite beträgt 11,55 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 3,79 mg/g, der Variationskoeffizient bei 26,34 %.

Mit PVP-Behandlung

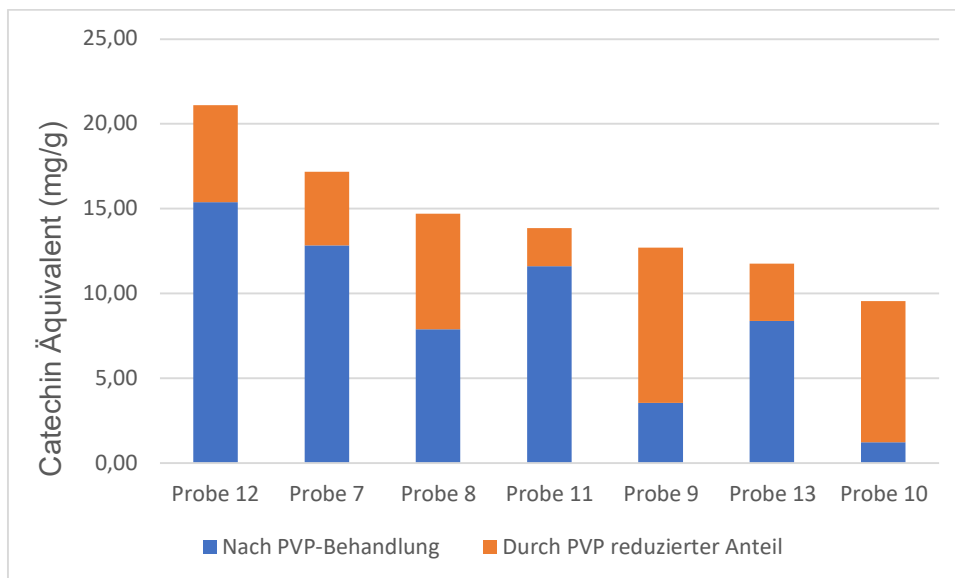


Abb. 21: Ganze Muskatnuss: Flavonoide: Reduktion durch PVP

Im Mittelwert haben die Extrakte einen Flavonoidgehalt von 8,69 mg/g. Den niedrigsten hat Probe 10 (1,22 mg/g), den höchsten Probe 12 (15,38 mg/g). Die Spannweite beträgt 14,16 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 5,06 mg/g, der Variationskoeffizient bei 58,19 %.

#### Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 7)

Ohne PVP-Behandlung:

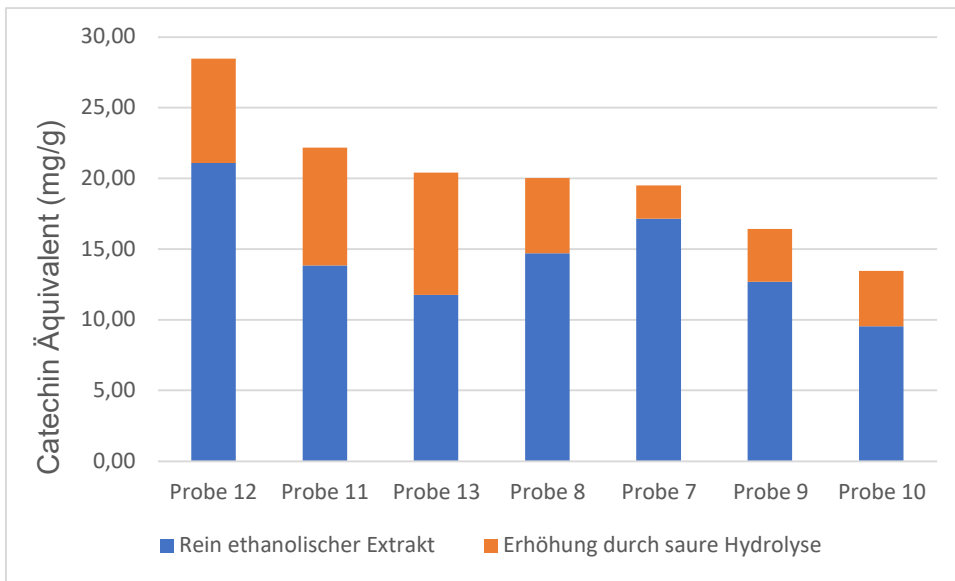


Abb. 22: Ganze Muskatnuss: Flavonoide: Steigerung des Flavonoidgehalts durch saure Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte einen Flavonoidgehalt von 20,07 mg/g. Den niedrigsten hat Probe 10 (13,46 mg/g), den höchsten Probe 12 (28,48 mg/g). Die Spannweite beträgt 15,01 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 4,70 mg/g, der Variationskoeffizient bei 23,41 %.

#### Mit PVP-Behandlung

Im Mittelwert haben die Extrakte einen Flavonoidgehalt von 15,18 mg/g. Den niedrigsten hat Probe 10 (3,29 mg/g), den höchsten Probe 11 (23,63 mg/g). Die Spannweite beträgt 20,35 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 8,30 mg/g, der Variationskoeffizient bei 54,66 %.

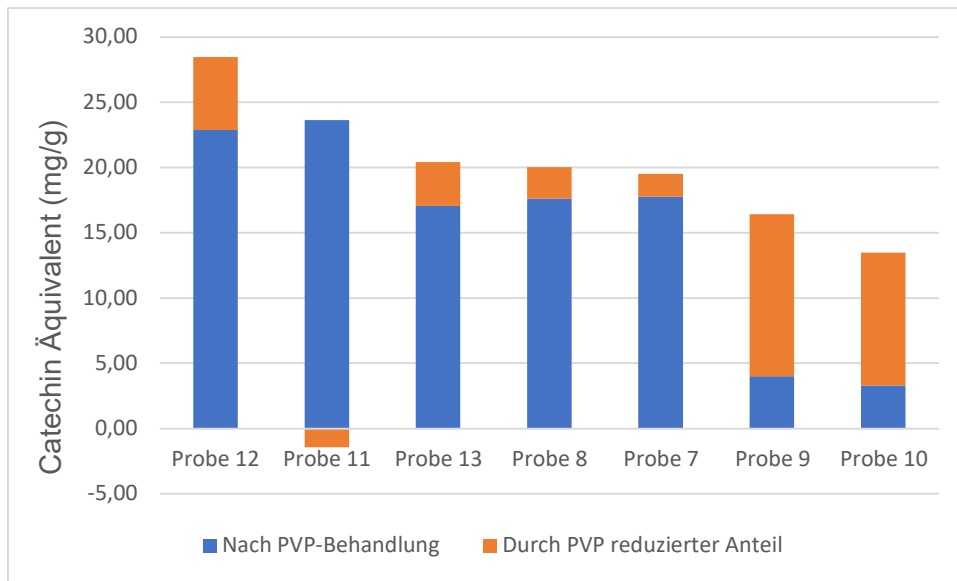


Abb. 23: Ganze Muskatnuss: Flavonoide: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit saurer Hydrolyse

### 3.3 Gemahlene Muskatnüsse

#### 3.3.1 Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

##### Rein ethanolischer Extrakt (n = 6)

Ohne PVP-Behandlung:

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 45,46 mg/g. Die niedrigste hat Probe 6 (38,69 mg/g), die höchste Probe 2 (88,49 mg/g). Die Spannweite beträgt 54,51 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 19,74 mg/g, der Variationskoeffizient bei 28,14 %.

Mit PVP-Behandlung:

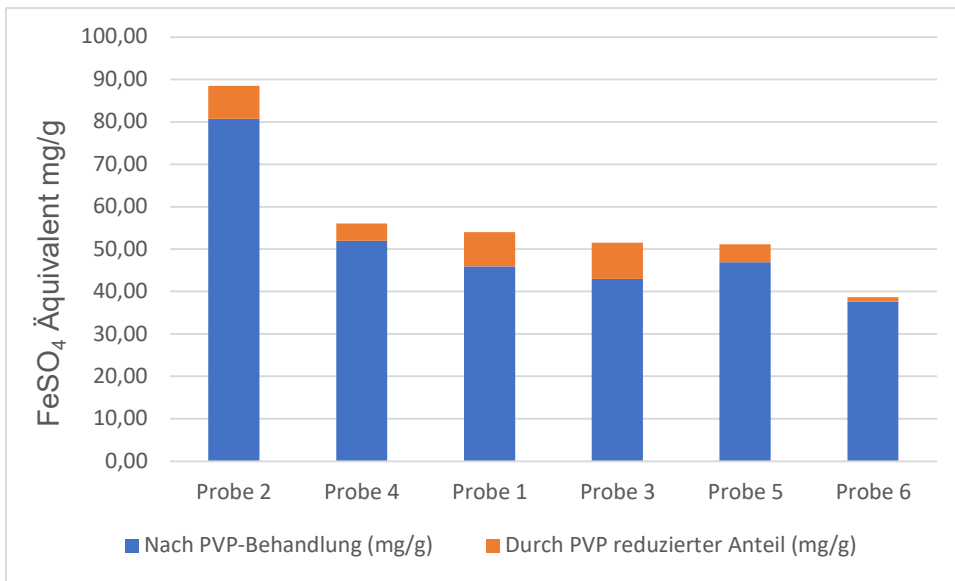


Abb. 24: Gemahlene Muskatnüsse: FRAP-Test: Reduktion durch PVP

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 51,02 mg/g. Die niedrigste hat Probe 6 (37,63 mg/g), die höchste Probe 2 (80,69 mg/g). Die Spannweite beträgt 43,07 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 15,28 mg/g, der Variationskoeffizient bei 29,96 %.

#### Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 6)

Ohne PVP-Behandlung

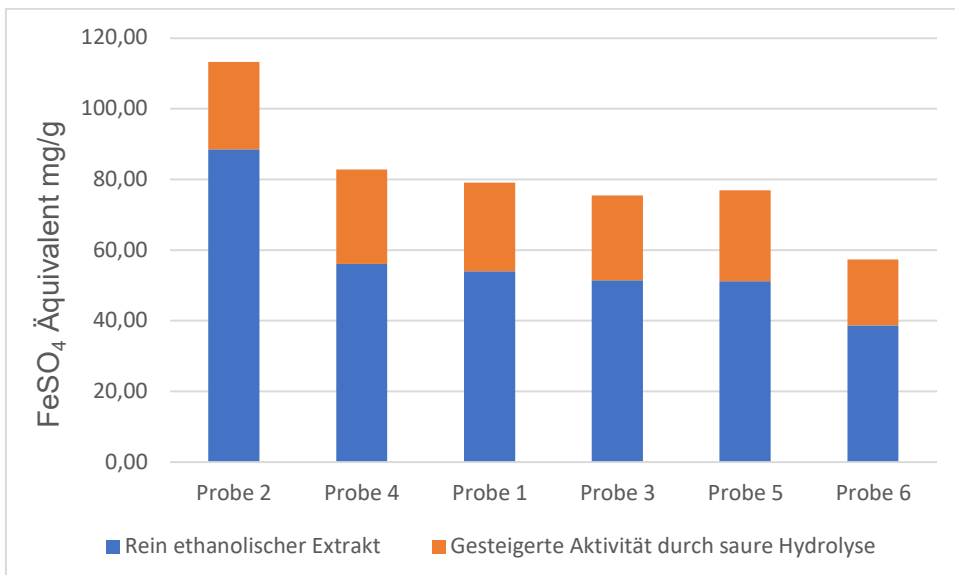


Abb. 25: Gemahlene Muskatnüsse: FRAP-Test: Erhöhung der Aktivität durch saure Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 80,80 mg/g. Die niedrigste hat Probe 6 (57,29 mg/g), die höchste Probe 2 (113,26 mg/g). Die Spannweite beträgt 55,97 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 18,20 mg/g, der Variationskoeffizient bei 22,53 %.

Mit PVP-Behandlung

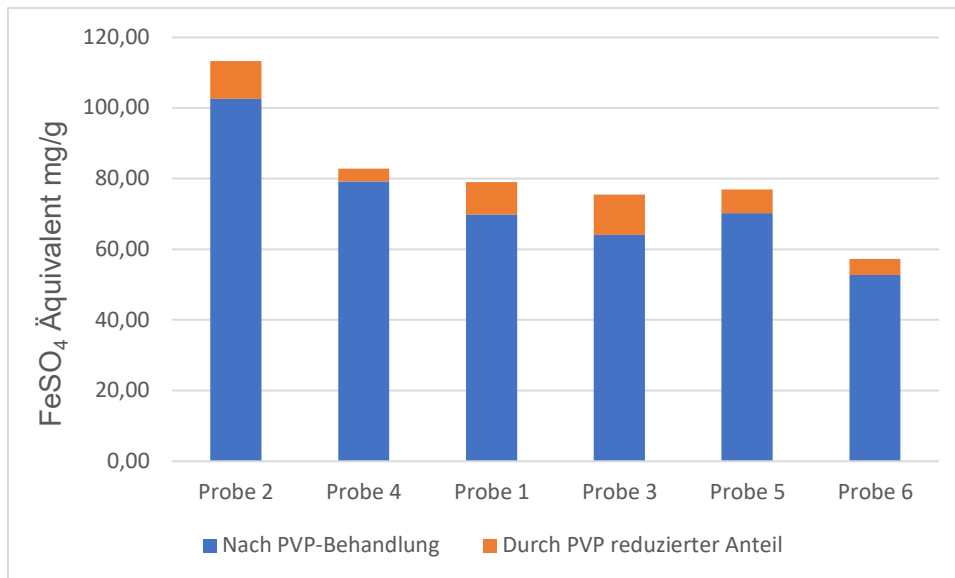


Abb. 26: Gemahlene Muskatnüsse: FRAP-Test: Reduktion durch PVP-Behandlung bei Extrakten mit saurer Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 73,11 mg/g. Die niedrigste hat Probe 6 (52,76 mg/g), die höchste Probe 2 (102,53 mg/g). Die Spannweite beträgt 49,77 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 16,84 mg/g, der Variationskoeffizient bei 23,03 %.

### 3.3.2 DPPH-Test

Ohne PVP-Behandlung (n = 6)

Die niedrigste antioxidative Aktivität hatte Produktprobe 6 mit 7,96 mg/g. Die höchste Aktivität gab es bei Produktprobe 2 mit 18,44 mg/g. Die Spannweite über alle Produktproben hinweg betrug 10,48 mg/g. Im Mittelwert betrug die Aktivität 11,72 mg/g Trolox-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 3,56 mg/g, der Variationskoeffizienten liegt bei 30,33 %.

Mit PVP-Behandlung

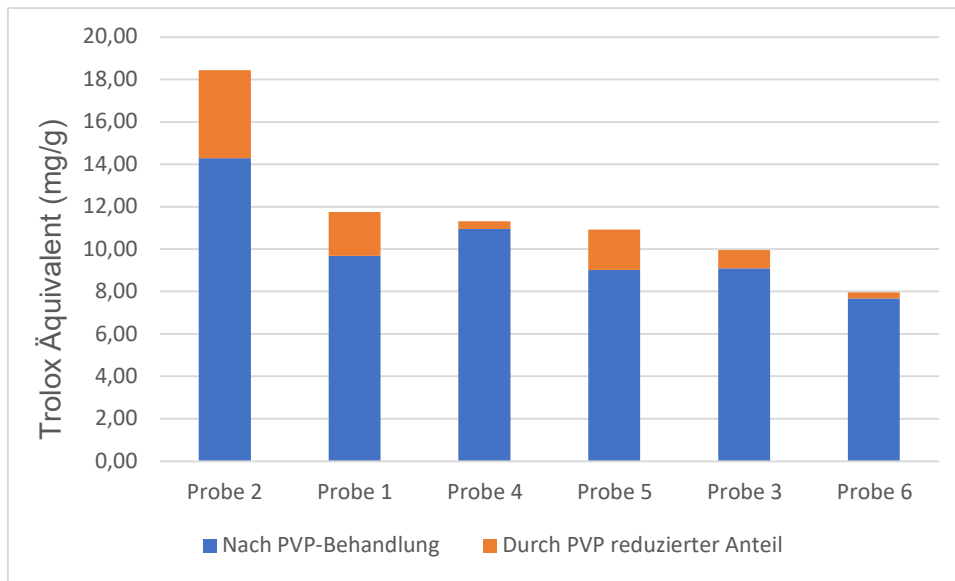


Abb. 27: Gemahlene Muskatnüsse: DPPH-Test: Reduktion durch PVP

Die niedrigste Aktivität hatte Produktprobe 6 mit 7,67 mg/g, die höchste Produktprobe 2 mit 14,29 mg/g. Die Spannweite 6,61 mg/g. Der Mittelwert betrug 10,12 mg/g Trolox-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 2,30 mg/g, der Variationskoeffizient liegt bei 22,75 %.

### 3.3.3 Gesamtphenole

#### Rein ethanolischer Extrakt (n = 6)

Ohne PVP-Behandlung:

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 21,24 mg/g. Die niedrigste hat Probe 3 (16,67 mg/g), die höchste Probe 2 (36,46 mg/g). Die Spannweite beträgt 19,79 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 7,51 mg/g, der Variationskoeffizient bei 35,36 %.

Mit PVP-Behandlung:

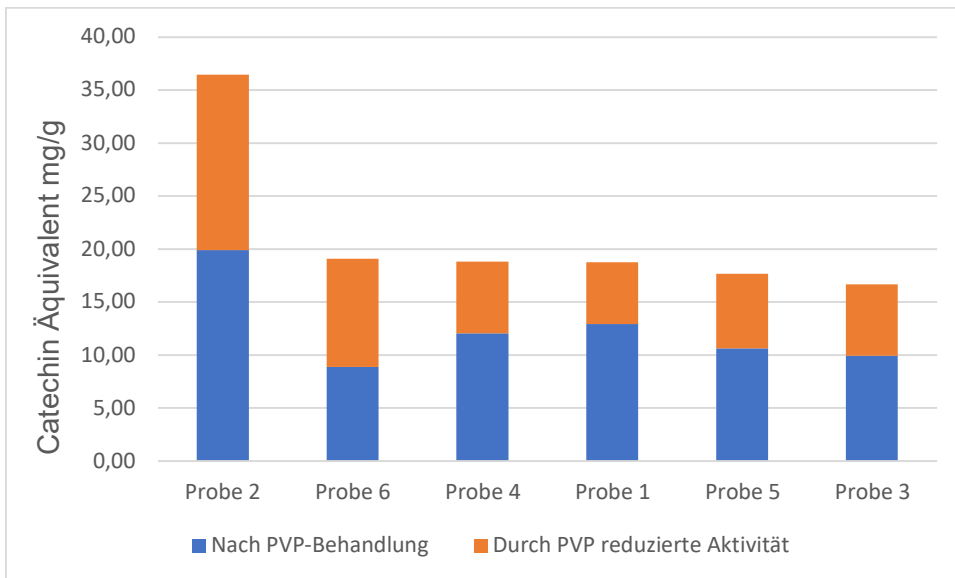


Abb. 28: Gemahlene Muskatnüsse: Reduktion durch PVP-Behandlung

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 12,39 mg/g. Die niedrigste hat Probe 6 (8,89 mg/g), die höchste Probe 2 (19,91 mg/g). Die Spannweite beträgt 11,03 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 3,96 mg/g, der Variationskoeffizient bei 31,97 %.

#### Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 6)

Ohne PVP-Behandlung:

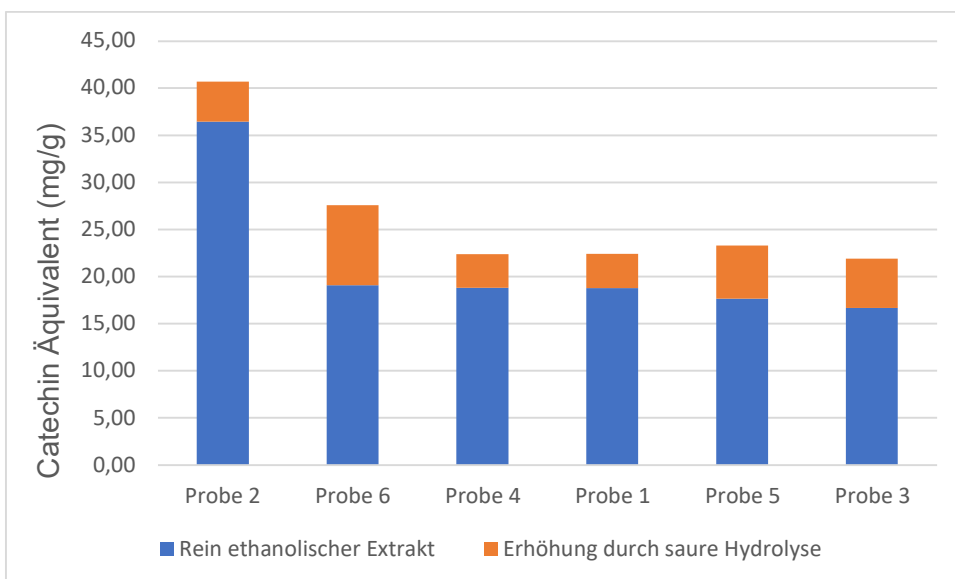


Abb. 29: Gemahlene Muskatnüsse: Gesamtphenole: Erhöhung durch saure Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 26,37 mg/g. Die niedrigste hat Probe 3 (21,91 mg/g), die höchste Probe 2 (40,68 mg/g). Die Spannweite beträgt 18,76 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 7,31 mg/g, der Variationskoeffizient bei 27,70 %.

Mit PVP-Behandlung

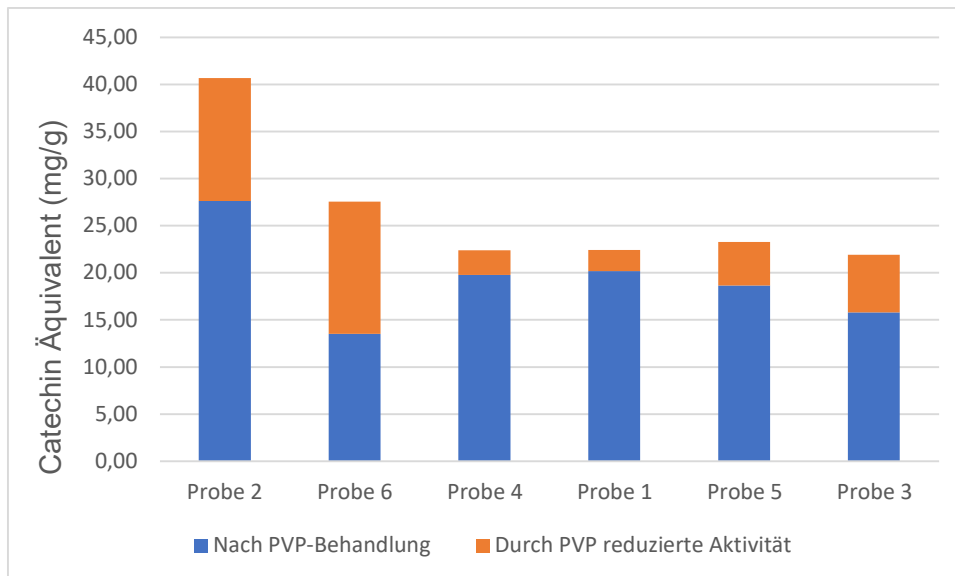


Abb. 30: Gemahlene Muskatnüsse: Gesamtphenole: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit saurer Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 19,26 mg/g. Die niedrigste hat Probe 6 (13,51 mg/g), die höchste Probe 2 (27,63 mg/g). Die Spannweite beträgt 14,12 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 4,83 mg/g, der Variationskoeffizient bei 25,08 %.

### 3.3.4 Flavonoide

#### Rein ethanolischer Extrakt (n = 6)

Ohne PVP-Behandlung:

Im Mittelwert haben die Extrakte einen Flavonidgehalt von 18,23 mg/g. Den niedrigsten hat Probe 6 (11,87 mg/g), den höchsten Probe 2 (24,73 mg/g). Die Spannweite beträgt 12,86 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 4,44 mg/g, der Variationskoeffizient bei 24,34 %.

Mit PVP-Behandlung:

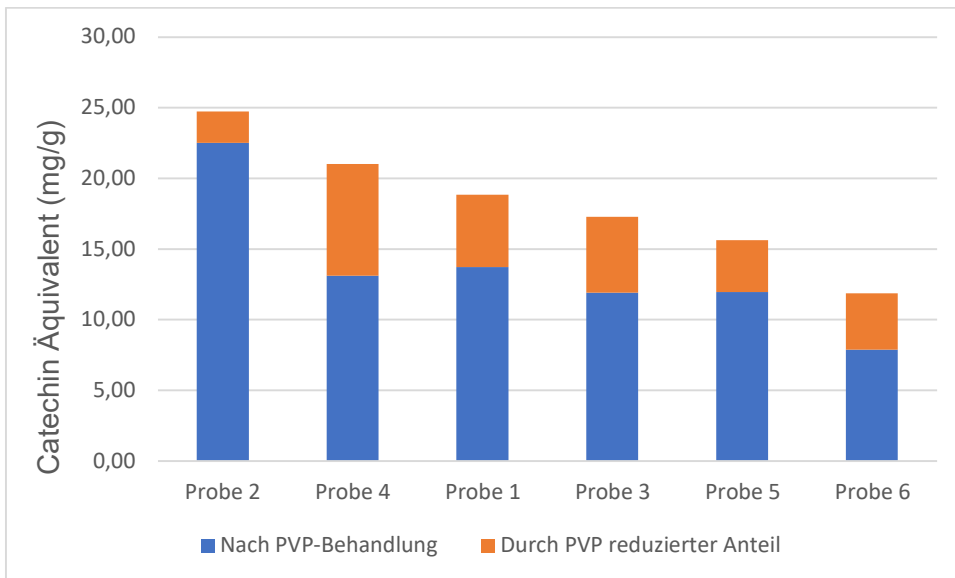


Abb. 31: Gemahlene Muskatnüsse: Flavonoide: Reduktion durch PVP-Behandlung

Im Mittelwert haben die Extrakte einen Flavonidgehalt von 13,51 mg/g. Den niedrigsten hat Probe 6 (1,22 mg/g), den höchsten Probe 2 (15,38 mg/g). Die Spannweite beträgt 14,16 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 5,06 mg/g, der Variationskoeffizient bei 35,94 %.

#### Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 6)

Ohne PVP-Behandlung:

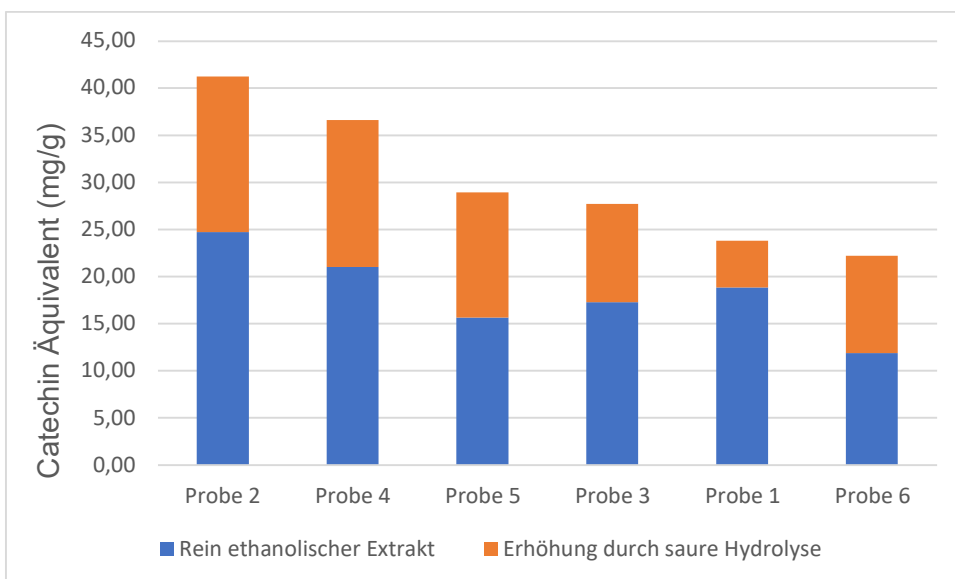


Abb. 32: Gemahlene Muskatnüsse: Flavonoide: Erhöhung durch saure Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte einen Flavonoidgehalt von 30,08 mg/g. Den niedrigsten hat Probe 6 (22,20 mg/g), den höchsten Probe 2 (41,22 mg/g). Die Spannweite beträgt 19,03 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 7,42 mg/g, der Variationskoeffizient bei 24,68 %.

