



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Untersuchungen von Espresso und Filterkaffee im Bezug
auf die totale antioxidative Kapazität und die sensorischen
Eigenschaften mit und ohne Milchzugabe

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Verfasserin:

Marlene Woda

Matrikel-Nummer:

0202248

Studienrichtung (lt. Studienblatt):

Ernährungswissenschaften A474

Betreuerin:

ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak

Wien, am 26. 01. 2009

DANKSAGUNG

Zuerst möchte ich mich bei Frau ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak, die mir die Durchführung dieser Diplomarbeit ermöglichte, für die gewissenhafte und herzliche Betreuung bedanken.

Auch an Herrn o. Univ.-Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa, der mir ermöglicht hat, meine Diplomarbeit am IfEW der Universität Wien durchzuführen, möchte ich meinen Dank richten.

Außerdem möchte ich mich bei allen Mitarbeitern des Instituts für Ernährungswissenschaften bedanken, die mir stets mit Rat und Tat zur Seite standen.

Herzlichen Dank möchte ich an Herrn Prof. Leopold Josef Edelbauer richten, der die Kaffeeproben, die für die Durchführung dieser Arbeit benötigt wurden, kostenlos zur Verfügung gestellt hat und mir die Teilnahme am Kaffee-Experten-Kurs und am Kaffee-Sommelier-Kurs ermöglichte.

Besonderer Dank gilt auch den PanellistInnen, ohne die die sensorischen Untersuchungen nicht zustande gekommen wären.

Ich bedanke mich bei meiner Studienkollegin Sandra Kölbl, die viele Tage gemeinsam mit mir im Labor verbracht hat, mich oft aufgemuntert hat und ohne deren Hilfe die rasche und reibungslose Durchführung der sensorischen Untersuchungen nicht möglich gewesen wäre.

Auch bei allen StudienkollegInnen, die mich sowohl während der Diplomarbeitszeit als auch während der Studienzeit immer mit Hilfestellungen unterstützt haben, möchte ich mich bedanken.

Danke sagen möchte ich zu meinen FreundInnen Soni, Alf, Marlen, Tanja, Anna, Verena und allen anderen mit denen ich den Großteil meiner Studienzeit verbracht habe und die mich während der anstrengenden Diplomarbeitszeit unterstützt haben.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, die mir nicht nur das Studium ermöglicht haben, sondern mich immer unterstützt haben und für mich da waren.

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
TABELLENVERZEICHNIS	VII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VIII
1. Einleitung und Fragestellung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1. Kaffeepflanze	3
2.2. Die Kaffeeaufbereitung	5
2.2.1. Die nasse Kaffeeaufbereitung	5
2.2.2. Die trockene Kaffeeaufbereitung	6
2.3. Die Hauptinhaltsstoffe	7
2.3.1. Kohlenhydrate	8
2.3.2. Proteine	8
2.3.3. Fette	8
2.3.4. Wasser	9
2.3.5. Organische Säuren	9
2.3.6. Alkaloide	10
2.3.6.1. Koffein	10
2.3.6.2. Trigonellin	12
2.3.7. Vitamine und Mineralstoffe	12
2.3.8. Aromastoffe	12
2.3.9. Rückstände	13
2.4. Antioxidantien	13

2.4.1. Antioxidantien im Kaffee	14
2.4.1.1 Polyphenole im Kaffee	15
2.4.1.2. Röstprodukte im Kaffee	16
2.4.2. Absorption von Chlorogensäuren	17
2.4.3. Phenolbindende Wirkung der (Milch)proteine	18
2.5. Gesundheitsfördernde Wirkungen von Kaffee	19
2.5.1. Kaffee und koronare Herzkrankheiten	20
2.5.2. Kaffee und Krebs	20
2.5.2.1. Brustkrebs	21
2.5.2.2. Darmkrebs	21
2.5.2.3. Eierstockkrebs	22
2.5.2.4. Leberkrebs	22
2.5.2.5. Bauchspeicheldrüsenkrebs	23
2.5.3. Kaffee und Diabetes	23
2.5.4. Kaffee und Alzheimer	24
2.6. Die Zubereitungsarten von Kaffee	24
2.6.1. Filterkaffee	24
2.6.2. Espresso	25
2.7. Kaffeesorten und ihre Herkunftsländer	25
2.7.1. ARABICA	26
2.7.1.1. Äthiopien	26
2.7.1.2. Brasilien	26
2.7.1.3. Indonesien	27
2.7.2. ROBUSTA	27
2.7.2.1. Vietnam	27
2.7.2.2. Uganda	27
2.7.2.3. Madagaskar	27
3. Material und Methoden	29
3.1. Material	29

3.1.1. Probenumfang	29
3.1.2. Allgemeine Probenaufbereitung	30
3.2. Analytische Methoden	31
3.2.1. Bestimmung der totalen antioxidativen Kapazität (TAC)	31
3.3. Sensorische Prüfungen	37
3.3.1 Quantitative deskriptive Analyse (QDA)	37
3.3.2. Paarweise Vergleichsprüfung	42
4. Ergebnisse und Diskussion	44
4.1. Die totale antioxidative Kapazität (TAC) von Kaffee mit und ohne Milch	44
4.1.1. Espresso-Zubereitung	44
4.1.1.1. <i>Sidamo</i> -Kaffee (Arabica)	44
4.1.1.2. <i>Santos</i> -Kaffee (Arabica)	45
4.1.1.3. <i>Kalossi</i> -Kaffee (Arabica)	45
4.1.1.4. <i>Vietnam</i> -Kaffee (Robusta)	46
4.1.1.5. <i>Uganda</i> -Kaffee (Robusta)	47
4.1.1.6. <i>Madagaskar</i> -Kaffee (Robusta)	48
4.1.1.7. Vergleich der TAC-Werte der Arabica-Sorten	49
4.1.1.8. Vergleich der TAC-Werte der Robusta-Sorten	50
4.1.1.9. Sorten-Vergleich (Arabica vs. Robusta)	52
4.1.2. Filter-Zubereitung	53
4.1.2.1. <i>Sidamo</i> -Kaffee (Arabica)	53
4.1.2.2. <i>Santos</i> -Kaffee (Arabica)	54
4.1.2.3. <i>Kalossi</i> -Kaffee (Arabica)	54
4.1.2.4. <i>Vietnam</i> -Kaffee (Robusta)	55
4.1.2.5. <i>Uganda</i> -Kaffee (Robusta)	56
4.1.2.6. <i>Madagaskar</i> -Kaffee (Robusta)	57
4.1.2.7. Vergleich der TAC-Werte der Arabica-Sorten	58
4.1.2.8. Vergleich der TAC-Werte der Robusta-Sorten	59

4.1.2.9. Sorten-Vergleich (Arabica vs. Robusta) _____	61
4.1.3. Vergleiche zwischen den Zubereitungsarten _____	62
4.1.3.1. Arabica-Kaffee _____	62
4.1.3.2. Robusta-Kaffee _____	62
4.1.4. Diskussion der laborchemischen Analyse _____	64
4.2. Sensorische Untersuchungen _____	67
4.2.1. Quantitative deskriptive Analyse (QDA) von Arabica-Kaffee (<i>Santos</i>) und der Robusta-Kaffee (<i>Uganda</i>), zubereitet mit der Filter-Methode _____	67
4.2.2. Paarweise Vergleichsprüfung mit Arabica (<i>Santos</i>)- und Robusta (<i>Uganda</i>)-Kaffee zubereitet mit der Filter-Methode _____	72
4.2.2.1. <i>Santos</i> - und <i>Uganda</i> -Kaffee ohne Milchzugabe _____	72
4.2.2.2. <i>Santos</i> - und <i>Uganda</i> -Kaffee mit Milchzugabe _____	72
5. Schlussbetrachtung _____	74
6. Zusammenfassung _____	79
7. Summary _____	81
8. Literaturverzeichnis _____	83
Anhang _____	i

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.2.1: Querschnitt durch eine Kaffeekirsche [WINTGENS, 2004].	3
Abb.2.2: Schema der nassen und trockenen Kaffeeaufbereitung [Ebermann und Elmadfa, 2008].	6
Abb.2.3: Koffein [BALTES, 2000]	11
Abb.2.4: Chlorogensäure [BALTES, 2000]	16
Abb.2.5: Vorschlag: Metabolismus von Chlorogensäure beim Menschen [OLTHOF et al., 2003].	18
Abb.3.1: Eichgerade zur Ermittlung der TAC-Werte.	34
Abb.4.1: Die totale antioxidative Kapazität von äthiopischem Sidamo-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.	44
Abb.4.2: Die totale antioxidative Kapazität von brasilianischem Santos-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.	45
Abb.4.3: Die totale antioxidative Kapazität von indonesischem Kalossi-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.	46
Abb.4.4: Die totale antioxidative Kapazität der Robusta-Sorte aus Vietnam mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.	47
Abb.4.5: Die totale antioxidative Kapazität von der Robusta-Sorte aus Uganda mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.	48
Abb.4.6: Die totale antioxidative Kapazität von Robusta-Kaffee aus Madagaskar mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.	49
Abb.4.7: Die totale antioxidative Kapazität der untersuchten Arabica-Sorten mit und ohne Milchzugabe, zubereitet mit der Espresso-Methode.	51
Abb.4.8: Die totale antioxidative Kapazität der untersuchten Robusta-Sorten mit und ohne Milchzugabe, zubereitet mit der Espresso-Methode.	51
Abb.4.9: Vergleich der mittleren TAC-Werte der der Espresso-Zubereitungen von Arabica- und Robusta-Kaffeesorten.	52

Abb.4.10: Die totale antioxidative Kapazität von äthiopischem Sidamo-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	53
Abb.4.11: Die totale antioxidative Kapazität von brasilianischem Santos-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	54
Abb.4.12: Die totale antioxidative Kapazität von indonesischem Kalossi-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	55
Abb.4.13: Die totale antioxidative Kapazität der Robusta-Sorte Vietnam mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	56
Abb.4.14: Die totale antioxidative Kapazität der Robusta-Sorte aus Uganda mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	57
Abb.4.15: Die totale antioxidative Kapazität von Robusta-Kaffee aus Madagaskar mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	58
Abb.4.16: Die totale antioxidative Kapazität der untersuchten Arabica-Sorten mit und ohne Milchzugabe, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	60
Abb.4.17: Die totale antioxidative Kapazität der untersuchten Robusta-Sorten mit und ohne Milchzugabe, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	60
Abb.4.18: Vergleich der mittleren TAC-Werte der Filter-Zubereitungen von Arabica- und Robusta-Kaffeesorten. _____	61
Abb.4.19: Vergleich der mittleren TAC-Werte der Zubereitungsarten Espresso und Filter der Arabica-Sorten mit und ohne Milch. _____	62
Abb.4.20: Vergleich der mittleren TAC-Werte der Zubereitungsarten Espresso und Filter der Robusta-Sorten mit und ohne Milch. _____	63
Abb.4.21: Beurteilung der Gesamtqualität von Santos (Arabica)- und Uganda (Robusta)-Kaffee, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	67
Abb.4.22: Produktprofil der Arabica-Sorte Santos und der Robusta-Sorte Uganda, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	69
Abb.4.23: Hauptkomponentenanalyse der Arabica-Sorte Santos und der Robusta-Sorte Uganda, zubereitet mit der Filter-Methode. _____	71
Abb.4.24: Paarweise Vergleichsprüfung der Kaffeesorten Santos (Arabica) und Uganda (Robusta) zubereitet mit der Filter-Methode, ohne Milchzugabe. ____	72
Abb.4.25: Paarweise Vergleichsprüfung der Kaffeesorten Santos (Arabica) und Uganda (Robusta) zubereitet mit der Filter-Methode, mit Milchzugabe. _____	73

TABELLENVERZEICHNIS

Tab.2.1: Die Inhaltsstoffe von Kaffee [ILLY und VIANI, 1998].	7
Tab.3.1: Die untersuchten Kaffeesorten.	29
Tab.3.2: Kaffeezubereitungen (Mittelwerte)	30
Tab.3.3: Materialien	30
Tab.3.4: Konzentrationen und Extinktionen der Standards	34
Tab.3.5: Attributenliste für Kaffee	38
Tab.i.1: Die totale antioxidative Kapazität der Espresso-Zubereitungen [mmol Trolox-Äquivalente / L].	i
Tab.ii.1: Die totale antioxidative Kapazität der Espresso-Zubereitungen [mmol Trolox-Äquivalente / g Pulver].	ii
Tab.iii.1: Die totale antioxidative Kapazität der Filter-Zubereitungen [mmol Trolox-Äquivalente / L].	iii
Tab.iv.1: Die totale antioxidative Kapazität der Filter-Zubereitungen [mmol Trolox-Äquivalente / g Pulver].	iv

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AAPH	2,2'-azo-bis-(2methylpropionamide)dihydrochloride	
ABTS	2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure]	
CGA	Chlorogenic Acid	Chlorogensäure
CQA	Caffeoylquinic Acid	Caffeoylchinasäure
diCQA	Dicaffeoylquinic Acid	Dicaffeoylchinasäure
DPPH	2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl	
FFA	Free Fatty Acids	Freie Fettsäuren
FQA	Feruloylquinic Acid	Feruloylchinasäure
FRAP	Fluorescence Recovery After Photobleaching	
HPFS	Health Professional Follow Up Study	
IfEW	Institut für Ernährungswissenschaften	
KHK	Koronare Herzkrankheiten	
MW	Mittelwert	
NHS	Nurses' Health Study	
NIR	near-infrared spectroscopy	
OH·	Hydroxyl Radical Scavenging	
radical		
PCA	Principal Component Analysis	Hauptkomponentenanalyse
Pkt.	Punkte	
TAC	Total Antioxidant Capacity	Totale antioxidative Kapazität
TRAP	Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter	

1. Einleitung und Fragestellung

Die totale antioxidative Kapazität von Kaffee ist ein Thema von großer Aktualität. Kaffee, der als größtes Handelsgut neben Erdöl gilt, wird immer häufiger auf die Wirkungen seiner sekundären Pflanzeninhaltsstoffe untersucht, besonders der Polyphenole, denen die antioxidative Wirkung zugeschrieben wird [PARRAS et al., 2007].

Zu dieser Thematik wurden in den letzten Jahren zahlreiche Studien veröffentlicht. Sowohl solche, die das antioxidative Potential im Kaffee beschreiben als auch jene, die Untersuchungen der totalen antioxidativen Kapazität im Plasma nach dem Konsum von Kaffee präsentierten [PARRAS et al., 2007; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2005; RICHELLE et al., 2001].

Die antioxidative Wirkung in polyphenolhaltigen Getränken (Kaffee, Tee, Kakao) ist unumstritten. Die Untersuchungen über die Wechselwirkungen zwischen dem Getränk mit anderen Zusatzstoffen wie Milch und Zitrone zeigen noch sehr unterschiedliche Ergebnisse. Schwarztee, der hinsichtlich der Zugabe von Zitrone schon untersucht wurde, zeigte eine Erhöhung der antioxidativen Potentials [MAJCHRZAK et al. 2004]. Die Zugabe von Milch zum Tee brachte unterschiedliche Ergebnisse. Während LANGLEY-EVANS (2000) und ROBINSON et al. (1997) eine Senkung der antioxidativen Wirkung durch die Milchzugabe beobachten konnten, ergaben die Studien von LEENEN et al. (2002) und KYLE et al. (2007), dass sich die Zugabe von Milch nicht signifikant auf die TAC-Werte auswirkte.

Bei dem Vergleich der totalen antioxidativen Kapazität zwischen den Arten Arabica-Kaffee, die als die qualitativ hochwertigere Sorte gilt und nur in den Hochländern kultiviert wird und Robusta-Kaffee konnte festgestellt werden, dass die antioxidative Wirkung bei Robusta-Bohnen im grünen ungerösteten Zustand höher ist, der Röstprozess diese allerdings beträchtlich herabsetzt und so die endgültige antioxidative Aktivität beider Arten sehr ähnlich ist [RICHELLE et al., 2001].

Ein Einfluss der Milchzugabe auf die totale antioxidative Kapazität von Kaffee wird – wie bei Tee auch - sehr kontrovers behandelt. So ergaben Untersuchungen von SANCHEZ-GONZÁLEZ et al. (2005) eine Senkung, während in anderen Studien die Wirkung unverändert blieb [DUPAS et al., 2006; RICHELLE et al., 2001].

Das war der Grund, dass im Rahmen der vorliegenden Arbeit versucht wurde der Frage nachzugehen, ob und in wie weit sich das antioxidative Potential von sowohl Arabica- als auch Robusta-Kaffee nach Zugabe von Milch ändern kann. Da auch die Zubereitungsart einen Einfluss auf die antioxidative Wirkung hat, wurden alle Proben als Espresso und Filterkaffee auf vergleichbare Weise zubereitet und anschließend auf ihre totale antioxidative Kapazität mit und ohne Zugabe von Milch untersucht.

Weiters wurden sensorische Prüfungen durchgeführt:

Einerseits solche, die Unterschiede in den untersuchten Arabica- und Robusta-Sorten feststellen sollten, wobei man mit Hilfe der quantitativen deskriptiven Analyse (QDA) am Beispiel der Arabica-Sorte *Santos* und der Robusta-Sorte *Uganda*, zubereitet als Filterkaffee Produktprofile erstellte um die Differenzen in den Eigenschaften zu verdeutlichen.

Andererseits wurde im paarweisen Vergleichstest die Konsumentenpräferenz der oben erwähnten Kaffeesorten ohne Milch und mit der Zugabe jener Milchmenge, welche die antioxidative Aktivität dieser beiden Zubereitungen deutlich senkt, untersucht.

2. Literaturübersicht

2.1. Kaffeeepflanze

Der Name Kaffee leitet sich von der lateinischen Bezeichnung der Pflanzengattung *Coffea* her. Diese Gattung gehört zur Familie der *Rubiaceae*, der Krappgewächse. Die Gattung *Coffea* umfasst ca. 70 Arten, wovon die beiden am häufigsten kultivierten *Coffea arabica* und *Coffea canephora* var. *Robusta* sind.

Um die erste Blüte hervorzubringen benötigt die Kaffeeepflanze drei Jahre. Aus dieser entwickelt sich anschließend die Frucht des Kaffeestrauchs, eine Kirsche. In der Kirsche reifen zwei Bohnen heran, welche die Basis für jedes Kaffeepulver stellen. Botanisch gesehen handelt es sich bei Kaffeebohnen allerdings um Samenkern [WINTGENS, 2004].

Die Kaffee Frucht besteht aus einem hornigen Endosperm, dem Samen, welches in zwei Schalen liegt und in das ein Embryo eingebettet ist. Umgeben ist dieses Endosperm vom Silberhäutchen und der Pergamentschale. Der Embryo entwickelt sich aus dem Hypokotyl, der Sprossachse und zwei Kotyledonen, den Keimblättern. Umgeben ist die Kaffeebohne vom Mesokarp, der Pulpe, und vom Epicarp, der Schale (Abb.2.1).

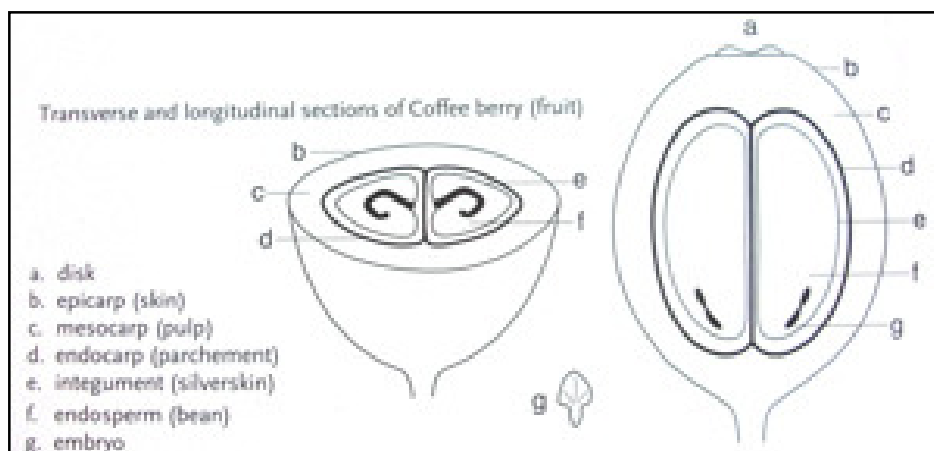


Abb.2.1: Querschnitt durch eine Kaffeekirsche [WINTGENS, 2004].

Die Lebensdauer bzw. Ertragsdauer eines Kaffeestrauchs auf einer Plantage beträgt circa 30 Jahre. Die Bohnen der unterschiedlichen Kaffeearten zeigen Unterschiede in Form und Größe. Als Durchschnittswert nimmt man an, dass eine Bohne 10 mm lang und 6 mm breit ist [WINTGENS, 2004].

Coffea arabica hat seinen Ursprung in den Hochländern Äthiopiens in der Provinz Kaffa zwischen 1300 und 2000 m Höhe. Die Pflanze tritt in der Form eines großen Buschs mit dunkelgrünen und ovalen Blättern auf, die Früchte sind eiförmig und enthalten zwei abgeflachte Samen. Arabica wird als qualitativ hochwertiger als Robusta-Kaffee angesehen und stellt 70% der Welternte.

Die Gattung *Coffea canephora* var. *Robusta* ist in tropischen Gebieten unter 1000 m Seehöhe weit verbreitet. Bei der Pflanze handelt es sich entweder um einen widerstandsfähigen Strauch oder einen zehn Meter hohen Baum, der zu den Flachwurzlern zählt. Die Früchte sind rund, die darin enthaltenen Samen oval. Ihre Reifung dauert etwa elf Monate. Robusta hat einen Anteil von 30 % an der Welternte. In einigen Regionen verdrängte Robusta aufgrund der niedrigeren Produktionskosten und des größeren Ertrags den hochwertigeren Arabica-Kaffee [HESSMANN-KOSARIS, 2000; THORN, 1999; WINTGENS, 2004; NEBESNY und BUDRYN, 2006].

Außerdem wachsen im Flachland von Afrika noch die beiden Gattungen *Coffea liberica* und *Coffea excelsa*. Diese betragen allerdings nur 1-2% der Weltproduktion und sind von minderer Qualität [WINTGENS, 2004].

Um die Rohkaffees von Arabica und Robusta differenzieren zu können, wird mit Hilfe der *schrittweisen Diskriminanzanalyse* versucht Kollektive aufgrund von Beobachtungsmerkmalen zu bilden. Dabei stellen die freien Aminosäuren das wichtigste Differenzierungsmerkmal dar. Die Konzentrationsunterschiede von Glutaminsäure und Valin reichen bereits aus um eine großteils richtige Zuordnung der Rohkaffees der Arten Arabica und Robusta durchzuführen. Es

kommt zu einer Unterteilung nach pflanzensystematischer und geographischer Zugehörigkeit:

- Robustas
- süd- und mittelamerikanische Arabicas
- afrikanische und asiatische Arabicas

[EDELBAUER, 2003].

2.2. Die Kaffeeaufbereitung

Nach der Ernte werden die Kaffeebohnen entweder nass oder trocken aufbereitet. Die Qualität der Bohnen wird dadurch stark beeinflusst.

2.2.1. Die nasse Kaffeeaufbereitung

Die nasse Kaffeeaufbereitung, welche vor allem in Zentralamerika, Kolumbien, Mexiko, Kenia und Java angewendet wird, stellt ein Qualitätsmerkmal dar. Die frisch geernteten KaffEEKirschen werden in Quell tanks gefüllt, wo über Nacht das Fruchtfleisch aufquillt. Am darauffolgenden Tag werden diese Früchte durch einen Schwemmkanal zum „*Pulper*“ transportiert, wo das Fruchtfleisch mit Hilfe eines Walzensystems weggerissen wird. Die Rohbohnen besitzen noch die Silberhaut und sind von der Pergamenthülle, an der Reste vom Fruchtfleisch und eine schleimige Masse haften, umgeben.

Der entscheidende Unterschied zwischen nasser und trockener Aufbereitung liegt in der *Fermentation*. Unter Einwirkung von Bakterien werden die Fruchtfleischreste vergärt und chemische Veränderungen in der Bohnenzusammensetzung nehmen Einfluss auf die Geschmacksausbildung. Dabei werden die Bohnen 24 bis 48 Stunden in mit Wasser gefüllte Gärtanks geschüttet bis eine intensive Bläschenbildung einsetzt. Diese ist der Hinweis, dass sich die Fruchtfleischreste gelöst haben.

Anschließend werden die Bohnen in Reinigungsbecken unter ständigem Wasserzufluss gewaschen, um sie von den Fruchtfleischresten zu befreien. Ist

dieser Vorgang abgeschlossen, sind sie nur noch von einer Hornschale umgeben, dem *Pergamino*. Die darauffolgende Trocknung der Bohnen dauert ca. fünf Tage (Abb.2.2).

Auf diese Weise aufbereiteter Kaffee kann als *Pergamino*, *Pergament*-, *Hülsen*- oder *Hornschalenkaffee* bereits gehandelt werden und wird erst später in Aufbereitungsanstalten weiterverarbeitet.

Wird der Kaffee im Ursprungsland fertig aufbereitet wird er dort noch geschält und poliert [HESSMANN-KOSARIS, 2000; EDELBAUER, 2003].

2.2.2. Die trockene Kaffeeaufbereitung

Bei der trockenen Aufbereitung der Kaffeebohnen werden die Früchte zwei bis drei Wochen lang auf großen Trockenflächen der Sonne ausgesetzt und dabei ständig gewendet. Die Früchte können erst weiterverarbeitet werden, wenn sich das Fruchtfleisch mit dem Silberhäutchen und der pergamentartigen Hülle problemlos durch eine Schälmaschine ablösen lässt. Anschließend wird der Kaffee gereinigt und von Hand oder durch entsprechende Geräte verlesen (Abb.2.2). Diese Art der Aufbereitung wird heutzutage hauptsächlich noch in Brasilien durchgeführt, wo eine nasse Weiterverarbeitung der Kirschen aufgrund der hohen Ernteerträge nicht möglich ist [HESSMANN-KOSARIS, 2000; EDELBAUER, 2003].

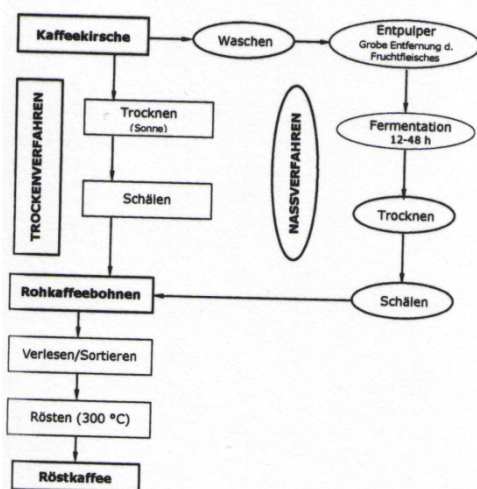


Abb.2.2: Schema der nassen und trockenen Kaffeeaufbereitung [Ebermann und Elmadfa, 2008].

2.3. Die Hauptinhaltsstoffe

Die Menge und Konzentration von Inhaltsstoffen hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. Diese sind: Wachstumsbedingungen, Röstverfahren und die Kaffeesorte selbst. Daher kann man bei der Angabe von Inhaltsstoffen immer nur von Mittelwerten ausgehen. Um die genauen Inhaltsstoffe einer Sorte zu bestimmen muss jede Sorte genau untersucht werden [HESSMANN-KOSARIS, 2000].

Die folgende Tabelle zeigt eine Auflistung aller Inhaltsstoffe der Sorten *Arabica* und *Robusta* vor und nach dem Röstvorgang (Tab.2.1).

Tab.2.1: Die Inhaltsstoffe von Kaffee [ILLY und VIANI, 1998].

<u>Inhaltsstoffe (%)</u>	<i>Arabica</i>		<i>Robusta</i>	
	Grün	Geröstet	Grün	Geröstet
Kohlenhydrate	58,9	38,3	60,8	42,3
Proteine	9,8	7,5	9,5	7,5
Lipide	16,2	17	10	11
Wasser	8-12	0-5	8-12	0-5
Aliphatische Säuren	1,5	2,4	1,6	2,6
Chlorogensäure	6,5	2,5	10	3,8
Koffein	1,2	1,3	2,2	2,4
Trigonellin	1	1	0,7	0,7
Mineralien	4,2	4,5	4,4	4,7
Flüchtige Aromastoffe	In Spuren	0,1	In Spuren	0,1
Karamelisierungs- und Kondensationsprodukte	-	25,4	-	25,9
Freie Aminosäuren	0,5	0	0,8	0
Total	100	100	100	100

2.3.1. Kohlenhydrate

Die geröstete Kaffeebohne enthält etwa 30 % Kohlenhydrate. 6 % davon liegen in wasserlöslicher und 24 % in wasserunlöslicher Form vor. Beim Röstvorgang werden die löslichen Polysaccharide zu anderen Verbindungen umgewandelt oder völlig abgebaut. Es entstehen neben Cellulose auch Galactan-, Mannan- und Arabinan-Komplexe, in denen die Bausteine Mannose, Galaktose und Arabinose nachgewiesen wurden. Im Kaffeesatz bleiben nur wasserunlösliche Zuckerstoffe zurück [EDELBAUER, 2003; HESSMANN-KOSARIS, 2000].

Die Hydrolyse und die Bildung von aroma-, geschmack- und farbgebenden Maillard-, Karamellisierungs- und Pyrolyseprodukten ergeben die wesentlichen Änderungen bei den Kohlenhydraten während des Röstvorgangs [FRANZKE, 1996].

2.3.2. Proteine

Ein Drittel der Proteine im Rohkaffee sind an Kohlenhydrate der Zellwand gebunden, der Rest besteht hauptsächlich aus gelösten Enzymen, welche Einfluss auf die Fruchtentwicklung vorweisen. Die Zusammensetzung der Aminosäuren bestimmt den Ertrag an flüchtigen Substanzen und somit auch Aromakomponenten. Weiters sind biogene Amine in Aminosäuren enthalten, die durch den Röstvorgang zerstört werden, wobei heterocyclische Verbindungen entstehen, die auch wesentlich zum Kaffeearoma beitragen. Zu lange Lagerung lässt diese Verbindungen entweichen, der Kaffeegeschmack wird schal [RÖHM, 2003].

2.3.3. Fette

Den weitaus größten Teil der Lipide im Kaffee machen mit 75 % Triacylglycerole aus, freie Fettsäuren (free fatty acids = FFA) betragen nur 1 % der Gesamtlipide. Besonders Öle und Wachse beeinflussen die Qualität des Kaffees. Öle verbessern das Aussehen, können aber bei längerer und

unsachgemäßer Lagerung dem Kaffee einen ranzigen Geschmack verleihen. FFA werden bei der Lipolyse frei und neigen eher zur Oxidation als veresterte Fettsäuren. Die Lipidoxidation wird hauptsächlich beeinflusst von Temperatur, Sauerstoff- und Wasseraktivität. VILA et al. (2005) untersuchten über einen Zeitraum von 180 Tagen den Abbau zu freien Fettsäuren im Kaffee. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Konzentration an FFA bei der Arabica-Robusta-Mischung (80 % : 20 %) von Beginn an höher war und der Gehalt an freien Fettsäuren bei dieser Mischung schneller anstieg als bei der reinen Arabica-Sorte.

Wachse überziehen die Oberfläche der Bohnen und werden beim Polieren zum Teil entfernt. Die Reste beim Rösten werden in Indole und Kresole, die sich negativ auf das Aroma auswirken, umgewandelt.

Weiters kommen in Fettstoffen Kahweol und Cafestol vor, die für die Erhöhung des Cholesterinspiegels nach dem Kaffeekonsum verantwortlich gemacht werden [HESSMANN-KOSARIS, 2000; RÖHM, 2003; VILA et al., 2005].

2.3.4. Wasser

Die Rohe Kaffeebohne enthält 10 % bis 13 % Wasser. Beim Röstvorgang geht der größte Teil davon verloren. Es bleiben noch 0,5 % bis 2,5 % Wasser übrig. Nach der Röstung steigt der Wassergehalt wieder an. Dieser darf die gesetzlich festgelegte Grenze von 5 % aber nicht übersteigen [HESSMANN-KOSARIS, 2000; EDELBAUER, 2003].

2.3.5. Organische Säuren

Säuren erweisen sich als geschmacksgebend für den Kaffee. Dieses Phänomen wird durch zu lange Röstung ersichtlich, wobei Säuren beinahe völlig verbrannt werden und der Kaffee flach und leblos schmeckt. Im Gegensatz dazu kann zu viel Säure dem Kaffee aufgrund der dadurch hervorgerufenen Magenbeschwerden beim Konsumenten auch schaden. Die Kaffeebohne enthält bis zu 80 Säuren, wovon Chlorogensäure den größten Teil

ausmacht. Weitere Säuren im Kaffee sind Zitronen-, Essig-, Apfel- und Chinasäure. Neben der Beeinflussung des Geschmacks sind Säuren außerdem für die Anregung der Verdauung verantwortlich. Deshalb wird Kaffee auch die Wirkung eines Digestifs nachgesagt [TEUFL und CLAUSS, 1998].

Nach ILLY und VIANI (1998) lassen sich die Säuren im Kaffee in folgende Untergruppen einteilen:

- *Flüchtige, aliphatische Säuren*, die sich erst am Ende des Röstprozesses bilden: Ameisensäure und Essigsäure.
- *Nichtflüchtige, aliphatische Säuren*: Milchsäure, Weinsäure, Zitronensäure, Brenztraubensäure.
- *Nichtflüchtige Phenolkarbonsäuren und ihre Chinasäureester*. Zu dieser Gruppe zählen die Chlorogensäure und ihre Derivate. Diese ist in keinem anderen Lebensmittel so konzentriert enthalten wie im Kaffee.

2.3.6. Alkaloide

Bei den im Kaffee vorkommenden Alkaloiden handelt es sich um *Koffein* (Abb.2.3) und *Trigonellin*.

2.3.6.1. Koffein

Koffein wird als wichtigster Wirkstoff des Kaffees bezeichnet und ist für die anregende Wirkung auf das Zentralnervensystem verantwortlich. Der Kaffeetrinker ist wachsender und konzentrierter. Dieser Effekt hält ungefähr eineinhalb bis fünf Stunden nachdem man das Getränk zu sich genommen hat, an. Auch sportliche Leistungen können durch regelmäßigen Kaffeekonsum aufgrund des Koffeingehalts verbessert werden. Außerdem nimmt Koffein einen Einfluss, obwohl einen sehr geringen, auf einen schnelleren Stoffwechselumsatz und eine schnellere Lipolyse.

Nebenwirkungen beim Konsum hoher Dosen können sich in Form von Angst, Nervosität, Schlafstörungen, Reizbarkeit, Ruhelosigkeit und gastrointestinalen Störungen äußern. Diese klingen nach dem Abbau des Alkaloids wieder ab. Eine Aufnahme toxischer Mengen ist unwahrscheinlich. Koffein wirkt erst ab der

Aufnahme von 11 g tödlich. Da die durchschnittliche Menge, die täglich an Koffein konsumiert wird, stark abhängig ist von der verwendeten Kaffeesorte und Zubereitungsart werden sehr unterschiedliche Angaben gemacht. In vielen Studien werden Werte zwischen 250 mg und 650 mg Koffein pro Tag genannt.

Plötzliche Enthaltung vom regelmäßigen Kaffeekonsum kann zu Entzugserscheinungen, ausgelöst durch die Koffeinabstinenz, führen, welche vor allem als Kopfweh und Lethargie, Angst, Depression sowie Müdigkeit ausgeprägt sind.

Die exakte chemische Bezeichnung für Koffein lautet 1,3,7-Trimethylxanthin. Die Unterscheidung von den im Kakao und Tee vorkommenden Alkaloiden Theobromin und Theophyllin erfolgt nur durch die Anzahl der Methylgruppen. Koffein kommt in mehr als hundert Pflanzenarten vor, aber nur wenige dieser sind zum Verzehr geeignet [TEUFL und CLAUSS, 1998; EDELBAUER, 2003; KERSTING, 2003; GREENBERG et al., 2006; NEHLING, 2000].

Sensorisch ist Koffein vor allem für seinen bitteren Geschmack bekannt und trägt deshalb auch zur Bitterkeit von Kaffee bei [ESTEBAN-DIEZ et al., 2004]. In einer Untersuchung von KEAST (2008) wurde beobachtet, dass der bittere Geschmack von Koffein proportional zum Fettgehalt der Milch (0 % bis 4 %) steigt. Da in der Milch aber auch Milchproteine und Kohlenhydrate enthalten sind, konnte dieser Effekt nicht eindeutig auf den Fettgehalt zurückgeführt werden.