Mit PVP-Behandlung:

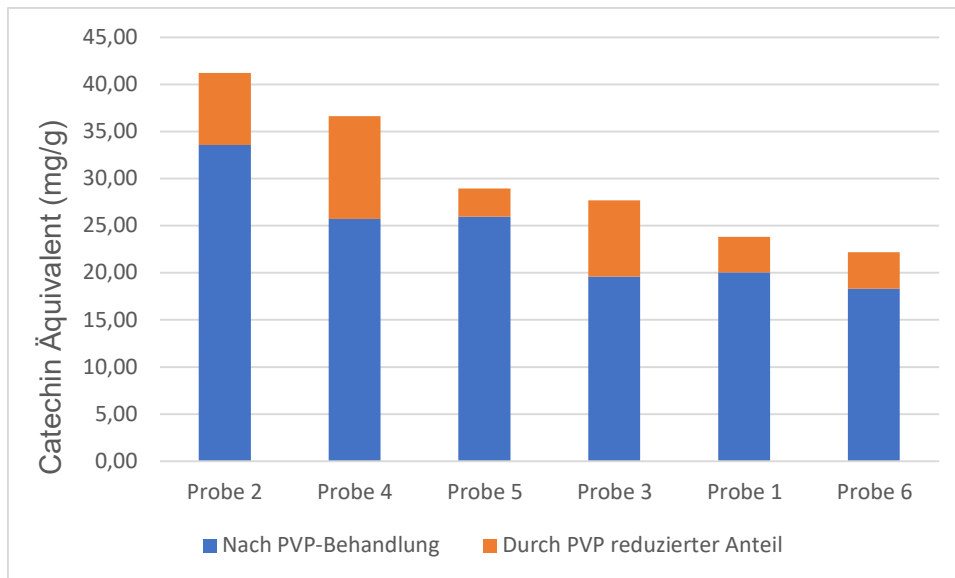


Abb. 33: Gemahlene Muskatnüsse: Flavonoide: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit PVP-Behandlung

Im Mittelwert haben die Extrakte einen Flavonoidgehalt von 23,87 mg/g. Den niedrigsten hat Probe 6 (18,33 mg/g), den höchsten Probe 2 (33,58 mg/g). Die Spannweite beträgt 15,25 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 5,75 mg/g, der Variationskoeffizient bei 24,11 %.

### 3.4 Muskatnussblüten

#### 3.4.1 Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

##### Rein ethanolischer Extrakt (n = 3)

Ohne PVP-Behandlung

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 74,02 mg/g. Die niedrigste hat Probe 16 (65,95 mg/g), die höchste Probe 14 (80,57 mg/g). Die Spannweite beträgt 14,61 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 7,42 mg/g, der Variationskoeffizient bei 10,03 %.

### Mit PVP-Behandlung

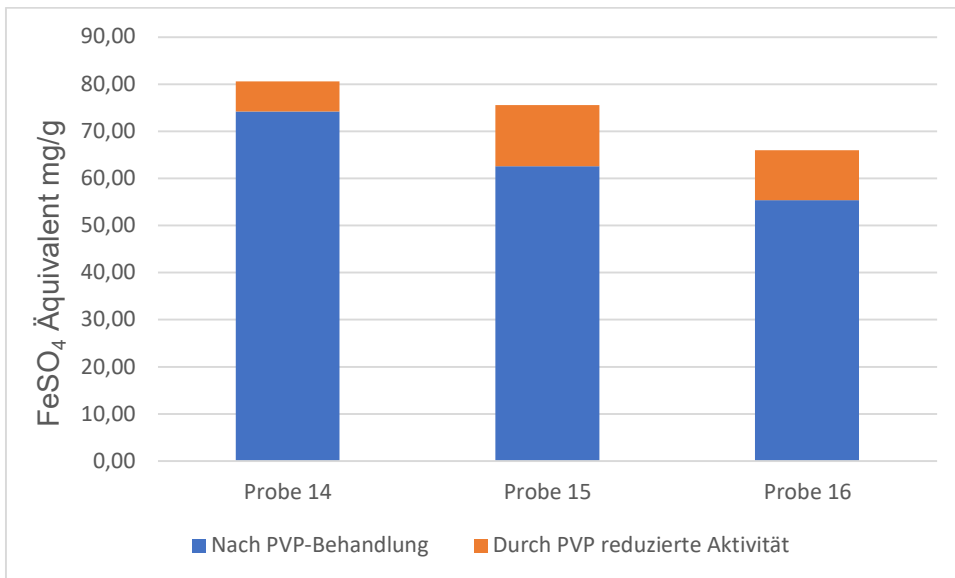


Abb. 34: Muskatnussblüten: FRAP-Test: Reduktion durch PVP-Behandlung

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 64,03 mg/g. Die niedrigste hat Probe 16 (55,35 mg/g), die höchste Probe 14 (74,17 mg/g). Die Spannweite beträgt 18,82 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 9,5 mg/g, der Variationskoeffizient bei 14,83 %.

### Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 3)

Ohne PVP-Behandlung:

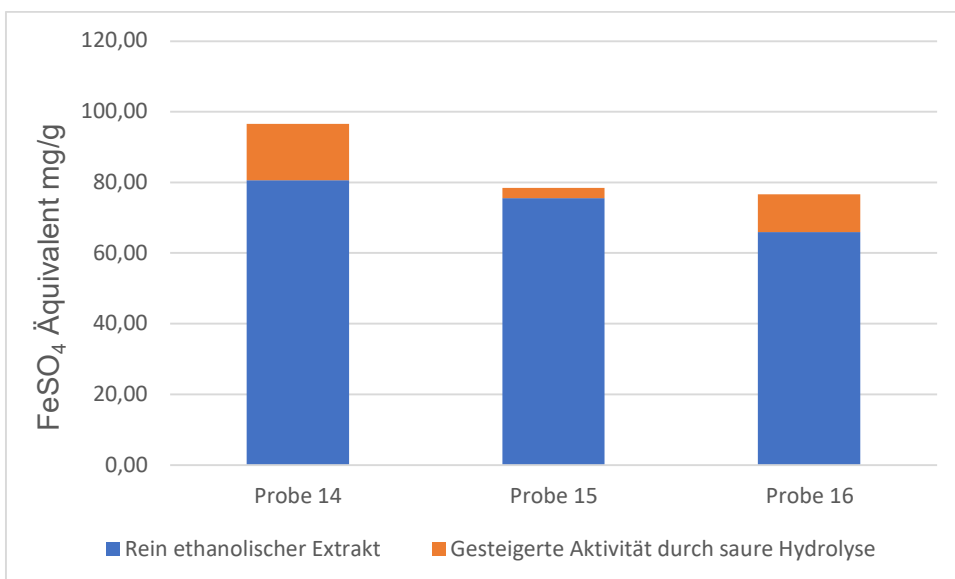


Abb. 35: Muskatnussblüten: FRAP-Test: Steigerung der Aktivität durch saure Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 83,86 mg/g. Die niedrigste hat Probe 16 (76,61 mg/g), die höchste Probe 14 (96,55 mg/g). Die Spannweite beträgt 19,94 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 11,03 mg/g, der Variationskoeffizient bei 13,15 %.

#### Mit PVP-Behandlung

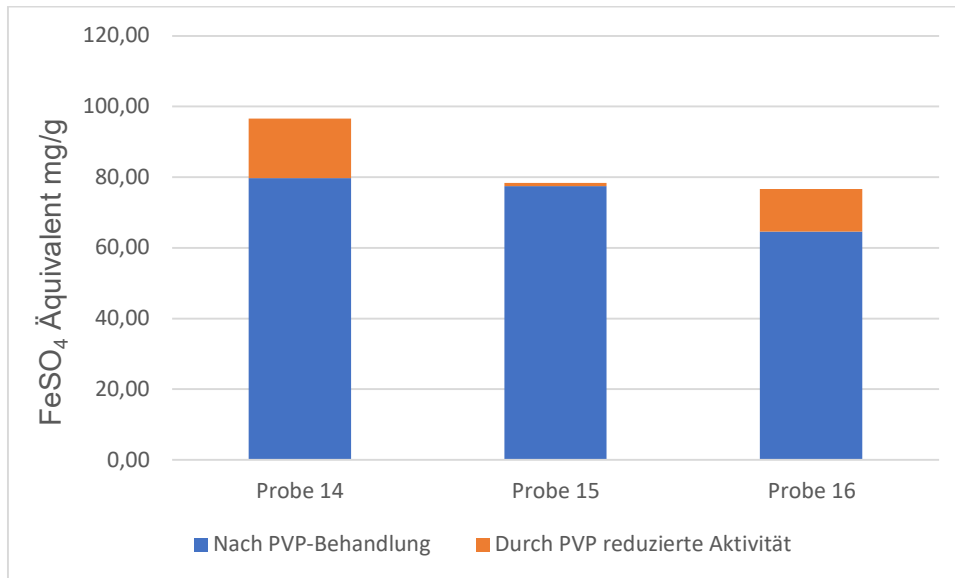


Abb. 36: Muskatnussblüten: FRAP-Test: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit saurer Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 73,95 mg/g. Die niedrigste hat Probe 16 (64,65 mg/g), die höchste Probe 14 (79,76 mg/g). Die Spannweite beträgt 15,11 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 8,14 mg/g, der Variationskoeffizient bei 11,01 %.

#### 3.4.2 DPPH-Test

Ohne PVP-Behandlung (n = 3)

Die niedrigste antioxidative Aktivität hat Produktprobe 16 mit 11,04 mg/g. Die höchste Aktivität gibt es bei Produktprobe 15 mit 13,18 mg/g. Die Spannweite über alle Produktproben hinweg beträgt 2,14 mg/g. Im Mittelwert beträgt die Aktivität 12,28 mg/g Trolox-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 1,11 mg/g, der Variationskoeffizienten liegt bei 9,01 %.