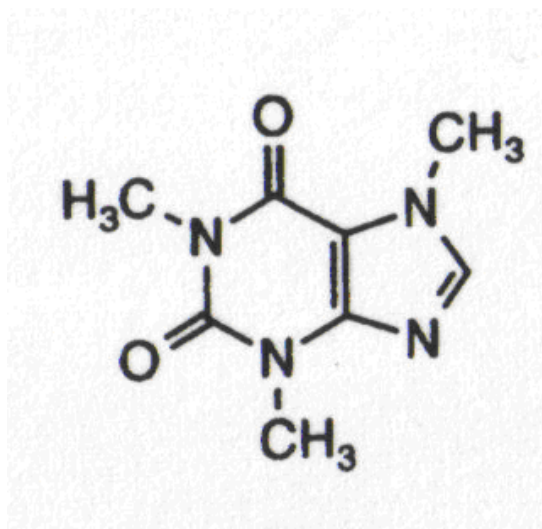


Abb.2.3: Koffein [BALTES, 2000]

2.3.6.2. Trigonellin

Ein weiteres wichtiges Alkaloid im Kaffee stellt der Inhaltsstoff Trigonellin dar. Dieser ist ein Derivat der Nicotinsäure und wird zum Teil durch Rösten zerstört. Dabei setzt er Niacin frei. Das durch die Röstung entstandene Vitamin ist von besonderer Bedeutung, da ein Erwachsener mit dem Genuss einer Tasse Kaffee pro Tag 5% des Tagesbedarfs decken kann [RÖHM, 2003].

2.3.7. Vitamine und Mineralstoffe

Zu den essentiellen Nährstoffen im Kaffee zählen die B-Vitamine und die Nicotinsäure, welche beim Rösten, wie bereits erwähnt, durch den Abbau des Alkaloids Trigonellin gewonnen wird. Der Gehalt an Mineralstoffen und Spurenelementen ist im Rohkaffee mit einem Anteil an 4 % gering. Beim Aufbrühen gehen jedoch 90% davon in das Getränk über. Mengenmäßig variiert deren Gehalt sehr stark nach den Anbaugebieten. Höheren Gehalt schreibt man Kalium, Kalzium, Magnesium und Phosphor zu, unbedeutender und nur in Spuren enthalten sind Schwefel, Mangan und Eisen [HESSMANN-KOSARIS, 2000; RÖHM, 2003].

2.3.8. Aromastoffe

Nicht nur eine Verbindung zeichnet das einzigartige Kaffeearoma aus, sondern das Zusammenspiel mehrerer Komponenten formt den typischen Geruch und Geschmack von Kaffee. Diese Verbindungen werden während der Maillardreaktion, bei der unter Hitzeeinwirkung Aminosäuren und reduzierende Zucker zu neuen Verbindungen umgewandelt werden, gebildet. Einige Substanzen, die dazu beitragen sind: 2-Furfurylthiol, 4-Vinylguaiacol, β -Damascenone, Methanethiol, Alkylpyrazine, Furanone, Acetaldehyde, Propanal, Methylpropanal, 2- und 3-Methylbutanal [CZERNY et al., 1999; SCHWEDT, 2005].

Bei der Analyse einzelner Aromakomponenten zeichneten sich Furane verantwortlich für ein verbranntes und karamellähnliches Aroma, Pyrazine für

ein verbranntes, überbröstetes und α -Diketone für eine butterähnliche Note. Aldehyde konnten als malzartig charakterisiert werden. Ketone bildeten ein süßes, karamellähnliches Aroma, Benzenderivate, wie die Chlorogensäuren ein würziges, rauchiges Aroma, das an Nelke erinnerte, Pyridine waren für die bitteren und adstringierenden Merkmale verantwortlich [NEBESNY und BUDRYN, 2006].

STEINHART und BÜCKING (2000) untersuchten den Einfluss verschiedener Milchprodukte (Vollmilch - 3,5 % Fett, Kondesmilch - 10 % Fett, Creamer - 10 % Fett, Schlagobers - 30 % Fett) auf das Aroma von Arabica- und Robusta-Kaffee mit Hilfe der Headspace-Gaschromatographie. Dabei wurde festgestellt, dass durch die unterschiedlichen Milchzugaben die Intensität aller Attribute, besonders aber der röstigen, malz- sowie kakaoartigen, fruchtigen und blumigen Note, eingeschränkt wurde.

2.3.9. Rückstände

Rückstände sind im Kaffee kaum vorhanden. Zwar werden Pflanzenschutzmittel auf den Plantagen eingesetzt, aber die Kaffeebohne liegt so gut geschützt im Fruchtfleisch der Kirsche, dass sie vor giftigen Spritzmitteln sicher ist. Falls kleine Mengen bis in die Bohne vorgedrungen sind, werden diese aufgrund der hohen Temperaturen beim Rösten fast vollständig abgebaut [HESSMANN-KOSARIS, 2000].

2.4. Antioxidantien

Antioxidantien sind häufig untersuchte essentielle Bestandteile der Nahrung. Ihnen wird eine antikanzerogene und antiinflammatorische Wirkung sowie der Schutz vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen nachgesagt. Ihre Aufgabe besteht darin, Zellschäden zu verhindern indem sie die dafür verantwortlichen freien Radikale abfangen. Diese sind äußerst reaktionsfähige Moleküle oder Atome, die extrem rasch reagieren. Reaktive Sauerstoffspezies werden schrittweise

während der Reduktion von Sauerstoff zu Wasser endogen und durch sekundäre Reaktionen mit Protonen gebildet. Umweltfaktoren begünstigen die Entstehung freier Radikale: Zigarettenrauch, Umweltverschmutzung, UV-Licht, ionisierende Strahlung und Ultraschall. Aber auch der Organismus selbst erzeugt Superoxidradikale. Verschiede körpereigene Stoffe reagieren mit molekularem Sauerstoff O_2 zu $O_2^{\cdot-}$ -Radikalen. Die Radikalbildung ist unvermeidlich [DUTHIE und BELLIZZI, 1999; REIS et al., 2007].

Die Aufgabe der Antioxidantien besteht darin, die überschüssigen Radikale zu entfernen. Radikalfänger hemmen die Oxidation von Zellbestandteilen, indem sie die Sauerstoff- und Stickstoffspezies direkt auffangen, Lipidperoxide zu nicht radikalen Produkten verstoffwechseln und mit Metall-Ionen Chelate bilden.

Die am häufigsten in Lebensmittel vorkommenden Antioxidantien sind Vitamin E und C, Carotenoide und Polyphenole [DUTHIE und BELLIZZI, 1999].

Polyphenole besitzen aufgrund ihrer Fähigkeit Wasserstoffionen und Elektronen abzugeben eine antioxidative Wirkung. Antioxidantien sind durch verschiedene Merkmale charakterisiert:

- Wasserstoff- und Elektronenabgabe
- Reaktionsfähigkeit mit anderen Antioxidantien.
- Das Radikal, welches entweder das ungepaarte Elektron stabilisiert oder verschiebt.
- Fähigkeit, Metall-Chelate zu bilden.

Polyphenole besitzen die ideale chemische Struktur als Radikalfänger und wirken *in vitro* effektiver als Vitamin C und E [RICE-EVANS et al., 1997].

2.4.1. Antioxidantien im Kaffee

Am antioxidativen Potential von Kaffee sind hauptsächlich zwei Gruppen von Inhaltsstoffen beteiligt. Einerseits handelt es sich um Hydroxycimtsäuren, einer Untergruppe der Polyphenole und deren Derivate, deren größten Anteil die Chlorogensäuren bilden. Andererseits tragen Röstprodukte zur Radikalfängerwirkung bei [BITSCH, 1999; SUMMA et al., 2007].

2.4.1.1 Polyphenole im Kaffee

Polyphenole werden nach ihrer Struktur in Flavonoide und Phenolcarbonsäuren eingeteilt, welche wiederum in Untergruppen gegliedert werden. Im Kaffee sind hauptsächlich Phenolcarbonsäuren enthalten, deren wichtigste Gruppe die Hydroxyzimtsäuren darstellen. Diese machen auch den größten Anteil der Antioxidantien im Kaffee aus [BITSCH, 1999].

Die häufigsten Hydroxyzimtsäurederivate sind Chlorogensäuren (CGA = chlorogenic acids, Abb.2.4). Deren Untergruppen bestehen zu 98% aus Chinasäure verestert mit Kaffeesäure oder Ferulasäure. Dabei handelt es sich um

- drei Caffeoylchinasäureisomere (CQA), 3-CQA, 4-CQA, 5-CQA
- drei Feruoylchinasäureisomere (FQA), 3-FQA, 4-FQA, 5-FQA und
- drei Dicafeoylchinasäureisomere (diCQA), 3,4-diCQA, 3,5-diCQA, 4,5-diCQA,

welche in unterschiedlichen Mengen in der Kaffeebohne enthalten sind [CAMPB et al., 2005; FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008; RECHNER et al., 2001; RECHNER et al., 2002].

Der Gehalt der verschiedenen Chlorogensäure-Isomere im Kaffee in absteigender Reihenfolge beträgt: 5-CQA > 4-CQA > 3-CQA > 5-FQA > 4-FQA > 3-FQA > 3,4-diCQA > 4,5-diCQA > 3,5-diCQA.

5-CQA macht 36-42% der gesamten Chlorogensäuren in einer Kaffeebohne aus [FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008].

Die zweite wichtige Gruppe an Antioxidantien im Kaffee stellen die Röstprodukte dar [DELGADO-ANDRADE et al., 2005].

Chlorogensäure

Neben seiner antioxidativen Wirkung, können auch Nebenwirkungen des übermäßigen Kaffeekonsums auf die Chlorogensäure zurückgeführt werden. Sie ist vor allem für Reflux-Symptome und Magenbeschwerden verantwortlich.

Eine Untersuchung von 21 verschiedenen grünen Kaffeebohnen – Arabica und Robusta – zeigte große Unterschiede im Chlorogensäure-Gehalt, deren Anteil am Trockengewicht zwischen 0,8 % und 11,9 % betrug [FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008].

Die tägliche Aufnahme von Chlorogensäure bei Kaffeetrinkern beträgt zwischen 0,5 g und 1 g, während diese bei Personen, die auf den Konsum verzichten unter 0,1 g liegt. Gesundheitsfördernde Aspekte, welche auf die Wirkungen der Chlorogensäure zurückgeführt werden können, sind die Verhinderung von DNA-Schäden und kardioprotektive Effekte [OLTHOF et al., 2001; JOHNSTON et al., 2003].

Der Einfluss der Chlorogensäure auf die sensorischen Eigenschaften von Kaffee bezieht sich auf die Stärke der Bitterkeit, der Adstringenz und der Abgestandenheit [MÜLLER RISSO et al., 2007].

Der bittere Geschmack und Nachgeschmack wird vor allem der Dichlorogensäure zugeschrieben. Die dadurch resultierende Adstringenz zeigte bei sensorischen Untersuchungen einen negativen Einfluss auf das allgemeine Aroma [NEBESNY und BUDRYN, 2006, BICCHI et al., 1997].

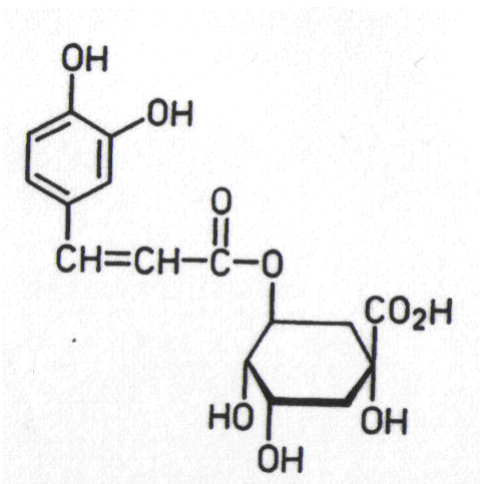


Abb.2.4: Chlorogensäure [BALTES, 2000]

2.4.1.2. Röstprodukte im Kaffee

Während des Röstprozesses werden durch die Maillardreaktion farb-, geschmacks- und aromaintensive Bräunungsprodukte, die Melanoidine, gebildet. Diese sind anionische, polymere Verbindungen, welche Stickstoff

enthalten, deren Struktur aber weitgehend unbekannt ist [RUFÍÁN-HENARES und MORALES, 2007; SCHWEDT, 2005].

Melanoidine weisen technologische, biologische, ernährungswissenschaftliche und gesundheitliche Nutzen auf und wurden in den letzten Jahren vermehrt untersucht. Sie vermindern den Alterungsprozess von gebrühtem Kaffee, beeinflussen den Geschmack und wirken antioxidativ, antimikrobiell und *in vitro* auch antihypertensiv [RUFÍÁN-HENARES und MORALES, 2007].

Die Untersuchung der totalen antioxidativen Kapazität von Instantkaffee, insbesondere aber die Analyse der Melanoidin-Fractionen dieses Getränks auf ihre antioxidative Wirkung mit drei unterschiedlichen Methoden (ABTS = 2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure], DPPH = 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl, FRAP = Fluorescence Recovery After Photobleaching) ergab, dass der Anteil der Röstprodukte an der Radikalfängerwirkung von Kaffee, unabhängig von der angewandten Analysemethode, 10 % bis 20 % betrug [DELGADO-ANDRADE et al., 2005]. Durch die Bildung der Röstprodukte wird der Verlust an den ebenfalls antioxidativen Polyphenolen, die im Kaffee enthalten sind, während des Röstvorgangs wieder ausgeglichen. Auch die Farbe der gerösteten Kaffeebohnen beeinflusst die antioxidative Wirkung. So enthalten Kaffees mit dunkler Röstung weniger Radikalfänger [SUMMA et al., 2007].

2.4.2. Absorption von Chlorogensäuren

Die Absorption von Chlorogensäure (CGA), die das wichtigste Antioxidans im Kaffee ist, gibt den Wissenschaftlern heute noch Rätsel auf und ist bis dato nicht vollständig geklärt. Laut OLTHOF et al. (2003) erreichen 2/3 der aufgenommenen CGA den Darm und werden anschließend durch die Mikroflora im Colon zu Kaffeesäure und Chinasäure hydrolysiert.

- Kaffeesäure wird von den Darmbakterien dehydroxyliert. Nach der Absorption wird sie durch die β -Oxidation größtenteils zu Benzoesäure umgewandelt.

- Chinasäure wird in Cyclohexan-Carboxylsäure dehydroxyliert und von der Darmmikroflora zu Benzoesäure umgewandelt oder Benzoesäure wird nach der Absorption in den Zellgeweben gebildet.

Anschließend wird Benzoesäure mit Glycin konjugiert und später als Hippursäure ausgeschieden (Abb.2.5), [OLTHOF et al. 2003].

Auch RECHNER et al. (2002) beschrieben, dass Hydroxyzimtsäuren im Colon durch die Esterase-Aktivität der Mikroflora gespalten werden und die freien Säurereste anschließend absorbiert werden. Ein weiterer Abbau durch die Darmflora wurde beschrieben, welcher in der Bildung von Dihydroferulasäure, 3-Hydroxyhippursäure oder Hippursäure resultierte.

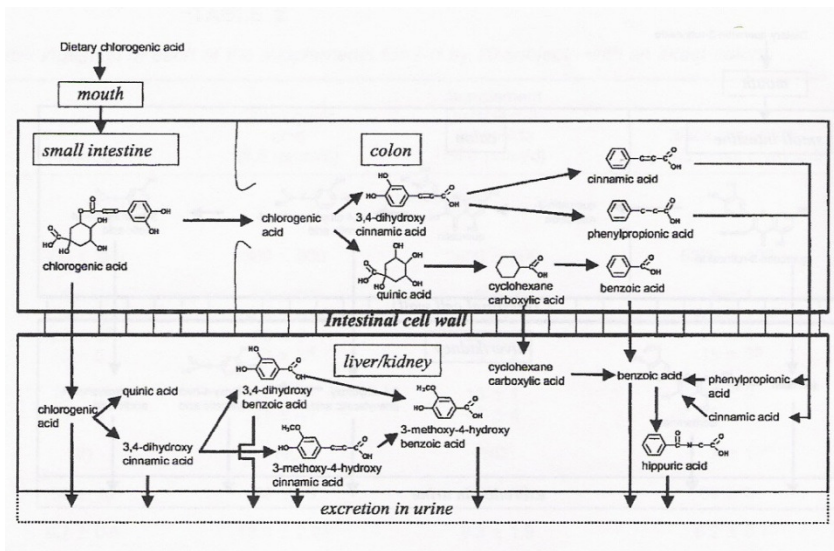


Abb.2.5: Vorschlag: Metabolismus von Chlorogensäure beim Menschen [OLTHOF et al., 2003].

2.4.3. Phenolbindende Wirkung der (Milch)proteine

Die phenolbindende Wirkung der Milch ist verantwortlich für die Senkung der antioxidativen Kapazität von phenolhaltigen Getränken (Tee, Kaffee, Kakao). Bereits ROBINSON et al. (1997) untersuchten das antioxidative Potential von Schwarztee mit Milch im Verhältnis 1:1, wobei eine Senkung der antioxidativen Wirkung von Tee aufgrund der Milchezugabe festgestellt werden konnte, die umso größer war, je höher der Anteil der Milch im Getränk war. LANGLEY-EVANS (2000) berichtete, dass 1,5 g Milch pro 20 ml Tee die antioxidative

Aktivität im Schwarztee *in vitro*, abhängig von der jeweils verwendeten Milch, zwischen 12 % und 28 % senken konnte. Fettarme Milch führte dabei zur geringsten Abnahme des antioxidativen Potentials, Vollmilch zur höchsten Senkung.

Auch bei Kaffee konnte eine Abnahme der antioxidativen Wirkung durch eine Milchezugabe festgestellt werden: DUPAS et al. (2006) untersuchten die Wechselwirkungen von Caffeoylchinasäure (CQA), einem Isomer der Chlorogensäure, die das stärkste Antioxidans im Kaffee darstellt, mit Milchproteinen. Dafür wurden 250 g löslicher Kaffee mit 25 % Milchanteil in einem Liter Wasser aufgelöst. Es konnte dabei herausgefunden werden, dass bis zu 39 % der gesamten CQA, die im Kaffee enthalten waren, an Milchproteine gebunden wurden. Der Fettgehalt zeigte keinen Einfluss auf die Bindung der Polyphenole.

Auch CHEYNIER (2005) berichtete allgemein über Wechselwirkungen von Proteinen und Polyphenolen, die zu einer Reduktion der Protein-Verdaulichkeit führten und in ähnlichem Maße die Bioverfügbarkeit von Polyphenolen, folglich auch von Chlorogensäuren, einschränkten.

2.5. Gesundheitsfördernde Wirkungen von Kaffee

Der häufige Konsum von Kaffee wirkt präventiv auf viele Krankheiten. So geht man davon aus, dass bei regelmäßigem Kaffeetrinken verschiedene Typen von Krebs, Parkinson, Leberzirrhose und Diabetes Mellitus vom Typ II vermindert auftreten [BARRANCO QUINTANA et al., 2007; GREENBERG et al., 2006; LARSSON und WOLK, 2007; LINDSAY et al., 2002; LUETH et al., 2008; MAIA und DE MENDOCA, 2002; NKONDJOCK, 2008]. Außerdem weisen epidemiologische Studien auf positive Effekte bezüglich Wachsamkeit, Stimmungsschwankungen, neurologische Verfassung, Stoffwechselerkrankungen und Leberfunktion hin [FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008].

2.5.1. Kaffee und koronare Herzkrankheiten

In einer prospektiven Kohortenstudie der *Harvard School of Public Health*, an der 44005 Männer und 84488 Frauen aus den Studienpopulationen der *Health Professional Follow Up Study (HPFS)* und der *Nurses' Health Study (NHS)* ohne bekannte kardiovaskuläre Erkrankungen oder Krebs 14 bzw. 20 Jahre lang teilnahmen, wurde anhand von Fragebögen untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen häufigem Kaffeekonsum und dem Auftreten von koronaren Herzkrankheiten besteht. Dabei kam man zu dem Schluss, dass Kaffeekonsum keinen Einfluss auf die Entstehung von kardiovasculären Krankheiten hat. [LOPEZ-GARCIA et al., 2006]. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch eine finnische Kohortenstudie, im Rahmen derer der gewohnte Kaffeekonsum, das Ernährungsverhalten, die den ProbandInnen bekannten Risikofaktoren von KHK sowie die medizinische Geschichte von 20179 Männer und Frauen, die zwischen 30 bis 59 Jahre alt waren, erfasst wurde. Auch in dieser Studie wurde berichtet, dass regelmäßiger Kaffeekonsum, das Risiko an KHK zu erkranken nicht beeinflusst. Auffällig waren die Unterschiede in der männlichen und der weiblichen Bevölkerungsgruppe. Während bei Männern eine geringere Sterberate durch mäßigen Kaffeekonsum bedingt war, konnte bei Frauen die Sterberate aufgrund KHK durch erhöhten Kaffeekonsum gesenkt werden [KLEEMOLA et al., 2000].

2.5.2. Kaffee und Krebs

Kaffee wird im Bezug auf seine antikanzerogene Wirkung sehr häufig untersucht. Studien, in denen verschiedene Inhaltsstoffe von Kaffee untersucht wurden, gaben Hinweise, dass dieses Getränk auf viele Arten tumorpräventiv wirkt. NKONDJOCK (2008) berichtete in seinem Überblick über die Ergebnisse vieler Studien, die sich mit Krebs befassten. Dabei wurde dem Alkaloid Koffein beispielsweise sowohl eine Tumor-stimulierende als auch –suppressive Wirkung zugeschrieben. Die Diterpene Cafestol und Kahweol sind an der Entgiftung von krebserregenden Stoffen durch diverse biologische Einflüsse

beteiligt. Außerdem stellt Kaffee eine wichtige Quelle an Polyphenolen dar, welche antikanzerogene und antioxidative Eigenschaften besitzen. Kaffeesäure, welche in Zellstudien zur Verhinderung von DNA-Methylierung beiträgt, einer der häufigsten Charakteristika von Tumorphogenese, ist einer der Hauptinhaltsstoffe von Kaffee.

2.5.2.1. Brustkrebs

Brustkrebs ist die zweithäufigste Todesursache der an Krebs erkrankten Frauen [NKONDJOCK, 2008]. Eine Untersuchung von Frauen kurz vor der Menopause ergab, dass der Konsum von sechs Tassen und mehr das Risiko zu erkranken um 70 % senken kann [NKONDJOCK et al., 2006]. BAKER et al. (2006) führten eine Untersuchung durch, deren Ziel es war, den Einfluss von Kaffee, entkoffeiniertem Kaffee und Schwarztee auf die Entstehung von Brustkrebs herauszufinden. An dieser Fall-Kontroll-Studie nahmen 1932 Probandinnen teil, die an Brustkrebs litten. Die Kontroll-Gruppe wurde von 1895 Frauen gestellt. In den Ergebnissen wurde eine mögliche schützende Funktion vor Brustkrebs von koffeinhaltigem Kaffee bei Konsum von mehr als vier Tassen pro Tag für Frauen vor der Menopause beschrieben. Eine schützende Funktion von Kaffee gegenüber postmenopausalem Brustkrebsrisiko wurde nicht gefunden.

2.5.2.2. Darmkrebs

Einige Studien geben Hinweise zur Annahme, dass Kaffee eine schützende Wirkung vor Magen- und Darmkrebs birgt. Dieser Effekt ist auf die Fettstoffe Cafestol und Kahweol, die die Ausscheidung von Gallensäuren und Sterolen in den Darm auslösen können, und Koffein, das ein Wachstum der Krebszellen im Darm verhindern soll, zurückzuführen [NKONDJOCK, 2008]. Daten aus der *NHS* und der *HPFS* gaben auch Auskunft über den Zusammenhang von Kaffeekonsum und dem Auftreten von Darmkrebs. Dabei wurde der Genuss von Kaffee und Tee sowie die Aufnahme von Koffein über 14 Jahre regelmäßig erhoben. In den Ergebnissen konnte kein Zusammenhang zwischen einer Erkrankung und Koffeinaufnahme gefunden werden. StudienteilnehmerInnen, die hingegen zwei oder mehr Tassen von koffeinfreiem Kaffee pro Tag

konsumierten zeigten um 52 % weniger Erkrankungesfälle [MICHELS et al., 2005].

2.5.2.3. Eierstockkrebs

Da noch keine aussagekräftigen Screening-Methoden verfügbar sind und daher die Diagnose bei 71 % der Erkrankten erst in einem fortgeschrittenen Stadium erstellt werden kann, wurden bis dato nur wenige Untersuchungen zum Einfluss von Kaffee auf das Auftreten von Ovarialkrebs durchgeführt [NKONDJOCK, 2008; LUETH et al., 2008]. Einige Erkenntnisse brachte die *Iowa Women's Health Study*. Dabei wurde beobachtet, dass Frauen, die mehr als fünf Tassen Kaffee pro Tag konsumierten einem signifikant ($p=0,05$) höheren Erkrankungsrisiko ausgesetzt waren. Zwischen dem Effekt von entkoffeiniertem Kaffee und von jenem mit Koffein auf das Risiko an Ovarialkrebs zu erkranken, konnte kein Unterschied festgestellt werden [LUETH et al., 2008]. Auch in der *Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer* wurde dieser Zusammenhang untersucht. Eine Subkohorte von 2589 Frauen aus der Studienpopulation nahm an der Untersuchung, in deren Ergebnisse kein Zusammenhang zwischen Kaffeekonsum und einem Erkrankungsrisiko für Eierstockkrebs beobachtet werden konnte, teil [STEEVENS et al., 2007].

2.5.2.4. Leberkrebs

In der Metaanalyse von LARSSON und WOLK (2007) wurden vier Kohorten- und fünf Kontrollstudien zusammengefasst. In allen beschriebenen Untersuchungen konnte ein Zusammenhang zwischen Kaffeekonsum und einer Leberkrebs-Risikoreduzierung gefunden werden, in sechs davon erwiesen sich die Ergebnisse sogar als signifikant. Der Genuss von zwei Tassen am Tag konnte das Erkrankungsrisiko um 43 % senken.

Da Eisen als Promoter für hepatozelluläre Karzinome gilt, könnte der Grund für die Herabsenkung des Erkrankungsrisikos von Leberkrebs sein, dass Kaffee antikanzerogen wirkt indem er durch den hohen Polyphenolgehalt den Eisenstatus senkt [MASCITELLI et al., 2008].

2.5.2.5. Bauchspeicheldrüsenkrebs

Auch der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Pankreas-Karzinomen und Kaffeekonsum wurde im Rahmen der *NHS* und der *HPFS* untersucht. Es konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen einem erhöhten Erkrankungsrisiko für Bauchspeicheldrüsenkrebs und Kaffee - weder mit Koffein, noch ohne - festgestellt werden. In der männlichen Studienpopulation der *HPFS* wiesen Konsumenten von Kaffee mit Koffein ein geringeres Risiko auf, an Bauchspeicheldrüsenkrebs zu erkranken, als jene Probanden, die keinen Kaffee zu sich nahmen [MICHAUD et al., 2001]. NKONDJOCK (2008) berichtete in seiner Übersicht von anderen Fall-Kontroll- und Kohortenstudien, die in Canada, Europa und Asien durchgeführt wurden und in deren Rahmen auch kein Zusammenhang zwischen Kaffeekonsum und Pankreas-Karzinomen gefunden werden konnte.

2.5.3. Kaffee und Diabetes

Diabetes entwickelt sich immer stärker zu einer Volkskrankheit. Vorhersagen lassen vermuten, dass bis ins Jahr 2010 220 Millionen Fälle bekannt sein werden. Die Ergebnisse vieler Studien der letzten Jahre ergaben, dass Kaffeekonsum das Risiko an Diabetes Mellitus Typ II zu erkranken, senkte. In einer dieser Untersuchungen kam man zu der Erkenntnis, dass Kaffee und im Besonderen sein Inhaltsstoff Koffein in Zusammenhang mit einem Gewichtsverlust standen und dieser für die Risikoreduzierung verantwortlich war [GREENBERG et al., 2006]. JOHNSTON et al. (2003) untersuchten in einer Humanstudie, ob Chlorogensäure einen Einfluss auf die Glukoseaufnahme, gastrointestinale Hormone oder Insulinsekretion hat. Dabei nahm die Kontrollgruppe 400 ml Wasser mit 25 g Glukose zu sich, die beiden anderen Gruppen 400 ml Kaffee oder entkoffeinierten Kaffee mit 25 g Glukose. Ihre Ergebnisse zeigten bei Kaffeekonsum eine erhöhte Glukosetoleranz und Insulinempfindlichkeit. Die Profile der gastrointestinalen Hormone ließen auf eine verspätete Glucoseabsorption im Darm schließen.

2.5.4. Kaffee und Alzheimer

Morbus Alzheimer ist die am häufigsten auftretende neurogenerative Krankheit unter der älteren Bevölkerungsschicht. Trotz zahlreicher Untersuchungen konnte noch kein potentieller Risikofaktor evaluiert werden. Daher liegt es an der Wissenschaft, präventive Stoffe zu finden. Als neuroprotektive Substanz könnte Koffein durch seine pharmakologischen Effekte positiv auf die neuronalen Funktionsstörungen wirken [BARRANCO QUINTANA et al., 2007]. Die Ergebnisse einiger Studien bestätigen diese Vermutung, da festgestellt werden konnte, dass ein Zusammenhang zwischen der Koffeinaufnahme und einem verringerten Risiko an Morbus Alzheimer zu erkranken besteht [MAIA und DE MENDOCA, 2002; LINDSAY et al., 2002].

2.6. Die Zubereitungsarten von Kaffee

Unterschiedliche Zubereitungsarten erfordern unterschiedliche Vorbereitungen. Die Bohnenauswahl soll sorgfältig getroffen werden, der Mahlgrad trägt maßgeblich zur Qualität des fertigen Getränks bei. Auch Lagerung, Wasserqualität, Dosierung des Pulvers und Durchlaufzeit beeinflussen die Eigenschaften von Kaffee.

2.6.1. Filterkaffee

Das sehr beliebte Filtersystem wurde von dem Franzosen M. de Belloy erfunden. Filterkaffee wird entweder manuell zubereitet oder mit Hilfe einer Haushaltskaffeemaschine. Das Prinzip dieser Methode besteht darin, dass heißes Wasser über das körnig gemahlene Kaffeepulver gegossen wird. Bei der Zubereitung kann man zwischen vier Filterarten wählen: Papierfilter, Flachfilter, Karlsbader Porzellanfilter und Metallfilter.

Während der Zubereitung wird das Kaffeemehl großzügig und intensiv vom heißen Wasser umspült und aufgewirbelt. Dadurch können sich die Aromastoffe

besser entfalten. Auch die Stärke des Kaffees lässt sich bei der Filterzubereitung leicht einstellen, indem man die Menge des Pulvers variiert. Eine Empfehlung für die richtige Dosierung des Kaffeepulvers lautet: 10 g körnig gemahlener Kaffee für die Zubereitung einer Tasse, für jede weitere zuzüglich 6 g. An der Tropfgeschwindigkeit des Durchlaufs lässt sich erkennen, ob der richtige Mahlgrad gewählt wurde [TEUFL und CLAUSS, 1998; EDELBAUER, 2003; THORN, 1999].

2.6.2. Espresso

Espresso wird, wie auch schon seine Bezeichnung sagt, „schnell“, bei 84 bis 92° Celsius und unter Druck zubereitet. Dabei presst eine Maschine erhitztes Wasser mit Hochdruck durch den komprimierten Kuchen aus fein gemahlenem Kaffeepulver. Das Ergebnis ist ein konzentriertes Getränk, welches lösliche Bestandteile, fein verteilte, winzige Öltröpfchen und Aromastoffe enthält. Diese Bestandteile verleihen dem Espresso seinen einzigartigen Geruch und Geschmack. Durch die Zubereitung unter Druck werden die Inhaltsstoffe der Bohnen konzentriert zur Geltung gebracht. Letztendlich zeigen sich für eine einwandfreie Espresso-Qualität, welche durch bitteren und süßen Geschmack mit einer leicht sauren Note, starkem Körper und kräftigem Aroma charakterisiert ist, die Aufbereitung der Bohnen, die Kaffeesorte sowie die Röstung und Zubereitung verantwortlich. Außerdem ist bei der Zubereitung auf einen exakten feinen Mahlgrad und auf die Wassertemperatur zu achten. Ein besonderes Merkmal des Espressos stellt die Crema dar, eine dünne Schaumschicht, die auf der Oberfläche des Getränks liegt [ILLY, 2004; TEUFL und CLAUSS, 1998; ESTEBAN-DÍEZ et al., 2004].

2.7. Kaffeesorten und ihre Herkunftsländer

Kaffee wird an vielen Orten der Erde angebaut. Von Westen nach Osten erstrecken sich die Anbaugebiete von Mittelamerika, Südamerika, Afrika über

Indien, Indonesien und Südchina bis in den Norden Australiens, zusammengefasst befinden sich diese zwischen dem 23. Breitengrad nördlich und dem 25. südlich vom Äquator [TEUFL und CLAUSS, 1998].

2.7.1. ARABICA

Die *Arabica*-Kaffeesorten aus folgenden Anbaugebieten sind im Rahmen dieser Arbeit zu erwähnen:

2.7.1.1. Äthiopien

Äthiopischer Kaffee hat eine sehr gute Qualität. Diese Bohnen sind mild, duftend und enthalten wenig Säure. Bei Arabica-Kaffees aus Äthiopien wird aufgrund der nassen Aufbereitung der Bohnen eine feine geschmackliche Säure ausgebildet. Anbaugebiete befinden sich beispielsweise in Limu und in *Sidamo* [WINTGENS, 2004].

2.7.1.2. Brasilien

Brasilien ist der größte Kaffeeproduzent weltweit. Aufgrund der weitläufigen Anbaufläche in Brasilien und der Tatsache, dass es unmöglich ist, den gesamten dort angebauten Kaffee nass aufzubereiten, gibt es starke Unterschiede im Geschmack von brasilianischen Kaffees. Man unterscheidet zwischen weichem und hartem Kaffee.

Harter Kaffee erzeugt beim Genuss ein adstringierendes Mundgefühl. Vertreter des harten Kaffees sind beispielsweise Rio und Minas.

Die wichtigste Charaktereigenschaft des weichen Kaffees ist Milde, wie beispielsweise im *Santos*-Kaffee. Häufiges Anbaugebiet für weichen Kaffee ist Sao Paulo. Die Qualität der Kaffeesorten aus Brasilien ist im Allgemeinen durchschnittlich [EDELBAUER, 2003; WINTGENS, 2004; TEUFL und CLAUSS, 1998].

2.7.1.3. Indonesien

Indonesien, der drittgrößte Kaffeeproduzent, liefert hauptsächlich durchschnittliche Qualitäten. Ausnahmen sind der auf Sulawesi angebaute *Kalossi* und die Sorten aus Java. Diese besitzen reichen Geschmack und exzellentes Aroma [TEUFL und CLAUSS, 1998].

2.7.2. ROBUSTA

Folgende *Robusta*-Sorten erweisen sich in der vorliegenden Arbeit als erwähnenswert:

2.7.2.1. Vietnam

Vietnam hat seine Kaffeeproduktion französischen Missionaren zu verdanken, die im 19. Jahrhundert Kaffeebäume aus Indonesien anpflanzten. Heute erlebt der Kaffeeexport in diesem Land einen Aufwärtstrend. 96 % der Ernte machen *Robusta*-Sorten aus, die hauptsächlich von kleinen Farmen stammen. *Vietnam*-Kaffee ist im Geschmack ausgewogen und wird hauptsächlich für Kaffeemischungen verwendet [THORN, 1999].

2.7.2.2. Uganda

In *Uganda* wird hauptsächlich *Robusta*-Kaffee angebaut. Die Ernte von Arabica-Bohnen macht nur 10 % der gesamten Ernteerträge aus. Aufgrund des äquatorialen Regenklimas ist *Uganda* eines der wichtigsten Exportländer für *Robusta*-Kaffee. Eigenschaften, die Kaffees aus diesem Land zugeschrieben werden sind: vollmundig, gehaltvoll und sehr ausgewogen [THORN, 1999].

2.7.2.3. Madagaskar

Auf der Insel *Madagaskar* wird mit 92 % der Gesamtkaffeeernte hauptsächlich *Robusta*-Kaffee erzeugt, dem jedoch eine gute Qualität nachgesagt wird. Es wird auch versucht die Arabica-Produktion auszubauen. Die geernteten Kaffeebohnen werden nur trocken aufbereitet und kommen sowohl im rohen,

als auch im gerösteten Zustand in den Export [TEUFL und CLAUSS, 1998; MUTUA, 2000].