### Mit PVP-Behandlung

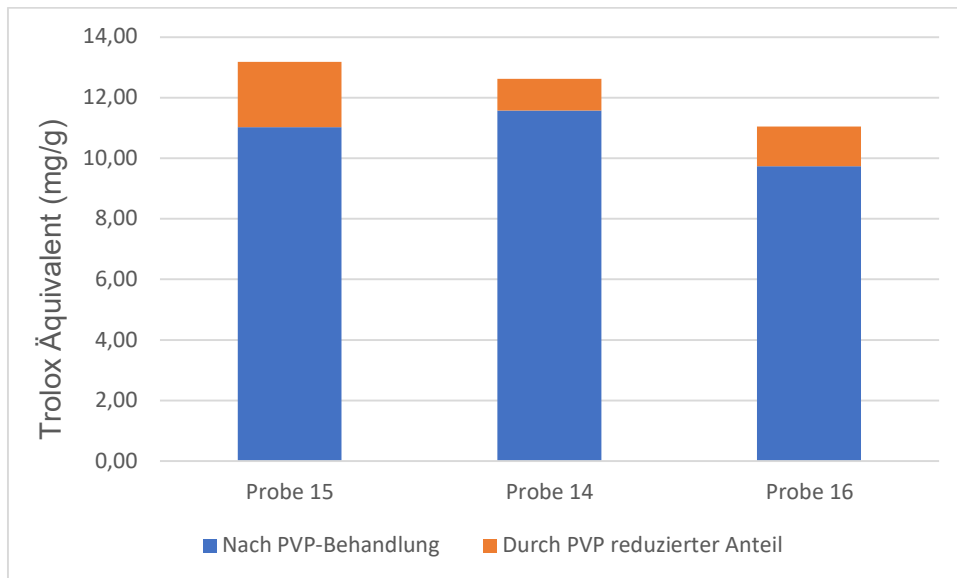


Abb. 37: Muskatnussblüten: DPPH-Test: Reduktion durch PVP-Behandlung

Die niedrigste Aktivität hatte Produktprobe 16 mit 9,74 mg/g, die höchste Produktprobe 14 mit 11,57 mg/g. Die Spannweite 1,83 mg/g. Der Mittelwert betrug 10,78 mg/g Trolox-Äquivalent. Die Standardabweichung beträgt 0,94 mg/g, der Variationskoeffizient liegt bei 8,74 %.

### 3.4.3 Gesamtphenole

#### Rein ethanolischer Extrakt (n = 3)

##### Ohne PVP-Behandlung

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 33,22 mg/g. Die niedrigste hat Probe 13 (23,21 mg/g), die höchste Probe 12 (47,24 mg/g). Die Spannweite beträgt 24,03 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 12,51 mg/g, der Variationskoeffizient bei 37,65 %.

### Mit PVP-Behandlung

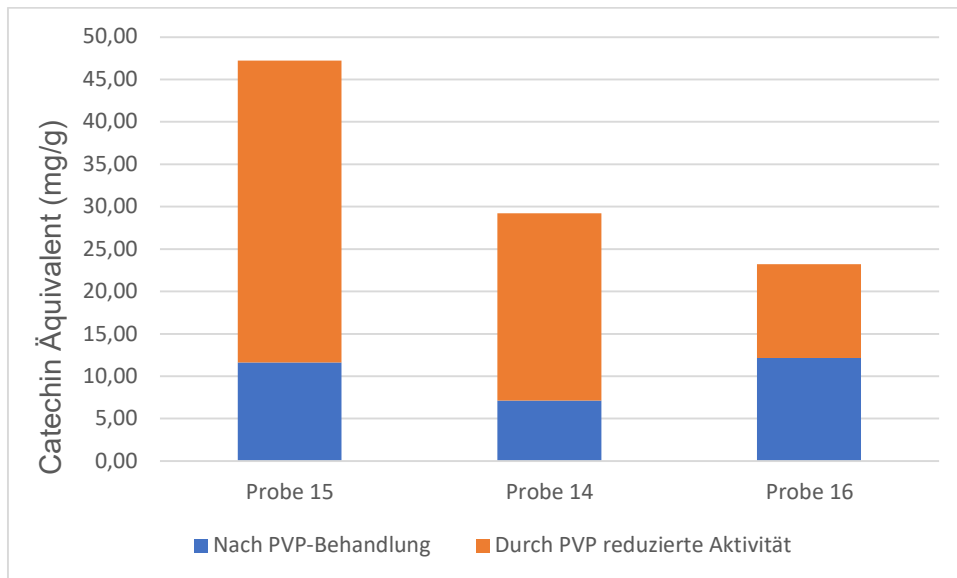


Abb. 38: Muskatnussblüten: Gesamtphenole: Reduktion durch PVP-Behandlung

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 10,30 mg/g. Die niedrigste hat Probe 10 (7,14 mg/g), die höchste Probe 7 (12,15 mg/g). Die Spannweite beträgt 5 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 2,75 mg/g, der Variationskoeffizient bei 26,69 %.

### Extrakt mit saurer Hydrolyse (n = 3)

Ohne PVP-Behandlung:

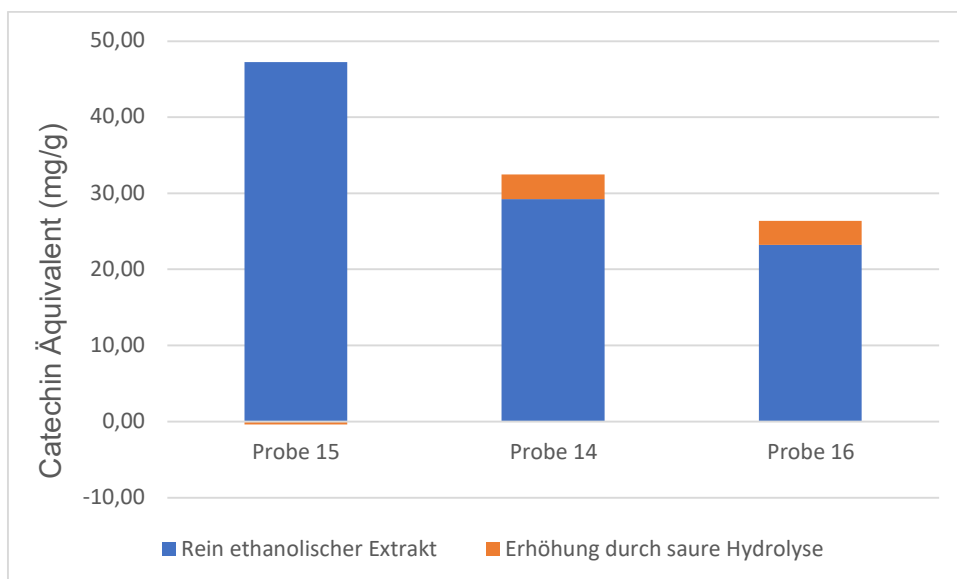


Abb. 39: Muskatnussblüten: Gesamtphenole: Steigerung der Aktivität durch saure Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 35,22 mg/g. Die niedrigste hat Probe 13 (26,37 mg/g), die höchste Probe 12 (46,84 mg/g). Die Spannweite beträgt 20,47 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 10,51 mg/g, der Variationskoeffizient bei 29,85 %.

#### Mit PVP-Behandlung

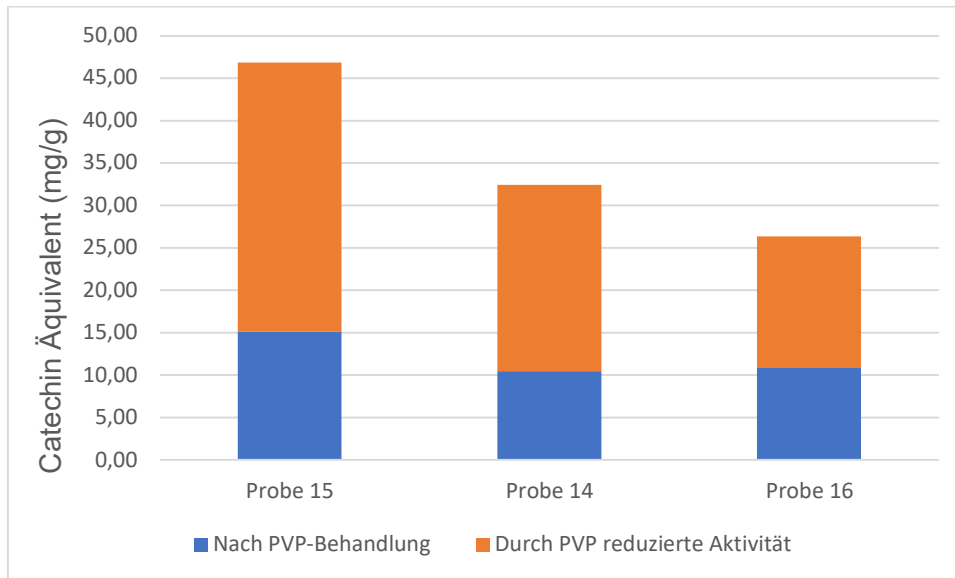


Abb. 40: Muskatnussblüten: Gesamtphenole: Reduktion durch PVP-Behandlung bei Extrakten mit saurer Hydrolyse

Im Mittelwert haben die Extrakte eine antioxidative Aktivität von 12,13 mg/g. Die niedrigste hat Probe 10 (10,46 mg/g), die höchste Probe 12 (15,09 mg/g). Die Spannweite beträgt 4,63 mg/g. Die Standardabweichung liegt bei 2,57 mg/g, der Variationskoeffizient bei 21,20 %.

### 3.5 Korrelation zwischen den Tests

Tab. 14, Tab. 15, Tab. 16 und Tab. 17 sind jeweils die Pearson-Korrelationen zwischen den einzelnen Tests zu entnehmen.

#### Rein ethanolicer Extrakt ohne PVP-Behandlung

Tab. 14: Pearson-Korrelationen zwischen den Test mit rein ethanolicen Extrakten

Korrelationen				
	FRAP-Test	Gesamtphenole	Flavonoide	DPPH-Test

FRAP-Test	Pearson-Korrelation	1	,681**	,902**	,872**
	Sig. (2-seitig)		0,004	0,000	0,000
	N	16	16	13	16
Gesamtphenole	Pearson-Korrelation	,681**	1	0,444	,572*
	Sig. (2-seitig)	0,004		0,129	0,020
	N	16	16	13	16
Flavonoide	Pearson-Korrelation	,902**	0,444	1	,850**
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,129		0,000
	N	13	13	13	13
DPPH-Test	Pearson-Korrelation	,872**	,572*	,850**	1
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,020	0,000	
	N	16	16	13	16
**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.					
*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.					