3. Material und Methoden

3.1. Material

3.1.1. Probenumfang

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Kaffeesorten mit und ohne Zugabe verschiedener Mengen an Vollmilch (3,6% Fett) untersucht. Dabei handelte es sich um drei Arabica-Sorten (*Sidamo*, *Santos*, *Kalossi*) und drei Robusta-Sorten (*Vietnam*, *Uganda*, *Madagaskar*), welche als Espresso und als Papierfilterkaffee zubereitet, mit Milch versetzt und anschließend auf ihre antioxidative Wirkung mit und ohne Milch untersucht wurden. Alle Kaffeesorten wurden vom *Institut für Kaffee-Experten-Ausbildung* (1130 Wien, Hofwiesengasse 48, Volkshochschule Hietzing) zur Verfügung gestellt und dort auch frisch geröstet, bis die Bohnen eine goldbraune Farbe aufwiesen. Nach der Röstung wurden die verschiedenen Kaffees in Einmachgläsern luftdicht verschlossen im Dunklen aufbewahrt und innerhalb von vier Wochen – im Zeitraum vom 14. April bis zum 8. Mai 2008 – auf ihre totale antioxidative Kapazität am *Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien* analysiert.

Tab.3.1: Die untersuchten Kaffeesorten.

Arabica	<u>Herkunftsland</u>	<u>Anbaugebiet</u>
	Äthiopien	Sidamo
	Brasilien	Santos
	Indonesien	Kalossi
Robusta	<u>Herkunftsland</u>	
	Vietnam	
	Uganda	
	Madagaskar	

3.1.2. Allgemeine Probenaufbereitung

Alle Proben wurden als Espresso und als Papierfilteraufguss zubereitet und in vierfacher Bestimmung analysiert. Um beide Zubereitungsarten vergleichen zu können, wurde das Kaffeerezept großer Mokka, ein sehr starker schwarzer Kaffee, gewählt, wobei aus 14 g Kaffeepulver ca. 100 ml Kaffee gebrüht wurde [EDELBAUER, 2003].

Tab.3.2: Kaffeezubereitungen (Mittelwerte)

Methode der Zubereitung	Kaffeepulver (g)	Wasser (ml)	Gebrühter Kaffee(ml)
Espresso	14	124	98
Filter	14	130	97

Anschließend wurde der Kaffee mit sechs verschiedenen Milchmengen (5 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml, 100 ml) versetzt und bis zur Bestimmung bei 4° Celsius gekühlt. Als Referenzsubstanz wurde frisch gekochter Filterkaffee der Marke Dallmayr Prodomo zu jeweils 500 µl in Cups pipettiert und bei -80° Celsius tiefgefroren.

Um die Kaffeeproben frisch zubereiten zu können, bedurfte es folgender Geräte und Materialien:

Tab.3.3: Materialien

Kaffeeschinen	Faema Express (Espresso)
	Melitta Look (Papierfilter)
Papierfilter	Melitta 1*4
Kaffeemühle	La Pavoni Jolly Lusso JL (Espresso)
	Zassenhaus Kaffeemühle Brasilia (Papierfilter)
Milch	Ja! Natürlich Vollmilch (3,6% Fett)

3.2. Analytische Methoden

3.2.1. Bestimmung der totalen antioxidativen Kapazität (TAC)

Die Bestimmung der totalen antioxidativen Kapazität wurde nach der Methode von RICE-EVANS und MILLER (1997) durchgeführt.

Die totale antioxidative Kapazität spiegelt die Fähigkeit von Antioxidantien wider, das Radikalkation von 2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure] (ABTS+), welches charakteristische Absorptionsmaxima aufweist, in wässrigen Phasen abzufangen. Die Bildung des Radikalkations ABTS+ basiert auf der Reaktion von peroxidativ aktivem Metmyoglobin und ABTS unter der Anwesenheit von Wasserstoffperoxid. Antioxidantien unterdrücken die Bildung des Radikals. Das ABTS+-Kation wird zur Ermittlung der antioxidativen Kapazität bei der Wellenlänge $\lambda = 734 \text{ nm}$ photometrisch vermessen. Das Maß der Hemmung des ABTS+-Kations durch die Antioxidantien in der Probe wird mit der Hemmung der Standard-Substanz Trolox (6-Hydroxy-2,5,6,8-tetramethylchroman-2-carboxysäure) verglichen.

VERWENDETE GERÄTE	
UV-Vis Spectrometer	UV4 ATI UNICAM
Wasserbad	JULABO U3
Vortex	Heidolph Reax, top
Pipette	200-1000 μl , Finnpipette, Labsystems
Pipette	20-200 μl , Thermo Scientific
Küvetten	Barloworld Scientific Ltd., STERILIN
Stoppuhr	ROHT, Model No. TR118
Waage	METTLER, AT201
Ph-Meter	ORION, Ph-Meter Model 420

REAGENZIENTEN	
Trolox (6-Hydroxy-2,5,6,8-tetramethylchroman-2-carboxysäure)	Fluka
ABTS (2,2-Azinobis-[3-ethylbenzothiazolin-6-sulphonsäure])	Sigma
Myoglobin	Sigma
30 % H ₂ O ₂	Donauchen

HERSTELLUNG DER LÖSUNGEN

1. Trolox

Die Standard-Substanz Trolox wurde vor Beginn der TAC-Bestimmungen hergestellt, indem 154,6 mg Trolox in 250 ml PBS-Puffer aufgelöst wurden. Anschließend wurde die Lösung in Cups pipettiert und bei -20° C tiefgefroren.

2. Metmyoglobin

Lösung 1 (188 mg Myoglobin in 25 ml PBS-Puffer) wird mit 10 ml einer Ferricyanidlösung (Lösung 2 = 24,4 mg Ferricyanid in 100 ml PBS) zu Metmyoglobin oxidiert. Diese Mischung wird auf eine mit zweifachem Säulenvolumen an PBS-Puffer gespülte Chromatographiesäule (Sephadex G-15-120, 35 cm x 2,5 cm) aufgetragen und mit PBS eluiert. Jeweils 5 ml der braunfarbigen Fraktionen unterschiedlicher Intensität wurden gesammelt und anschließend bei den Wellenlängen $\lambda = 490, 560, 580, 700$ nm gegen den PBS-Puffer gemessen. Anschließend wurden die Fraktionen in einem Behälter gesammelt, vermischt und deren Extinktionen bei den oben genannten Wellenlängen nochmals gemessen.

3. PBS-Puffer	
8,2 g	NaCl
0,2 g	KCl
1,2 g	Dinatriumhydrogenphosphat
0,2 g	Kaliumdihydrogenphosphat

Nach dem Einwiegen der oben angeführten Substanzen und dem Auflösen in 800 ml bidestilliertem Wasser unter Rühren, wurde ein pH-Wert von 7,4 eingestellt. Anschließend wurde der Puffer in einen 1 L-Messkolben umgefüllt und bis zur Markierung mit H₂O bidest. aufgefüllt. Der PBS-Puffer wurde täglich frisch hergestellt.

4. ABTS-Lösung
54,86 mg ABTS wurden in 10 ml PBS-Puffer aufgelöst.

5. Lösung	
Lösung A	515 µl 30 % H ₂ O ₂ in 10 ml PBS-Puffer
Lösung B	45 µl von Lösung A in 50 ml PBS-Puffer

6. Standards	
Standard 1	0,1 ml Trolox + 0,4 ml PBS-Puffer
Standard 2	0,2 ml Trolox + 0,3 ml PBS-Puffer
Standard 3	0,3 ml Trolox + 0,2 ml PBS-Puffer
Standard 4	0,4 ml Trolox + 0,1 ml PBS-Puffer
Standard 5	0,5 ml Trolox

TESTDURCHFÜHRUNG

Zur Berechnung der TAC-Werte wurde eine Eichgerade (Abb.3.1) mit fünf Messpunkten der Trolox-Standardlösungen erstellt, welche bei einer Korrelation

von $R^2 = 0,9998$ linear war. Die Konzentrationen der Standards lagen zwischen 0,5–2,5 mmol Trolox-Äquivalente / Liter (Tab 3.3).

Tab.3.4: Konzentrationen und Extinktionen der Standards

Konzentration der Standards [mmol Trolox-Äquivalente/L]	Extinktion der Standards
0,5	0,680
1	0,528
1,5	0,376
2	0,234
2,5	0,088

Die Testserie bestand bei jeder Kaffeesorte aus Kaffee ohne Milch und Kaffee mit 5 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml und 100 ml Milch. Sofort nach der Zubereitung wurden die Kaffeeproben mit Milch versetzt, auf 4 ° Celsius gekühlt und anschließend in vierfacher Bestimmung bei entsprechender Verdünnung der jeweiligen Probe untersucht. Um eine homogene Flüssigkeit zu garantieren wurden alle mit Milch versetzten Proben 20 Minuten vor der Analyse ins Ultraschallbad gestellt.

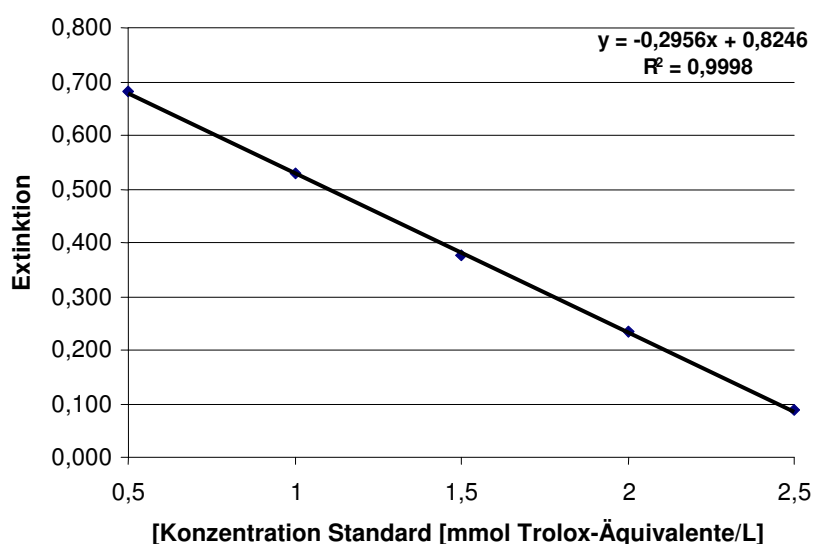


Abb.3.1: Eichgerade zur Ermittlung der TAC-Werte.

MESSUNG

Der Leerwert sowie die Standards und die Proben wurden nach dem unterhalb angeführten Schema mit den für die Untersuchung benötigten Reagenzien aufbereitet. PBS-Puffer und ABTS-Lösung wurden im Wasserbad bei 30° Celsius temperiert und dort auch unter Lichtschutz aufbewahrt. Sechs Minuten nach der Reagenzienzugabe wurde die Extinktion abgelesen. Die Messung aller Proben wurde bei einer Wellenlänge von $\lambda = 734 \text{ nm}$ durchgeführt.

Leerwert		410 μl PBS-Puffer 400 μl ABTS 20 μl Metmyoglobin	Messung starten
nach Sekunden	15	170 μl H_2O_2 (Lösung B) zufügen, um die Reaktion zu starten	
Standard		410 μl PBS-Puffer 400 μl ABTS 10 μl Standard 20 μl Metmyoglobin	Messung starten
nach Sekunden	15	170 μl H_2O_2 (Lösung B) zufügen, um die Reaktion zu starten	
Probe		400 μl PBS-Puffer 400 μl ABTS 20 μl Probe 20 μl Metmyoglobin	Messung starten
nach Sekunden	15	170 μl H_2O_2 (Lösung B) zufügen, um die Reaktion zu starten	

REPRODUZIERBARKEIT

Der Variationskoeffizient der Methode wurde durch zehnmäßige Bestimmung einer Papierfilterkaffeezubereitung der Sorte Dallmayr Prodomo ermittelt und lag bei 4,9 %.

3.3. Sensorische Prüfungen

Nachdem die Bestimmung der totalen antioxidativen Kapazität abgeschlossen war, wurden die Sorten *Santos* (Arabica) und *Uganda* (Robusta), welche bei der Aufgussfilter-Zubereitung eine ähnliche antioxidative Wirkung aufwiesen, ausgewählt und auf ihre sensorischen Eigenschaften untersucht. Dafür wurden wiederholt frisch geröstete Kaffeebohnen verwendet, welche ebenfalls vom *Institut für Kaffee-Experten-Ausbildung* zur Verfügung gestellt wurden und auf die gleiche Art geröstet und gelagert wurden, wie jene für die analytischen Untersuchungen.

3.3.1 Quantitative deskriptive Analyse (QDA)

Die quantitative deskriptive Analyse wurde nach STONE et al. (1974) durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine objektive Prüfung, bei der persönliche Einflüsse und Meinungen ausgeschlossen werden. Die QDA besteht aus zwei Phasen, der qualitativen und quantitativen.

In der Phase der qualitativen Beschreibung wurden beschreibende Begriffe (Attribute) gesucht, um die Charakteristika des Produktes bezüglich Geruch, Geschmack, Aussehen, Textur und Mundgefühl sowie Nachgeschmack zu definieren (Tab.3.5).

Die quantitative Phase diente der Beurteilung der Intensität der einzelnen Attribute durch 10 geschulte PrüferInnen (PanellistInnen) anhand deren Sinne. Die Empfindungen der Intensität wurden auf eine Skala von 0-10 eingetragen.

Die beiden ausgewählten Kaffeeproben, der Arabica-Kaffee *Santos* aus Brasilien und Robusta-Kaffee aus *Uganda*, welche ohne Milchzugabe auf ihre sensorischen Produkteigenschaften untersucht wurden, wurden gekocht, in Thermoskannen aufbewahrt und auf Wärmeplatten in vorgewärmten Tassen den PanellistInnen randomisiert und in gleicher Weise in den Kabinen des Sensorik-Labors zur Verkostung präsentiert. Alle Proben wurden mit einer

dreistelligen Zufallszahl verschlüsselt. Zur Neutralisation des Mundes wurde in jeder Kabine ein Glas Leitungswasser bereitgestellt.

Tab.3.5: Attributenliste für Kaffee

Attributenliste für Kaffee	
Attribut	Definition
GERUCH	
Kaffeegeruch allgemein	Beurteilung der Intensität des allgemeinen Geruchs von Kaffee (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Röstiger Geruch	Beurteilung der Intensität des Geruchs von frisch geröstetem Kaffee (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Verbrannter Geruch	Beurteilung der Intensität von verbrannten, überrösteten Kaffeegeruch (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Rauchiger Geruch	Beurteilung der Intensität des rauchigen Geruchs, erinnernd an Räucherharz (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Holziger Geruch	Beurteilung der Intensität des typischen Geruchs von Holzspänen (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Erdiger Geruch	Beurteilung der Intensität des typischen Geruchs von feuchter Erde (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Fruchtiger Geruch	Beurteilung der Intensität eines fruchtigen Geruchs, erinnernd an Beeren (von nicht wahrnehmbar bis

	sehr intensiv)
GESCHMACK	
Kaffeegeschmack allgemein	Beurteilung der Intensität des allgemeinen Geschmacks von Kaffee (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Röstiger Geschmack	Beurteilung der Intensität des Geschmacks von frisch geröstetem Kaffee (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Verbrannter Geschmack	Beurteilung der Intensität von verbrannten, überbrösteten Kaffeegeschmack (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Holziger Geschmack	Beurteilung der Intensität des typischen Geschmacks von Holzspänen (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Erdiger Geschmack	Beurteilung der Intensität des typischen Geschmacks von feuchter Erde (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Fruchtiger Geschmack	Beurteilung der Intensität eines fruchtigen Geschmacks, erinnernd an Beeren (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Saurer Geschmack	Beurteilung der Intensität des sauren Geschmacks (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv, Grundgeschmacksart)
Bitterer Geschmack	Beurteilung der Intensität des bitteren Geschmacks (von nicht wahrnehmbar

	bis sehr intensiv, Grundgeschmacksart)
Süßer Geschmack	Beurteilung der Intensität des süßen Geschmacks (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv, Grundgeschmacksart)
AUSSEHEN	
Farbe	Beurteilung der Intensität der Farbe des Kaffees (von hellbraun bis dunkelbraun)
Trübheit	Ausmaß der Trübheit des Kaffees (von klar bis trüb)
Öligkeit	Anwesenheit/Abwesenheit eines öligen Films an der Oberfläche des Kaffees (von nicht ölig bis sehr ölig)
STRUKTUR UND MUNDGEFÜHL	
Viskosität mit dem Löffel	Beurteilung der Viskosität des Kaffees mit dem Löffel (von dünnflüssig bis dickflüssig)
Viskosität als Mundgefühl	Beurteilung der Viskosität, Fülle und Gewicht im Mund (von dünnflüssig bis dickflüssig)
Adstringierend	Beurteilung eines trockenen und rauen Mundgefühls, ebenso an der Zunge, erinnernd an das Trinken von schwarzem, sehr starkem Tee (von nicht adstringierend bis sehr adstringierend)
NACHGESCHMACK	
Nachgeschmack des Kaffees allgemein	Zurückbleibender Geschmack 1 Minute nach dem Hinunterschlucken des Kaffees (von nicht wahrnehmbar bis

	sehr intensiv)
Bitterer Nachgeschmack	Zurückbleibender bitterer Geschmack 1 Minute nach Hinunterschlucken des Kaffees (von nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv)
Gesamtqualität	Objektiver sensorischer Eindruck des gesamten Produktes unter Berücksichtigung aller Attribute (Qualität des Produktes), von niedrig bis hoch

Die Planung, Durchführung und Auswertung der QDA erfolgte in einem speziell für Lebensmittelsensorik konstruierten Computerprogramm, dem ANALSENS und mit der Unterstützung des Statistik-Programms SPSS.

Anschließend wurden die Ergebnisse der QDA graphisch als Spiderwebs und PCA-Biplots dargestellt.

Spiderweb

Dabei handelt es sich um ein Netzdiagramm, welches Aufschluss über die sensorischen Eigenschaften der analysierten Produkte gibt. Um ein Lebensmittel zu beurteilen bedient man sich der Mittelwerte aus den Beurteilungen der Attribute durch die 10 PanellistInnen in 2 Durchgängen (20 Ergebnisse) und stellt diese im Netz als verbindende Linie graphisch dar.