### Rein ethanolicer Extrakt mit PVP-Behandlung

Tab. 15: Pearson-Korrelationen zwischen den Tests mit rein ethanolicen Extrakten und PVP-Behandlung

Korrelationen				
	DPPH-Test	Flavonoide	Gesamtphenole	FRAP-Test

DPPH-Test	Pearson-Korrelation	1	,867**	,708**	,924**
	Sig. (2-seitig)		0,000	0,002	0,000
	N	16	13	16	16
Flavonoide	Pearson-Korrelation	,867**	1	,747**	,922**
	Sig. (2-seitig)	0,000		0,003	0,000
	N	13	13	13	13
Gesamtphenole	Pearson-Korrelation	,708**	,747**	1	,541*
	Sig. (2-seitig)	0,002	0,003		0,030
	N	16	13	16	16
FRAP-Test	Pearson-Korrelation	,924**	,922**	,541*	1
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,030	
	N	16	13	16	16
**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.					
*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.					

### Extrakt mit saurer Hydrolyse ohne PVP-Behandlung

Tab. 16: Pearson-Korrelationen zwischen den Test mit Extrakten mit saurer Hydrolyse

Korrelationen		FRAP-Test	Gesamtphenole	Flavonoide
FRAP-Test	Pearson-Korrelation	1	0,189	,896**

	Sig. (2-seitig)		0,484	0,000
	N	16	16	13
Gesamtphenole	Pearson-Korrelation	0,189	1	-0,027
	Sig. (2-seitig)	0,484		0,930
	N	16	16	13
Flavonoide	Pearson-Korrelation	,896**	-0,027	1
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,930	
	N	13	13	13
**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.				

### Extrakt mit saurer Hydrolyse mit PVP-Behandlung

Tab. 17: Pearson-Korrelationen zwischen den Tests mit Extrakten mit saurer Hydrolyse und PVP-Behandlung

Korrelationen				
		Flavonoide	Gesamtphenole	FRAP-Test
Flavonoide	Pearson-Korrelation	1	,620*	,844**
	Sig. (2-seitig)		0,024	0,000
	N	13	13	13
Gesamtphenole	Pearson-Korrelation	,620*	1	,589*
	Sig. (2-seitig)	0,024		0,016
	N	13	16	16

FRAP-Test	Pearson-Korrelation	,844**	,589*	1
	Sig. (2-seitig)	0,000	0,016	
	N	13	16	16
*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.				
**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.				

#### 4 Diskussion

Am auffälligsten bezüglich einer Übersicht von Muskatnussproben aus dem österreichischen Handel sind die großen Unterschiede zwischen den einzelnen Proben. Der Variationskoeffizient liegt selbst im besten Fall, bei Extrakten mit saurer Hydrolyse im FRAP-Test, bei 21,2 %. Da alle Produktproben nicht nur doppelt analysiert, sondern auch doppelt extrahiert wurden, ist davon auszugehen, dass diese Unterschiede nicht durch Abweichungen in der Extraktion oder bei der Durchführung der Tests entstanden sind. Da von jedem Handelsprodukt nur eine Packung gekauft wurde, kann anhand dieser Ergebnisse nicht gesagt werden, dass das Produkt eines Herstellers zwingend besser ist als das eines anderen Herstellers. Es kann jedoch gesagt werden, dass Kunden und Kundinnen, welche im lokalen Supermarkt zu einer zufälligen Packung Muskatnuss greifen, damit rechnen müssen Produkte mit sehr unterschiedlicher antioxidativer Aktivität zu erhalten.

Diese Unterschiede könnten grundsätzlich an verschiedenen Stationen, von Anbau bis Verkauf, zustande kommen. Der Gehalt an Inhaltsstoffen kann sich je nach Varietät und Standort des Baumes erheblich unterscheiden. So kann es sein, dass ein Kern aus Leuwisadeng einen Gehalt an ätherischen Ölen von 9,50 % hat, ein Kern aus Tamansari jedoch nur 6,67 %. Beim Gehalt an Myristicin konnte sogar ein Unterschied von 18,05 % in Leuwisadeng zu 8,75 % in Tamansari festgestellt werden. Auch das Alter der Frucht zum Zeitpunkt der Ernte hat Einfluss auf die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe. (Rostiana 2021)

Nach der Ernte sind die Muskatnüsse zusätzlich noch unterschiedlichen Bedingungen bei der Lagerung vor Ort ausgesetzt. Sie werden, abhängig vom Hersteller, unterschiedlich verpackt und haben, abhängig vom Anbaugebiet, unterschiedliche Transportwege hinter sich. Da das österreichische Lebensmittelbuch keine Mindestwerte für die antioxidative Aktivität festlegt, gibt es diesbezüglich auch keine Mindeststandards, welche Hersteller in ihren Produkten einhalten müssen. Diesen ist daher auch kein Vorwurf zu machen. Für Kundinnen und Kunden ist es dennoch eine unbefriedigende Situation, mit einer derartigen Schwankungsbreite konfrontiert zu werden.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Produktgruppen ist auffällig, dass Muskatnussblüten stets die höchste antioxidative Aktivität aufweisen. Auch wenn die beobachteten Unterschiede nicht in allen Tests statistisch signifikant waren, kann in der Gesamtbetrachtung doch davon ausgegangen werden, beim Kauf von Muskatnussblüten eher ein Produkt mit hoher antioxidativer Aktivität zu erhalten als bei Muskatnusskernen.

Die Unterscheidung zwischen gemahlen gekauften und im Ganzen gekauften Muskatnüssen fällt schwerer. Durch das Mahlen werden Pflanzenteile aufgebrochen, wodurch die Inhaltsstoffe vermehrt dem Luftsauerstoff ausgesetzt werden. Das kann zur Oxidation und teilweise Abbau dieser Stoffe führen und dadurch deren Reaktivität in den Tests verändern. Hier zeigen bei der Betrachtung der Mittelwerte und in der grafischen Darstellung in der Regel gemahlene Muskatnüsse eine höhere Aktivität. Statistisch signifikant ist dieser Unterschied jedoch nur beim Test auf Gesamtflavonoide. Hier wurde der Unterschied mit einem zweiseitigen t-Test für unabhängige Stichproben getestet, da die Muskatnussblüten von der Auswertung ausgeschlossen wurden und daher nur noch zwei Produktgruppen übrig waren. Bei den anderen Tests kam der Games-Howell Test als Post-Hoc-Test, nach einer ANOVA zum Einsatz, da es hier drei Gruppen zu vergleichen gab.

Bezüglich der Extraktion mit saurer Hydrolyse konnte bei allen Tests eine Steigerung der antioxidativen Aktivität festgestellt werden. Am stärksten fiel diese bei der Betrachtung der Gesamtflavonoide mit 53 % aus. Beim FRAP-Test und bei den Gesamtphenolen waren es jedoch auch noch immer 34 % bzw. 25 %. In der Muskatnuss sind eindeutig an die Zellwand gebundene Stoffe enthalten, welche über antioxidative Aktivität verfügen. Dass der Unterschied beim Test auf Gesamtflavonoide am größten ausfällt, deutet darauf hin, dass es sich dabei zu einem erheblichen Teil um Flavonoide handelt.

Die Behandlung mit PVP hat die Ergebnisse bei allen Tests reduziert. Am stärksten fiel dieser Effekt beim Test auf Gesamtphenole auf. Hier wurde die antioxidative Aktivität um 56 % bei rein ethanolschen bzw. 46 % bei Extrakten mit saurer Hydrolyse reduziert. Das ist im Einklang mit der Literatur (Huang et al. 2005) und der Tatsache, dass PVP in gängigen DNA-Extraktionsprotokollen zur Entfernung von Polyphenolen verwendet wird (Doyle 1991). Am geringsten fiel der Effekt beim FRAP-Test mit 10 % bzw. 11 % auf. Eine mögliche Erklärung dafür besteht darin, dass die anderen Tests weniger auf jene Inhaltsstoffe reagiert, welche durch PVP entfernt werden. Ebenfalls möglich ist, dass die durch PVP entfernten Stoffe, also unter anderem Polyphenole, bezüglich der gesamten antioxidativen Aktivität, welche in anderen Tests gemessen wird, schlicht eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Überprüfung der Korrelation der einzelnen Tests zeigt, dass die meisten Tests, bei den meisten Extrakten, gut korrelieren. Bei Extrakten ohne PVP-Behandlung korrelieren alle Tests, außer dem Test auf Gesamtphenole, signifikant miteinander. Nach der Behandlung mit PVP korreliert dieser jedoch ebenfalls signifikant mit den anderen Tests. Auch hierfür ist eine

mögliche Erklärung, dass die hohe Menge an durch PVP entfernbaren Inhaltsstoffen, welche vom Test auf Gesamtphenole erfasst werden, in den anderen Tests eine untergeordnete Rolle spielen. Solange diese vorhanden sind, besteht keine signifikante Korrelation, werden sie entfernt, kommt eine signifikante Korrelation zustande.

Gesamtflavonoide – kritische Selbstbetrachtung:

Beim Test auf Gesamtflavonoide ist es wiederholt zu Trübungen in unterschiedlichem Ausmaß gekommen. Diese konnten trotz zahlreicher Variationen des Protokolls nicht vollständig verhindert werden. Versucht wurde eine Variation mit zusätzlichen Reagenzien, der Einsatz von Spritzenfiltern zur besseren Filtration der Extrakte sowie unterschiedliche Verdünnungen. Da die Laborarbeitszeit, welche zur Durchführung der Messungen dieser Arbeit zur Verfügung stand, limitiert war, waren ab einem gewissen Zeitpunkt keine weiteren Methodentests mehr möglich. Es wurde beschlossen, die besten zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Ergebnisse zur Auswertung heranzuziehen. Die allermeisten Proben waren mit dem in „Material und Methoden“ angegebenen Protokoll klar. Ausgeschlossen werden mussten die Extrakte aller Muskatnussblüten. Zusätzlich gab es bei den Extrakten der Probe 4, ohne PVP-Behandlung, eine geringfügige Trübung. Aufgrund der Geringfügigkeit wurde beschlossen die Messwerte der Probe 4 im Datensatz zu belassen. Im Einklang mit der „Good scientific practice“ wird dieser Umstand jedoch offen und transparent angesprochen.