Principal Component Analysis (PCA)

Die PCA, auch Hauptkomponentenanalyse genannt, ist ein Verfahren der multivariaten Statistik. Sie dient dazu, umfangreiche Datensätze zu strukturieren und vereinfacht darzustellen. Das Verfahren beruht darauf, eine große Anzahl von Produktattributen (Variablen) einer geringen Zahl, aber

möglichst aussagekräftigen Linearkombinationen anzunähern. Diese Linearkombinationen sind Hauptkomponenten, welche den Anteil an der Gesamtvarianz beschreiben. Die erste Hauptkomponente erklärt die höchstmögliche Variation zwischen den Produkten. Die Anzahl an Komponenten ist unterschiedlich. Zusammen sollten sie einen möglichst hohen Anteil an der Gesamtvarianz erklären [MEYERS und KUNERT, 2006; DERNDORFER, 2006].

Eine Ergänzung der Hauptkomponentenanalyse ist der Biplot, in dem sowohl die Produkte als auch die Variablen (Produktattribute) dargestellt werden. Dies ermöglicht die Unterschiede zwischen den Produkten durch die Variablen (Attribute) zu erklären.

Durch Kovarianzmatrix können hier zusätzlich die Gewichte der Variablen bestimmt werden, mit denen sie zur Bestimmung der Hauptkomponenten beitragen. Sie werden in Form eines Pfeils dargestellt, der je nach Gewichtung unterschiedlich lang ist. Dadurch kann abgelesen werden, welche Produkte stärker in einem bestimmten Attribut ausgeprägt sind [MEYERS und KUNERT, 2006; DERNDORFER, 2006].

3.3.2. Paarweise Vergleichsprüfung

Die paarweise Vergleichsprüfung gehört zur Gruppe der attributbezogenen Unterschiedsprüfungen. Durch eine konkrete Fragestellung, wie jene nach der Güte (allgemeine Fragestellung) oder nach der Beliebtheit (Beliebtheitsfragestellung), wird ein spezifischer Unterschied zwischen zwei verschiedenen Produkten festgestellt. Dieser Test wird sowohl für analytische als auch für hedonische Zwecke herangezogen.

Diese Methode findet auch Anwendung bei kleinen Produktunterschieden, ist einfach zu verstehen und kann daher auch mit einem ungeschulten Panel durchgeführt werden [BUSCH-STOCKFISCH, 2006].

Das Ziel der paarweisen Vergleichsprüfung im Rahmen dieser Arbeit war, die Präferenzen für einen bestimmten Kaffee festzustellen. Deswegen lautete die Fragestellung an die PanellistInnen: *Welche Probe bevorzugen Sie?* Als Probenmaterial wurden in zwei separaten Durchgängen jeweils die Kaffeesorten *Santos* (Arabica) und *Uganda* (Robusta), zubereitet mit der Filter-Methode, getestet. Im ersten Durchgang ohne Milch, im zweiten mit Zugabe von 30 ml pro 100 ml Kaffee. Diese Zugabe entspricht jener Milchmenge, die die totale antioxidative Kapazität dieser beiden Sorten gerade signifikant ($p < 0,001$) senkt. Die Proben wurden mit einer dreistelligen Zufallszahl verschlüsselt, randomisiert und in gleicher Weise dem Panel ($n=40$) präsentiert. Die Neutralisation des Mundes erfolgte mit Leitungswasser.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1. Die totale antioxidative Kapazität (TAC) von Kaffee mit und ohne Milch

4.1.1. Espresso-Zubereitung

4.1.1.1. *Sidamo*-Kaffee (Arabica)

Die äthiopische Kaffeesorte *Sidamo*, zubereitet als Espresso, besaß unter den Arabica-Sorten das höchste antioxidative Potenzial. Zwischen der puren Kaffeezubereitung und jenen mit bis zu einer Zugabe von 20 ml Milch pro 100 ml Kaffee wurden keine signifikanten Unterschiede beobachtet. Eine signifikante Senkung der TAC-Werte im Vergleich zur Ausgangsprobe konnte erst bei einer Milchezugabe von 30 ml pro 100 ml Kaffee ($p=0,000$) beobachtet werden. Der Unterschied zwischen dieser Probe und jener mit 100 ml Milchezugabe erwies sich ebenfalls als höchst signifikant ($p=0,000$), (Abb.4.1).

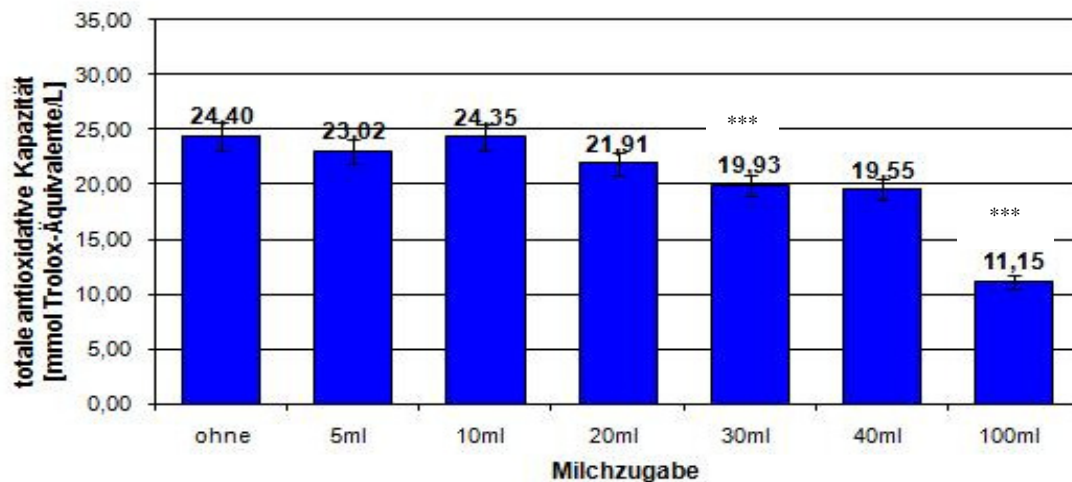


Abb.4.1: Die totale antioxidative Kapazität von äthiopischem *Sidamo*-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.

***	p < 0,001
***	Sidamo mit 30 ml Milch < Sidamo ohne Milch (p = 0,000)
***	Sidamo mit 100 ml Milch < Sidamo mit 30 ml Milch (p = 0,000)

4.1.1.2. Santos-Kaffee (Arabica)

Der brasilianische Arabica-Kaffee *Santos* zeigte schon bei einer Milchezugabe von 10 ml pro 100 ml Kaffee eine signifikante ($p=0,000$) Senkung der antioxidativen Aktivität im Vergleich zu purem Kaffee. Signifikante Unterschiede in der antioxidativen Kapazität konnten weiters zwischen den Zubereitungen mit 10 ml und 30 ml Milchezugabe pro 100 ml Kaffee ($p=0,000$) sowie zwischen der Zugabe von 30 ml und 100 ml Milch festgestellt werden ($p=0,000$), (Abb.4.2).

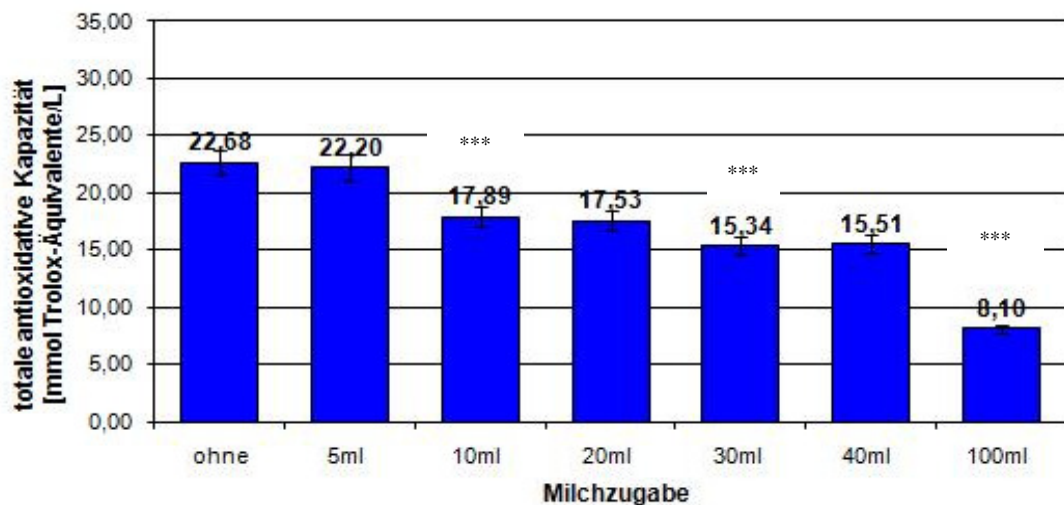


Abb.4.2: Die totale antioxidative Kapazität von brasilianischem *Santos*-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.

***	p < 0,001
***	Santos mit 10 ml Milch < Santos ohne Milch (p =0,000)
***	Santos mit 30 ml Milch < Santos mit 10 ml Milch (p =0,000)
***	Santos mit 100 ml Milch < Santos mit 30 ml Milch (p =0,000)

4.1.1.3. Kalossi-Kaffee (Arabica)

Bei der indonesischen Arabica-Sorte *Kalossi*, zubereitet als Espresso konnte eine erste signifikante ($p=0,009$) Senkung der TAC-Werte ausgehend von purem Kaffee bei einer Milchezugabe von 30 ml beobachtet werden. Bei einer Milchezugabe von 40 ml war die Senkung im Vergleich zur Probe ohne Milch höchst signifikant ($p=0,000$). Signifikante Unterschiede konnten auch zwischen Espresso mit 30 ml und 40 ml Milch pro 100 ml Kaffeegetränk ($p=0,039$) sowie zwischen 40 ml und 100 ml Milchezugabe ($p=0,000$) beobachtet werden. Als

signifikant ergaben sich auch Unterschiede zwischen der Probe mit 5 ml und 10 ml Milch ($p=0,007$) sowie 5 ml und 30 ml ($p=0,000$), (Abb.4.3).

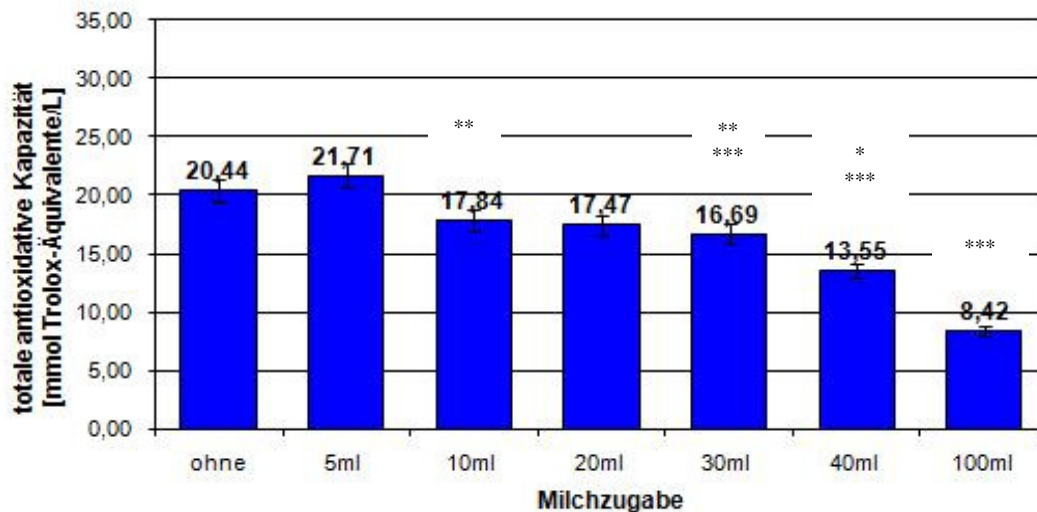


Abb.4.3: Die totale antioxidative Kapazität von indonesischem *Kalossi*-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.

*	$p < 0,05$
**	$p < 0,01$
***	$p < 0,001$
**	Kalossi mit 30 ml Milch < Kalossi ohne Milch ($p = 0,009$)
***	Kalossi mit 40 ml Milch < Kalossi ohne Milch ($p = 0,000$)
*	Kalossi mit 40 ml Milch < Kalossi mit 30 ml Milch ($p = 0,039$)
***	Kalossi mit 100 ml Milch < Kalossi mit 40 ml Milch ($p = 0,000$)
**	Kalossi mit 10 ml Milch < Kalossi mit 5 ml Milch ($p = 0,007$)
***	Kalossi mit 30 ml Milch < Kalossi mit 5 ml Milch ($p = 0,000$)

4.1.1.4. Vietnam-Kaffee (Robusta)

Die antioxidative Kapazität der vietnamesischen Robusta-Sorte sank im Vergleich zu purem Kaffee signifikant ($p=0,000$) bei einer Milchzugabe von 30 ml pro 100 ml Espresso. Weitere wesentliche Unterschiede wurden zwischen einem Espresso mit 30 ml und 40 ml Milch gefunden ($p=0,015$), sowie zwischen Kaffee mit einer Zugabe von 30 ml und 100 ml Milch ($p=0,000$). Ebenso wurde festgestellt, dass die Kaffeezubereitung mit 10 ml Milch signifikant höhere Ergebnisse lieferte als jene mit 20 ml Milch ($p=0,000$). Zugleich konnten signifikante Abweichungen zwischen Vietnam-Kaffee mit 20 ml und 30 ml Milch beobachtet werden ($p=0,000$), (Abb.4.4).

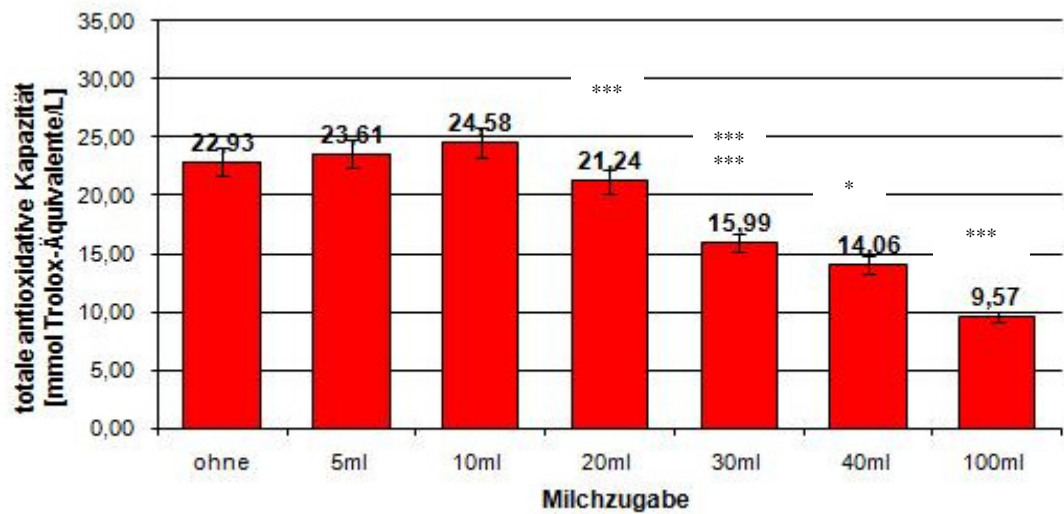


Abb.4.4: Die totale antioxidative Kapazität der Robusta-Sorte aus *Vietnam* mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.

*	p < 0,05
***	p < 0,001
***	Vietnam mit 30 ml Milch < Vietnam ohne Milch (p = 0,000)
*	Vietnam mit 40 ml Milch < Vietnam mit 30 ml Milch (p = 0,015)
***	Vietnam mit 100 ml Milch < Vietnam mit 30 ml Milch (p = 0,000)
***	Vietnam mit 20 ml Milch < Vietnam mit 10 ml Milch (p = 0,000)
***	Vietnam mit 30 ml Milch < Vietnam mit 20 ml Milch (p = 0,000)

4.1.1.5. *Uganda*-Kaffee (Robusta)

Bei *Uganda*, der Robusta-Sorte mit der höchsten antioxidativen Wirkung der Espressozubereitungen unter allen untersuchten Kaffeesorten, konnten vier signifikante Senkungen festgestellt werden. Ein höchst signifikanter ($p=0,000$) Unterschied wurde zwischen dem reinen Getränk und jenem mit 10 ml Milchzugabe beobachtet. Weitere signifikante Unterschiede wurden zwischen den Kaffeezubereitungen mit 10 ml und 30 ml Milch ($p=0,000$), mit 30 ml und 40 ml ($p=0,000$) sowie zwischen den Kaffees mit 40 und 100 ml Milchzugabe ($p=0,000$) gefunden (Abb.4.5).

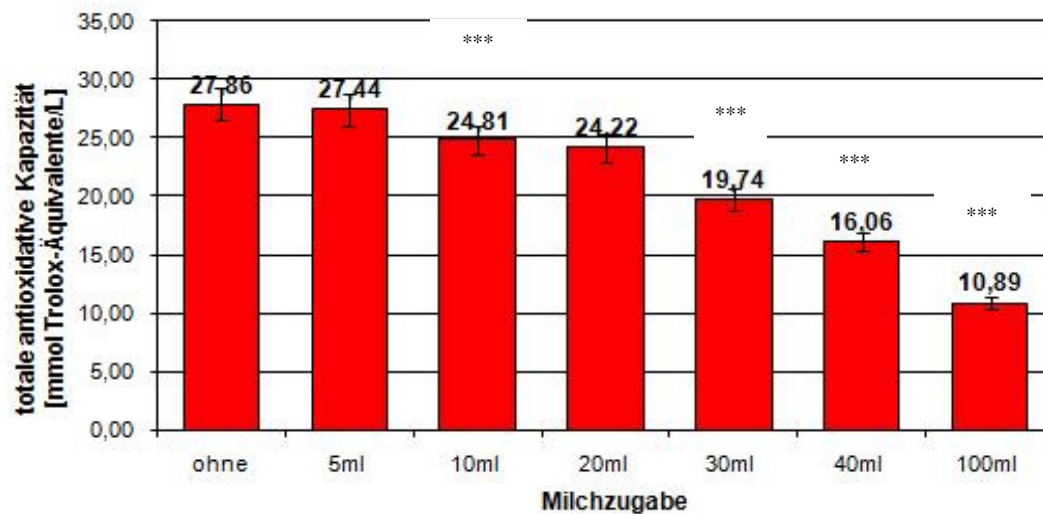


Abb.4.5: Die totale antioxidative Kapazität von der Robusta-Sorte aus *Uganda* mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.