## 5 Zusammenfassung

Die Muskatnuss ist ein beliebtes Gewürz, das potenziell auch einen erheblichen medizinischen und gesundheitlichen Nutzen haben kann. Unter anderem hat sie antifungale und antibakterielle Wirkung. Extrakte aus der Muskatnuss haben jedoch auch insulinähnliche Wirkung bei Mäusen und erhöhen Potenz sowie Libido bei Ratten. Sie enthält zahlreiche Inhaltsstoffe, von denen einige eine antioxidative Wirkung haben. Darunter phenolische Verbindungen wie Polyphenole und Flavonoide.

Sechzehn Muskatnussproben aus dem österreichischen Einzelhandel wurde auf Ihren Flavonidgehalt, Gesamtphenolgehalt und ihre antioxidative Aktivität hin untersucht. Dabei handelte es sich um Proben von gemahlene Muskatnusskernen, ganzen Muskatnusskernen und Muskatnussblüten. Es wurde gezeigt, dass es erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Proben gibt. Die gemessenen Gesamtflavonidgehalte in ethanolischen Extrakten reichten von 9,55 mg/g bis 24,73 mg/g Catechin-Äquivalente. Die ermittelten Gesamtphenolgehalte in ethanolischen Extrakten lagen von 16,67 mg/g bis 47,24 mg/g Catechin-Äquivalente. Dies ist aufgrund von fehlender gesetzlicher Regelung zulässig, führt jedoch zu einer für Konsumenten und Konsumentinnen unübersichtlichen Situation. Die höchste antioxidative Aktivität wurde in Muskatnussblüten festgestellt.

Durch saure Hydrolyse können deutlich mehr antioxidative Inhaltsstoffe aus der Muskatnuss gelöst werden, welche ohne saure Hydrolyse an Zellwände gebunden bleiben würden. Dabei handelt es sich, zu einem erheblichen Teil, um Flavonoide. Die Möglichkeit, das Ergebnis aller Tests, durch Behandlung der Proben mit Polyvinylpyrrolidon, zu reduzieren zeigt, dass mit Polyvinylpyrrolidon entfernbare Inhaltsstoffe, laut Literatur Polyphenole, für einen Teil der antioxidativen Aktivität verantwortlich sind. Dies deckt sich auch mit der Beobachtung, dass die Reduktion, durch Behandlung mit Polyvinylpyrrolidon, beim Test auf Gesamtphenole am stärksten ausfällt.

Die Ergebnisse der Tests korrelieren grundsätzlich gut miteinander. Der Test auf Gesamtphenole korreliert jedoch erst nach der Behandlung der Extrakte mit Polyvinylpyrrolidon mit den anderen Tests.

## 6 Summary

Nutmeg is a popular spice that potentially can have significant health and medical benefits as well. It has antifungal and antimicrobial effects. Nutmeg extract has also an insulin-like effect on mice and increases potency and libido in rats. It contains numerous ingredients, some of which have an antioxidant effect. This includes phenolic compounds such as polyphenols and flavonoids.

Sixteen nutmeg samples from Austrian retail traders were examined for their flavonoid content, total phenolic content, and their antioxidant activity. These samples were ground nutmegs, whole nutmeg kernel and nutmeg maces. It has been shown that there are significant differences between the samples. The total flavonoid content measured in ethanolic extracts range from 9,55 mg/g to 24,73 mg/g catechin equivalents. The total phenolic content measured in ethanolic extracts range from 16,67 mg/g to 47,24 mg/g catechin equivalents. This is acceptable due to the lack of legal regulations but leads to unclear situations for customers. The highest antioxidant activity was found in the maces.

Acidic hydrolysis can release significantly more antioxidants from nutmeg, that would remain bound to the cell walls without acidic hydrolysis. A big part of those are flavonoids. Treating the nutmeg extract with Polyvinylpyrrolidon gave in all tests lower contents or activities, showing that compounds can be removed by polyvinylpyrrolidone. According to literature polyphenolics, are responsible for part of the antioxidant activity. This is also consistent with the observation that the reduction from treatment with polyvinylpyrrolidone is largest at the test for total phenolic content.

The results of the tests generally correlate well with each other. However, the test for total phenolic contents only correlates with the other ones after the extracts have been treated with polyvinylpyrrolidone.

## 7 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Produktproben .....	7
Tab. 2: FRAP: Pipettierschema Kalibrierungskurve .....	12
Tab. 3: FRAP: Pipettierschema: Extrakte .....	12
Tab. 4: DPPH Pipettierschema Kalibrierungskurve .....	14
Tab. 5: DPPH Pipettierschema Extrakte .....	15
Tab. 6: Gesamtphenole: Pipettierschema Kalibrierungskurve .....	17
Tab. 7: Gesamtphenole: Pipettierschema Extrakte .....	18
Tab. 8: Gesamtflavonoide: Pipettierschema Kalibrierungskurve .....	20
Tab. 9: Gesamtflavonoide: Pipettierschema Extrakte .....	21
Tab. 10: FRAP: Übersichtstabelle mit antioxidativer Aktivität, angegeben in mg/g FeSO <sub>4</sub> -Äquivalent .....	26
Tab. 11: DPPH: Übersichtstabelle über die antioxidative Aktivität .....	28
Tab. 12: Gesamtphenole: Übersicht über die antioxidative Aktivität aller Extrakte. Angaben in mg/g Catechin-Äquivalent .....	32
Tab. 13: Gesamtflavonoide: Übersichtstabelle über die den Flavonoidgehalt der einzelnen Extrakte. Angaben in mg/g Catechin-Äquivalent .....	36
Tab. 14: Pearson-Korrelationen zwischen den Test mit rein ethanolischen Extrakten .....	56
Tab. 15: Pearson-Korrelationen zwischen den Tests mit rein ethanolischen Extrakten und PVP-Behandlung .....	57
Tab. 16: Pearson-Korrelationen zwischen den Test mit Extrakten mit saurer Hydrolyse .....	58
Tab. 17: Pearson-Korrelationen zwischen den Tests mit Extrakten mit saurer Hydrolyse und PVP-Behandlung .....	59

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anbaumenge in Tonnen von Muskatnüssen, nach Anbaugebiet, aus dem Jahr 2021. Nach Angaben der FAO erstellt. ....	1
Abb. 2: Darstellung von Vinylpyrrolidon und Polyvinylpyrrolidon. Eigene Grafik nach Haaf et al. 1985. ....	3
Abb. 3: Gesamtbetrachtung FRAP-Test. Boxplot zeigt rein ethanolische Extrakte und Extrakte mit saurer Hydrolyse, jeweils mit und ohne PVP-Behandlung im Vergleich.....	23
Abb. 4: FRAP-Test: Gegenüberstellung der antioxidativen Aktivität der Produktgruppen in rein ethanolischem Extrakt.....	24
Abb. 5: FRAP-Test: Gegenüberstellung der antioxidativen Aktivität der Produktgruppen in Extrakt mit saurer Hydrolyse. ....	25
Abb. 6: DPPH-Test: Boxplot zeigt rein ethanolischen Extrakt, mit und ohne PVP-Behandlung .....	27
Abb. 7: DPPH-Test: Gegenüberstellung der Produktgruppen in rein ethanolischem Extrakt	28
Abb. 8: Gesamtphenole: Boxplot zeigt rein ethanolische Extrakte und Extrakte mit saurer Hydrolyse, jeweils mit und ohne PVP-Behandlung im Vergleich. ....	29
Abb. 9: Gesamtphenole: Gegenüberstellung der Produktgruppen in rein ethanolischem Extrakt ohne PVP-Behandlung .....	30
Abb. 10: Gesamtphenole: Gegenüberstellung der Produktgruppen in Extrakt mit saurer Hydrolyse ohne PVP-Behandlung.....	32
Abb. 11: Gesamtflavonoide: Boxplot zeigt rein ethanolische Extrakte und Extrakte mit saurer Hydrolyse, jeweils mit und ohne PVP-Behandlung im Vergleich. ....	33
Abb. 12: Gesamtflavonoide: Gegenüberstellung von gemahlen und im Ganzen gekauften Muskatnüssen in rein Ethanolischem Extrakt ohne PVP-Behandlung .....	34
Abb. 13: Gesamtflavonoide: Gegenüberstellung von gemahlen und im Ganzen gekauften Muskatnüssen in Extrakten mit saurer Hydrolyse ohne PVP-Behandlung.....	36
Abb. 14: Ganze Muskatnüsse - FRAP-Test - Reduktion durch PVP.....	37
Abb. 15: Ganze Muskatnüsse - FRAP-Test: Gesteigerte Aktivität durch saure Hydrolyse:....	38
Abb. 16: Ganze Muskatnuss: FRAP-Test: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit saurer Hydrolyse.....	38
Abb. 17: Ganze Muskatnuss: DPPH-Test: Reduktion durch PVP .....	39
Abb. 18: Ganze Muskatnuss: Gesamtphenole: Reduktion durch PVP .....	40
Abb. 19: Ganze Muskatnuss: Gesamtphenole: Erhöhung durch saure Hydrolyse.....	41