***	p < 0,001
***	Uganda mit 10 ml Milch < Uganda ohne Milch (p = 0,000)
***	Uganda mit 30 ml Milch < Uganda mit 10 ml Milch (p = 0,000)
***	Uganda mit 40 ml Milch < Uganda mit 30 ml Milch (p = 0,000)
***	Uganda mit 100 ml Milch < Uganda mit 40 ml Milch (p = 0,000)

4.1.1.6. Madagaskar-Kaffee (Robusta)

Robusta-Kaffee aus *Madagaskar* zeigte bereits bei einer Milchzugabe von 5 ml Kaffee pro 100 ml Espresso eine höchst signifikante ($p = 0,000$) Senkung der TAC-Werte im Vergleich zum Kaffeegetränk ohne Milch. Weitere signifikante Senkungen waren zwischen den Zubereitungen mit 30 ml und 40 ml Milch ($p=0,02$) pro 100 ml Kaffee sowie jenen mit 40 ml und 100 ml ($p=0,000$) zu finden. Außerdem erwies sich die antioxidative Wirkung des Kaffeegetränks mit 30 ml als signifikant niedriger als jene des Espressos mit 5 ml Milch ($p=0,000$). Eine Ausnahme stellte die Kaffee-Probe mit 20 ml Milchzugabe dar, in der die TAC-Werte höher waren als bei der Milchzugabe von 5 ml und 10 ml. Da allerdings zwischen der Probe mit 5 ml, 10 ml und 20 ml Milchzugabe pro 100 ml Kaffee keine signifikanten Unterschiede im antioxidativen Potential festgestellt werden konnten, hat der erhöhte Wert eine geringere Bedeutung für die Interpretation der Ergebnisse (Abb.4.6).

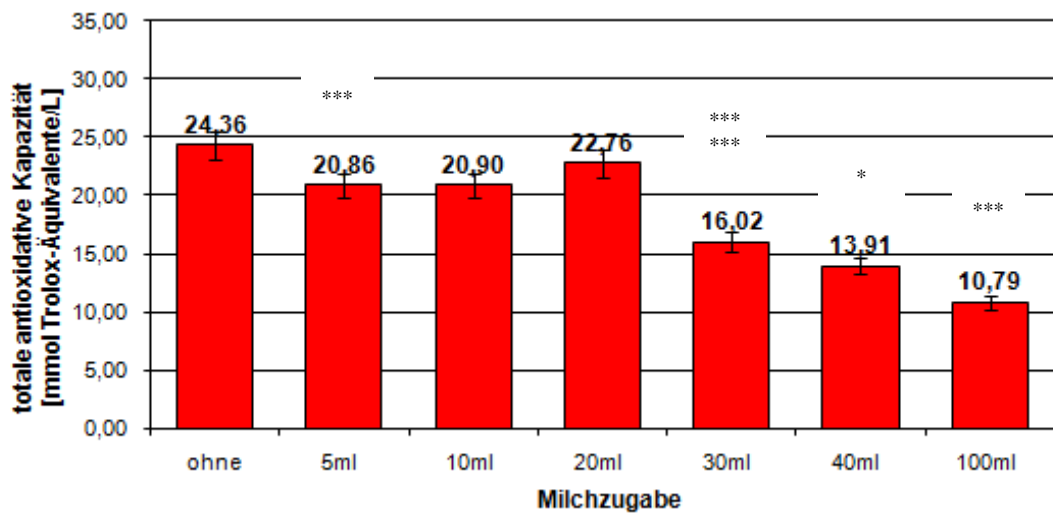


Abb.4.6: Die totale antioxidative Kapazität von Robusta-Kaffee aus *Madagaskar* mit und ohne Milch, zubereitet mit der Espresso-Methode.

*	p < 0,05
***	p < 0,001
***	Madagaskar mit 5 ml Milch < Madagaskar ohne Milch (p = 0,000)
***	Madagaskar mit 30 ml Milch < Madagaskar mit 5 ml Milch (p = 0,000)
***	Madagaskar mit 30 ml Milch < Madagaskar mit 20 ml Milch (p = 0,000)
*	Madagaskar mit 40 ml Milch < Madagaskar mit 30 ml Milch (p = 0,02)
***	Madagaskar mit 100 ml Milch < Madagaskar mit 40 ml Milch (p = 0,000)

4.1.1.7. Vergleich der TAC-Werte der Arabica-Sorten

Der Vergleich der Arabica-Sorten, die als Espresso-Zubereitung analysiert wurden, zeigte, dass der äthiopische *Sidamo*-Kaffee im Gegensatz zu den beiden anderen untersuchten Kaffeesorten ein stärkeres totales antioxidatives Potential aufwies. Bei allen Proben ist jedoch zu erkennen, dass die TAC-Werte erst bei der Zugabe von 30 ml bzw. 40 ml Milch pro 100 ml Kaffee im Mittel eine höchst signifikante Senkung ($p=0,000$) um 23 % (Bereich: 18% bis 32%; 30 ml Milchzugabe) bzw. 28 % (Bereich: 20 % bis 34 %; 40 ml Milchzugabe) im Vergleich zur Ausgangsprobe zeigten. Bei 100 ml Milchzugabe pro 100 ml Espresso wurde das antioxidative Potential im Mittel um 59 % (Bereich: 54 % bis 64 %) signifikant ($p=0,000$) gesenkt (Abb.4.7).

4.1.1.8. Vergleich der TAC-Werte der Robusta-Sorten

An den Mittelwerten der Robusta-Sorten konnte man ablesen, dass *Uganda*-Kaffee im Vergleich zu den beiden anderen Sorten die höchste totale antioxidative Kapazität aufwies. *Vietnam*- und *Madagaskar*-Kaffee zeigten ähnliche Anfangswerte und viele Unregelmäßigkeiten im Verlauf der TAC-Werte bis zu 10 bis 20 ml Milchzugabe pro 100 ml Kaffee. Bei allen untersuchten Robusta-Sorten war jedoch im Mittel eine eindeutige signifikante ($p=0,000$) Senkung des antioxidativen Potentials um 31 % (Bereich: 29 % bis 34%; 30 ml Milchzugabe) bis 58 % (Bereich: 56 % bis 61 %; 100 ml Milchzugabe) nach einer Zugabe von 30 bis 100 ml Milch pro 100 ml Kaffeegetränk im Vergleich zum puren Getränk zu erkennen (Abb.4.8).

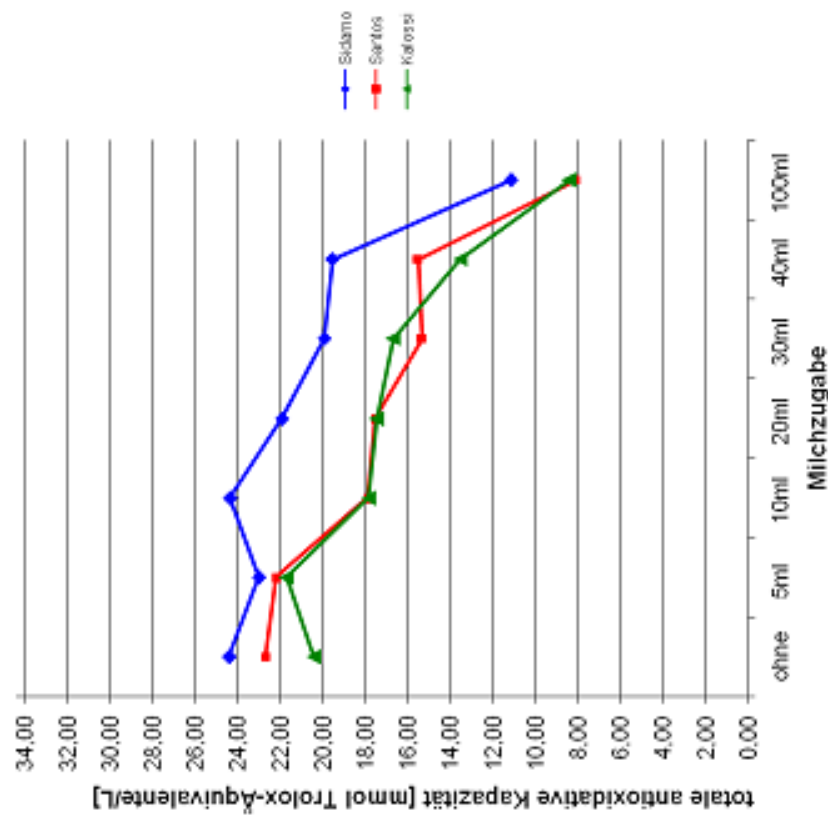


Abb.4.7: Die totale antioxidative Kapazität der untersuchten Arabica-Sorten mit und ohne Milchzugabe, zubereitet mit der Espresso-Methode.

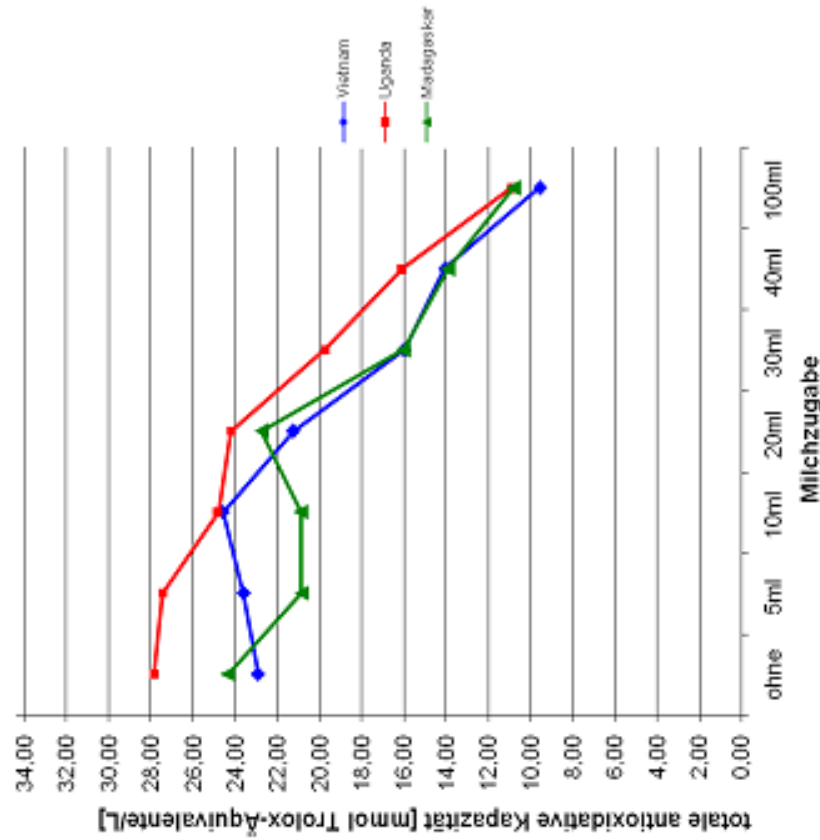


Abb.4.8: Die totale antioxidative Kapazität der untersuchten Robusta-Sorten mit und ohne Milchzugabe, zubereitet mit der Espresso-Methode.

4.1.1.9. Sorten-Vergleich (Arabica vs. Robusta)

Bei der Betrachtung der Mittelwerte aller untersuchter Arabica- und Robusta-Kaffeesorten, welche als Espressozubereitung analysiert wurden, konnte festgestellt werden, dass Robusta-Kaffee im Allgemeinen eine höhere antioxidative Wirkung aufwies als Arabica, die abhängig von der Milchzugabe (5 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml, 100 ml) zwischen 7 % (5 ml Milch) und 17 % (20ml Milch) betrug.

Erhebliche Unterschiede zwischen den mittleren Werten der Hochland-Sorten (*Sidamo, Santos, Kalossi*) und jenen aus tiefer gelegenen Gebieten (*Vietnam, Uganda, Madagaskar*) konnten bei den Zubereitungen ohne Milch ($p=0,007$), mit 10 ml Milchzugabe ($p=0,009$) sowie 20 ml Milch pro 100 ml Kaffee ($p=0,000$) gefunden werden. Ein weiterer signifikanter ($p=0,026$) Unterschied konnte zwischen den beiden Getränken mit 100 ml Milch pro 100 ml Kaffee beobachtet werden (Abb.4.9).

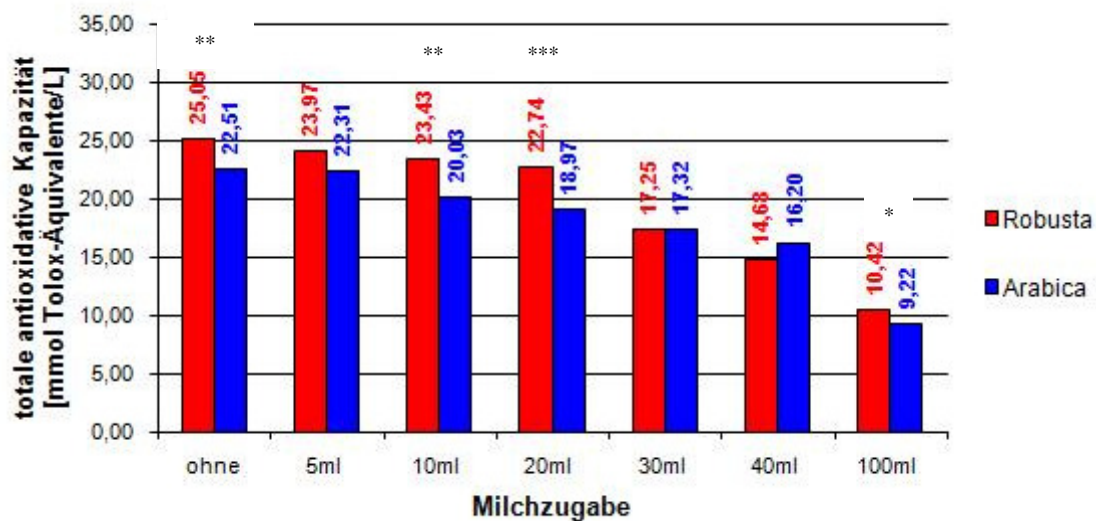


Abb.4.9: Vergleich der mittleren TAC-Werte der der Espresso-Zubereitungen von Arabica- und Robusta-Kaffeesorten.

*	$p < 0,05$
**	$p < 0,01$
***	$p < 0,001$
**	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso ohne Milch ($p = 0,007$)
**	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso mit 10 ml Milch ($p = 0,009$)
***	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso mit 20 ml Milch ($p = 0,000$)
*	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso mit 100 ml Milch ($p = 0,026$)

4.1.2. Filter-Zubereitung

4.1.2.1. Sidamo-Kaffee (Arabica)

Die Ergebnisse der äthiopischen Kaffeesorte *Sidamo* zeigen erst bei der Zugabe von 100 ml Milch zu 100 ml Kaffee eine signifikante ($p=0,000$) Senkung der TAC-Werte im Vergleich zur puren Kaffeezubereitung. Signifikante Unterschiede der TAC-Werte konnten außerdem zwischen Filterkaffee mit 5 ml und 30 ml Milch pro 100 ml Kaffee festgestellt werden ($p=0,001$), zwischen 5 ml und 100 ml ($p=0,000$) sowie zwischen den Getränken mit 30 ml und 100 ml Milchzugabe ($p=0,000$); (Abb.4.10).

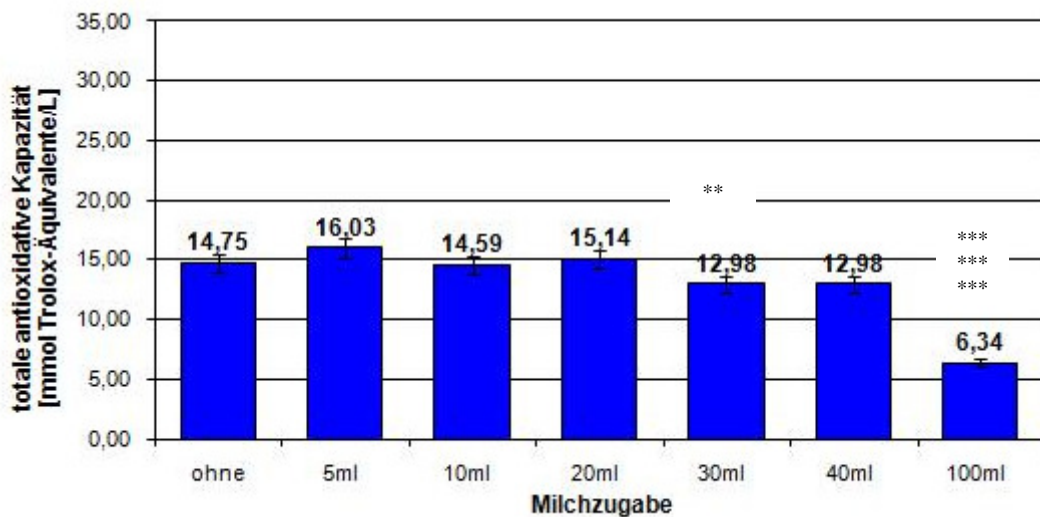


Abb.4.10: Die totale antioxidative Kapazität von äthiopischem *Sidamo*-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode.

**	$p < 0,01$
***	$p < 0,001$
***	Sidamo mit 100 ml Milch < Sidamo ohne Milch ($p = 0,000$)
**	Sidamo mit 30 ml Milch < Sidamo mit 5 ml Milch ($p = 0,001$)
***	Sidamo mit 100 ml Milch < Sidamo mit 5 ml Milch ($p = 0,000$)
***	Sidamo mit 100 ml Milch < Sidamo mit 30 ml Milch ($p = 0,000$)

4.1.2.2. Santos-Kaffee (Arabica)

Bei der brasilianischen Arabica-Sorte *Santos* konnten signifikante Unterschiede im antioxidativen Potential nach der Milchezugabe von 30 ml ($p=0,004$) und 40 ml ($p=0,000$) zu 100 ml Kaffee im Vergleich zum reinen Getränk beobachtet werden. Weiters wiesen die Filterkaffees mit einer Milchezugabe von 5 ml und 30 ml pro 100 ml Kaffee eine signifikant höhere antioxidative Aktivität auf als mit 40 ml ($p=0,000$, $p=0,000$) und die Zubereitung mit 40 ml Milch zeigte eine signifikant ($p=0,001$) höhere totale antioxidative Kapazität als jene mit 100 ml Milch (Abb.4.11).