Abb. 20: Ganze Muskatnuss: Gesamtphenole: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit saurer Hydrolyse.....	41
Abb. 21: Ganze Muskatnuss: Flavonoide: Reduktion durch PVP .....	42
Abb. 22: Ganze Muskatnuss: Flavonoide: Steigerung des Flavonoidgehalts durch saure Hydrolyse.....	43
Abb. 23: Ganze Muskatnuss: Flavonoide: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit saurer Hydrolyse.....	44
Abb. 24: Gemahlene Muskatnüsse: FRAP-Test: Reduktion durch PVP .....	45
Abb. 25: Gemahlene Muskatnüsse: FRAP-Test: Erhöhung der Aktivität durch saure Hydrolyse .....	45
Abb. 26: Gemahlene Muskatnüsse: FRAP-Test: Reduktion durch PVP-Behandlung bei Extrakten mit saurer Hydrolyse .....	46
Abb. 27: Gemahlene Muskatnüsse: DPPH-Test: Reduktion durch PVP.....	47
Abb. 28: Gemahlene Muskatnüsse: Reduktion durch PVP-Behandlung .....	48
Abb. 29: Gemahlene Muskatnüsse: Gesamtphenole: Erhöhung durch saure Hydrolyse.....	48
Abb. 30: Gemahlene Muskatnüsse: Gesamtphenole: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit saurer Hydrolyse.....	49
Abb. 31: Gemahlene Muskatnüsse: Flavonoide: Reduktion durch PVP-Behandlung .....	50
Abb. 32: Gemahlene Muskatnüsse: Flavonoide: Erhöhung durch saure Hydrolyse .....	50
Abb. 33: Gemahlene Muskatnüsse: Flavonoide: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit PVP-Behandlung .....	51
Abb. 34: Muskatnussblüten: FRAP-Test: Reduktion durch PVP-Behandlung.....	52
Abb. 35: Muskatnussblüten: FRAP-Test: Steigerung der Aktivität durch saure Hydrolyse....	52
Abb. 36: Muskatnussblüten: FRAP-Test: Reduktion durch PVP bei Extrakten mit saurer Hydrolyse.....	53
Abb. 37: Muskatnussblüten: DPPH-Test: Reduktion durch PVP-Behandlung .....	54
Abb. 38: Muskatnussblüten: Gesamtphenole: Reduktion durch PVP-Behandlung .....	55
Abb. 39: Muskatnussblüten: Gesamtphenole: Steigerung der Aktivität durch saure Hydrolyse .....	55
Abb. 40: Muskatnussblüten: Gesamtphenole: Reduktion durch PVP-Behandlung bei Extrakten mit saurer Hydrolyse .....	56

## 9 Literaturverzeichnis

- Altemimi A, Lakhssassi N, Baharlouei A, Watson DG, Lightfoot DA. 2017. Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts. *Plants* (Basel, Switzerland), 6 (4). DOI 10.3390/plants6040042.
- Balasundram N, Sundram K, Samman S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, 99 (1): 191–203. DOI 10.1016/j.foodchem.2005.07.042.
- Barman R, Bora PK, Saikia J, Kemprai P, Saikia SP, Haldar S, Banik D. 2021. Nutmegs and wild nutmegs: An update on ethnomedicines, phytochemicals, pharmacology, and toxicity of the Myristicaceae species. *Phytotherapy research : PTR*, 35 (9): 4632–4659. DOI 10.1002/ptr.7098.
- Broadhurst CL, Polansky MM, Anderson RA. 2000. Insulin-like biological activity of culinary and medicinal plant aqueous extracts in vitro. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48 (3): 849–852. DOI 10.1021/jf9904517.
- Chan K-L, Ho C-L, Namasivayam P, Napis S. 2007. A simple and rapid method for RNA isolation from plant tissues with high phenolic compounds and polysaccharides. *Protocol Exchange*. DOI 10.1038/nprot.2007.184.
- Cho JY, Choi GJ, Son SW, Jang KS, Lim HK, Lee SO, Sung ND, Cho KY, Kim J-C. 2007. Isolation and antifungal activity of lignans from *Myristica fragrans* against various plant pathogenic fungi. *Pest management science*, 63 (9): 935–940. DOI 10.1002/ps.1420.
- Cornelsen Verlag GmbH. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Mazis> (Zugriff 23.06.2023).
- Doyle J. 1991. DNA Protocols for Plants. In: Hewitt GM, Johnston AW, Young JW, Hrsg. *Molecular Techniques in Taxonomy*. Erste Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer, 283–293.
- Finley JW, Kong A-N, Hintze KJ, Jeffery EH, Ji LL, Lei XG. 2011. Antioxidants in foods: state of the science important to the food industry. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59 (13): 6837–6846. DOI 10.1021/jf2013875.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 24.03.2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> (Zugriff 23.06.2023).
- Gupta AD, Bansal VK, Babu V, Maithil N. 2013. Chemistry, antioxidant and antimicrobial potential of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 11 (1): 25–31. DOI 10.1016/j.jgeb.2012.12.001.

- Haaf F, Sanner A, Straub F. 1985. Polymers of N-Vinylpyrrolidone: Synthesis, Characterization and Uses. *Polymer Journal*, 17 (1): 143–152. DOI 10.1295/polymj.17.143.
2012. Handbook of herbs and spices. Zweite ed. Oxford: Woodhead Publ, 607.
- Huang D, Ou B, Prior RL. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53 (6): 1841–1856. DOI 10.1021/jf030723c.
- Ignat I, Volf I, Popa VI. 2011. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food chemistry*, 126 (4): 1821–1835. DOI 10.1016/j.foodchem.2010.12.026.
- Kapoor I, Singh B, Singh G, Heluani CS de, Lampasona MP de, Catalan CA. 2013. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oil and Oleoresins of Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) Fruits. *International Journal of Food Properties*, 16 (5): 1059–1070. DOI 10.1080/10942912.2011.576357.
- Lebensmittelversuchsanstalt. <https://www.lebensmittelbuch.at/lebensmittelbuch/b-28-kraeuter-und-gewuerze/2-beschreibung-und-grenzwerte/2-5-fruechte-und-samen/2-5-15-muskatnuss.html> (Zugriff 23.06.2023).
- Lee B-J, Kim S, Lee J-W, Lee H-M, Eo SH. 2021. Technical note: Polyvinylpyrrolidone (PVP) and proteinase-K improve the efficiency of DNA extraction from Japanese larch wood and PCR success rate. *Forensic Science International*, 328: 111005. DOI 10.1016/j.forsciint.2021.111005.
- Li F, Yang X-W, Krausz KW, Nichols RG, Xu W, Patterson AD, Gonzalez FJ. 2015. Modulation of colon cancer by nutmeg. *Journal of proteome research*, 14 (4): 1937–1946. DOI 10.1021/pr5013152.
- Makkar HP, Blümmel M, Becker K. 1995. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in in vitro techniques. *British Journal of Nutrition*, 73 (6): 897–913. DOI 10.1079/BJN19950095.
- Pan Z, Qu W, Ma H, Atungulu GG, McHugh TH. 2012. Continuous and pulsed ultrasound-assisted extractions of antioxidants from pomegranate peel. *Ultrasonics sonochemistry*, 19 (2): 365–372. DOI 10.1016/j.ultsonch.2011.05.015.
- Rahman N, A F, M.E E. 2015. Toxicity of Nutmeg (Myristicin): A Review. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 5 (3): 212. DOI 10.18517/ijaseit.5.3.518.

Rostiana O. 2021. Selected nutmeg parent trees from nutmeg population in Bogor: Their fruit yield, essential oil content, and morphological characteristics. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 762 (1): 12053.

Setty JV, Srinivasan I, Sathiesh RT, Kale M, Shetty VV, Venkatesh S. 2020. In vitro evaluation of antimicrobial effect of *Myristica fragrans* on common endodontic pathogens. Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry, 38 (2): 145–151. DOI 10.4103/JISPPD.JISPPD\_214\_20.

Shraim AM, Ahmed TA, Rahman MM, Hijji YM. 2021. Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation. LWT, 150: 111932. DOI 10.1016/j.lwt.2021.111932.

Tajuddin, Ahmad S, Latif A, Qasmi IA, Amin KMY. 2005. An experimental study of sexual function improving effect of *Myristica fragrans* Houtt. (nutmeg). BMC complementary and alternative medicine, 5: 16. DOI 10.1186/1472-6882-5-16.

VALENTE VMM, JHAM GN, DHINGRA OD, GHIVIRIGA IO. 2011. COMPOSITION AND ANTIFUNGAL ACTIVITY OF THE BRAZILIAN MYRISTICA FRAGRANS HOUTT ESSENTIAL OIL. Journal of Food Safety, 31 (2): 197–202. DOI 10.1111/j.1745-4565.2010.00285.x.

van Wyk B-E. 2005. Handbuch der Nahrungspflanzen. Ein illustrierter Leitfaden. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

Yu R, Jiao JJ, Duh JL, Gudehithlu K, Tan TH, Kong AN. 1997. Activation of mitogen-activated protein kinases by green tea polyphenols: potential signaling pathways in the regulation of antioxidant-responsive element-mediated phase II enzyme gene expression. Carcinogenesis, 18 (2): 451–456. DOI 10.1093/carcin/18.2.451.

## **10 Internetquellen**

Cornelsen Verlag GmbH - Duden

<https://www.duden.de/rechtschreibung/Mazis>

Letzter Zugriff: 23.06.2023

Österreichisches Lebensmittelbuch

<https://www.lebensmittelbuch.at/lebensmittelbuch.html>

Letzter Zugriff: 23.06.2023

Offizielle Statistiken der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) - FAOSTAT

<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>

Letzter Zugriff: 23.06.2023

## 11 Abkürzungsverzeichnis

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O</b>	Aluminium-III-Chlorid-Hexahydrat
<b>ANOVA</b>	analysis of variance (Statistische Methode)
<b><i>Aqua dest.</i></b>	<i>Aqua destillata</i>
<b>ARE</b>	Antioxidant response elements
<b>DPPH</b>	2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazil
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations
<b>FCR</b>	Folin-Ciocalteu-Reagenzes
<b>FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O</b>	Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat
<b>FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O</b>	Eisen(II)-sulfat-Heptahydrat
<b>FRAP</b>	Ferric Reducing Antioxidant Power
<b>MMDA</b>	3-methoxy-dioxy amphetamine
<b>NaNO<sub>2</sub></b>	Natriumnitrit
<b>ÖLMB</b>	Österreichisches Lebensmittelbuch
<b>PVP</b>	Polyvinylpyrolidon
<b>Tab.</b>	Tabelle
<b>TPTZ</b>	2,4,6-tripyridyl-s-triazin