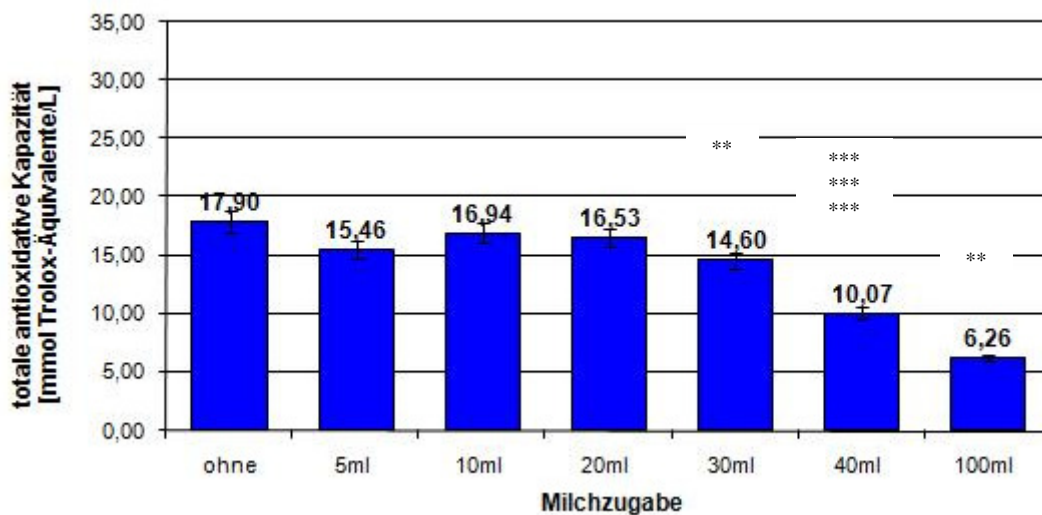


Abb.4.11: Die totale antioxidative Kapazität von brasilianischem *Santos*-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode.

**	$p < 0,01$
***	$p < 0,001$
**	Santos mit 30 ml Milch < Santos ohne Milch ($p = 0,004$)
***	Santos mit 40 ml Milch < Santos ohne Milch ($p = 0,000$)
***	Santos mit 40 ml Milch < Santos mit 5 ml Milch ($p = 0,000$)
***	Santos mit 40 ml Milch < Santos mit 30 ml Milch ($p = 0,000$)
**	Santos mit 100 ml Milch < Santos mit 40 ml Milch ($p = 0,001$)

4.1.2.3. Kalossi-Kaffee (Arabica)

Kalossi-Kaffee aus Indonesien zeigte bereits signifikante ($p=0,000$) Unterschiede zwischen Filterkaffee ohne Milch und jenem mit 5 ml Milchezugabe pro 100 ml Kaffee. Folglich erwiesen sich auch die Filter-Zubereitungen mit

10 ml ($p=0,000$) und 20 ml ($p=0,000$) Milchzugabe pro 100 ml Kaffee als signifikant niedriger im Vergleich zur Ausgangsprobe. Zwischen der Zubereitung mit 5 ml und jener mit 30 ml Milch pro 100 ml Kaffee ($p=0,002$) sowie mit 100 ml Milch ($p=0,000$) konnten signifikante Senkungen der antioxidativen Wirkung beobachtet werden. Als statistisch signifikant ($p = 0,000$) erwies sich auch der Unterschied zwischen den TAC-Werten von 100 ml *Kalossi*-Kaffee mit 30 ml und 100 ml Milch (Abb.4.12).

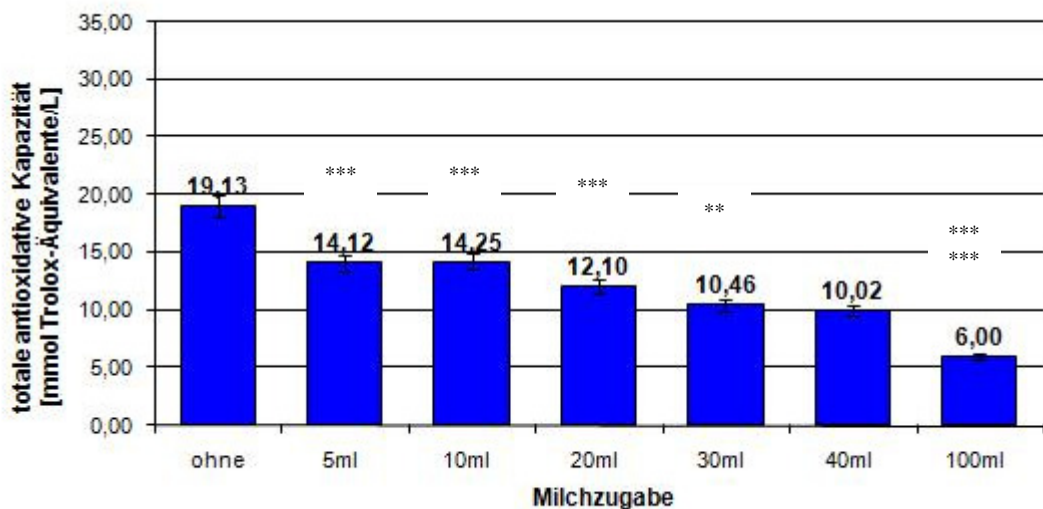


Abb.4.12: Die totale antioxidative Kapazität von indonesischem *Kalossi*-Kaffee (Arabica) mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode.

**	$p < 0,01$
***	$p < 0,001$
***	Kalossi mit 5 ml Milch < Kalossi ohne Milch ($p = 0,000$)
***	Kalossi mit 10 ml Milch < Kalossi ohne Milch ($p = 0,000$)
***	Kalossi mit 20 ml Milch < Kalossi ohne Milch ($p = 0,000$)
**	Kalossi mit 30 ml Milch < Kalossi mit 5 ml Milch ($p = 0,002$)
***	Kalossi mit 100 ml Milch < Kalossi mit 5 ml Milch ($p = 0,000$)
***	Kalossi mit 100 ml Milch < Kalossi mit 30 ml Milch ($p = 0,000$)

4.1.2.4. Vietnam-Kaffee (Robusta)

Vietnam, die Robusta-Sorte mit der höchsten antioxidativen Wirkung aller Filterzubereitungen, wies signifikante Senkungen der TAC-Werte bereits bei den niedrigen Milchzugaben von 5 ml ($p=0,000$) sowie von 10 ml ($p=0,023$) pro 100 ml Kaffee im Vergleich zum reinen Getränk auf. Bei weiterer Betrachtung der Ergebnisse konnten außerdem signifikante Unterschiede zwischen dem Getränk mit 5 ml und 20 ml pro 100 ml Kaffee ($p=0,027$), 5 ml und 40 ml pro

100 ml Kaffee ($p=0,001$) sowie 5 ml und 100 ml Milch pro 100 ml Kaffee ($p=0,000$) beobachtet werden. Ebenfalls zeigte sich eine höchst signifikante ($p=0,000$) Senkung der TAC-Werte zwischen *Vietnam*-Kaffee mit 10 ml und 30 ml Milch pro 100 ml Kaffee, zwischen jenem mit 20 ml und 30 ml Milch pro 100 ml Kaffee ($p=0,000$) sowie zwischen den Filterzubereitungen mit 30 ml und 100 ml Milchzugabe pro 100 ml Kaffee ($p=0,000$); (Abb.4.13).

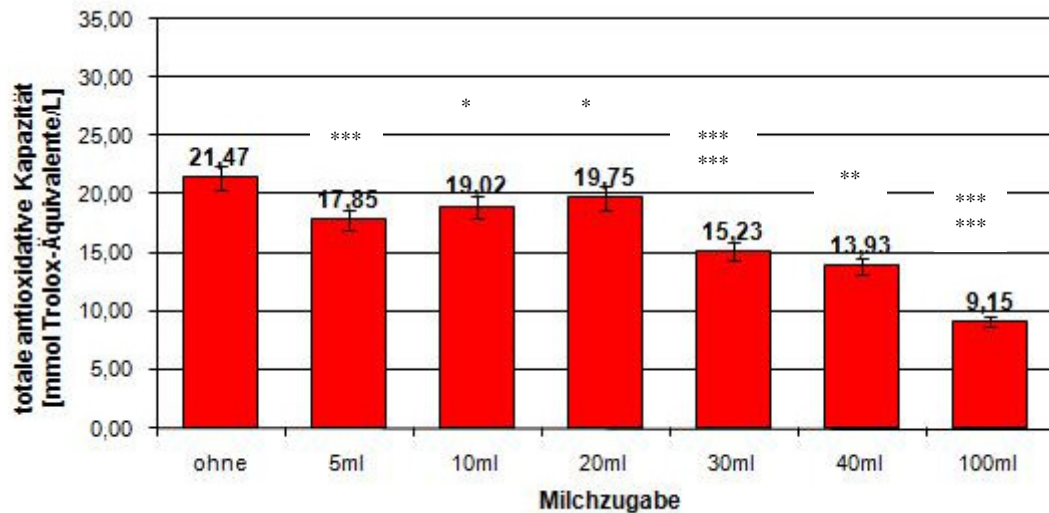


Abb.4.13: Die totale antioxidative Kapazität der Robusta-Sorte *Vietnam* mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode.

*	$p < 0,05$
**	$p < 0,01$
***	$p < 0,001$
***	Vietnam mit 5 ml Milch < Vietnam ohne Milch ($p = 0,000$)
*	Vietnam mit 10 ml Milch < Vietnam ohne Milch ($p = 0,023$)
*	Vietnam mit 20 ml Milch < Vietnam mit 5 ml Milch ($p = 0,027$)
**	Vietnam mit 40 ml Milch < Vietnam mit 5 ml Milch ($p = 0,001$)
***	Vietnam mit 100 ml Milch < Vietnam mit 5 ml Milch ($p = 0,000$)
***	Vietnam mit 30 ml Milch < Vietnam mit 10 ml Milch ($p = 0,000$)
***	Vietnam mit 30 ml Milch < Vietnam mit 20 ml Milch ($p = 0,000$)
***	Vietnam mit 100 ml Milch < Vietnam mit 30 ml Milch ($p = 0,000$)

4.1.2.5. Uganda-Kaffee (Robusta)

Auch bei der Kaffeesorte *Uganda* konnten einige wesentliche Unterschiede zwischen den TAC-Werten durch Milchzugabe festgestellt werden. So ergab die statistische Auswertung, dass die Kaffeezubereitung dieser Robusta-Sorte mit 30 ml Milch pro 100 ml Kaffee eine signifikant ($p=0,000$) niedrigere antioxidative Wirkung aufwies als ohne Milch. Ebenso wurde herausgefunden, dass ein

wesentlicher Unterschied zwischen den Ergebnissen der *Uganda*-Kaffees mit 30 ml und 40 ml Milch pro 100 ml Filteraufguss ($p=0,000$) sowie zwischen jenen mit 40 ml und 100 ml Milchzugabe ($p=0,000$) besteht. Als signifikant zeigten sich auch die Abweichungen zwischen den Filterkaffees mit 5 ml und 10 ml ($p=0,001$) bzw. 5 ml und 20 ml Milch ($p=0,000$) pro 100 ml Getränk (Abb.4.14).

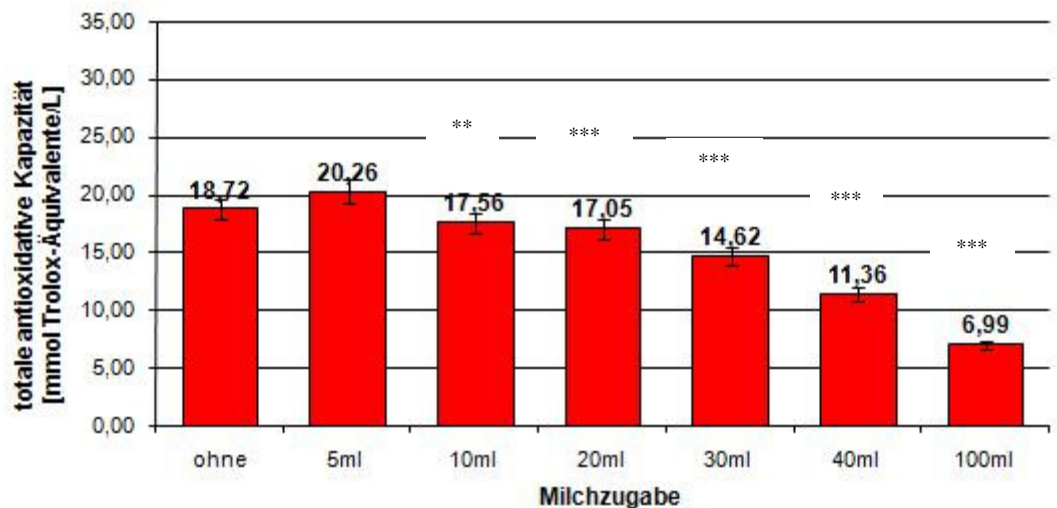


Abb.4.14: Die totale antioxidative Kapazität der Robusta-Sorte aus *Uganda* mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode.

**	$p < 0,01$
***	$p < 0,001$
***	Uganda mit 30 ml Milch < Uganda ohne Milch ($p = 0,000$)
***	Uganda mit 40 ml Milch < Uganda mit 30 ml Milch ($p = 0,000$)
***	Uganda mit 100 ml Milch < Uganda mit 40 ml Milch ($p = 0,000$)
**	Uganda mit 10 ml Milch < Uganda mit 5 ml Milch ($p = 0,001$)
***	Uganda mit 20 ml Milch < Uganda mit 5 ml Milch ($p = 0,000$)

4.1.2.6. *Madagaskar*-Kaffee (Robusta)

Bei dem Robusta-Kaffee aus *Madagaskar* konnten wie bereits bei der Espresso-Zubereitung dieser Sorte große Schwankungen innerhalb der Kaffeeproben festgestellt werden. Signifikante Unterschiede wurden zwischen den *Madagaskar*-Proben mit 5 ml und 20 ml Milchzugabe pro 100 ml Kaffeezubereitung ($p=0,014$), Kaffee mit 20 ml und 30 ml Milch ($p=0,000$) sowie zwischen den Zubereitungen mit 30 ml und 40 ml Milchzugabe ($p=0,007$) beobachtet. Eine deutlich und signifikant ($p=0,000$) niedrigere totale

antioxidative Kapazität als alle anderen untersuchten Proben wies jene mit 100 ml Milch pro 100 ml Kaffee auf (Abb.4.15).

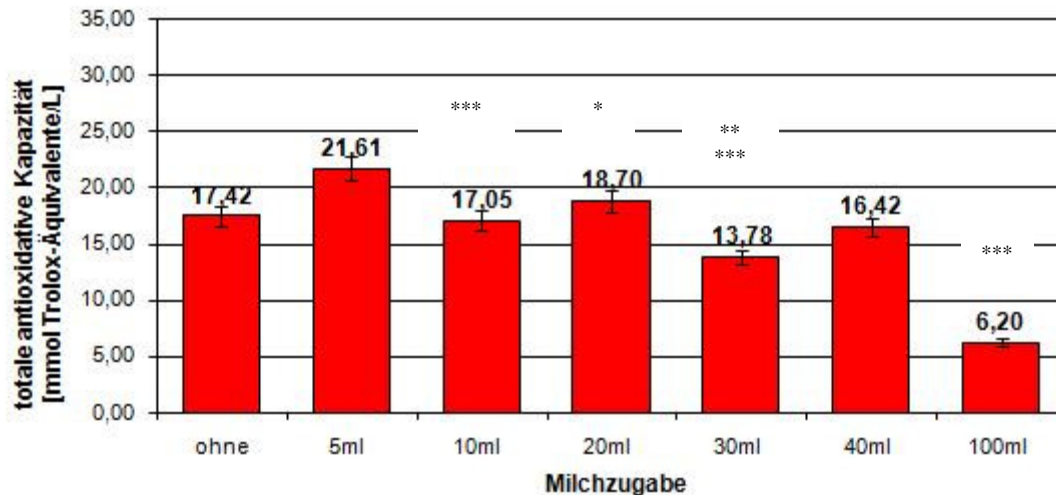


Abb.4.15: Die totale antioxidative Kapazität von Robusta-Kaffee aus *Madagaskar* mit und ohne Milch, zubereitet mit der Filter-Methode.

*	p < 0,05
**	p < 0,01
***	p < 0,001
***	Madagaskar mit 10 ml Milch < Madagaskar mit 5 ml Milch (p = 0,000)
*	Madagaskar mit 20 ml Milch < Madagaskar mit 5 ml Milch (p = 0,014)
***	Madagaskar mit 30 ml Milch < Madagaskar mit 20 ml Milch (p = 0,000)
**	Madagaskar mit 30 ml Milch < Madagaskar mit 40 ml Milch (p = 0,007)
***	Madagaskar mit 100 ml Milch < Madagaskar mit 40 ml Milch (p = 0,000)

4.1.2.7. Vergleich der TAC-Werte der Arabica-Sorten

Bei der Betrachtung der Mittelwerte aller untersuchter Arabica-Sorten, zubereitet mit der Filter-Methode, konnte beobachtet werden, dass die Absenkung der TAC-Werte der Kaffeesorte *Kalossi* bereits bei der Milchzugabe von 5 ml Milch pro 100 ml Kaffee ($p=0,000$) zu finden war, während diese bei den Arabica-Sorten *Sidamo* und *Santos*, erst bei der Zugabe von 30 ml Milch pro 100 ml Kaffee erfolgte. Trotz der Differenzen in den Ausgangs-TAC-Werten und des unterschiedlichen Verlaufs der Senkungskurve des antioxidativen Potentials konnte festgestellt werden, dass nach der Zugabe von 100 ml Milch pro 100 ml Kaffeegetränk das antioxidative Potential der Arabica-Kaffeesorten sehr niedrig und in der Konzentration sehr ähnlich war (6,00–6,34 mmol Trolox-Äquivalente/L). Dabei wurde auch festgestellt, dass die totale antioxidative

Kapazität bei der Milchzugabe von 100 ml im Vergleich zu purem Kaffee im Mittel um 64 % (Bereich: 57 % bis 69 %) gesenkt wurde (Abb.4.16).

4.1.2.8. Vergleich der TAC-Werte der Robusta-Sorten

Wie bei der Espresso-Zubereitung konnte man auch bei den TAC-Werten aller Robusta-Sorten von Filterkaffee erkennen, dass 2 Sorten, *Vietnam* und *Uganda*, ab 20 ml Milchzugabe ähnliche und regelmäßige Senkungen der totalen antioxidativen Kapazität aufwiesen. Der Verlauf der Senkung des antioxidativen Potentials des Kaffees *Madagaskar* war uneinheitlich und es konnten erst bei der Zugabe von 100 ml Milch pro 100 ml Kaffeegetränk ein eindeutiger Abfall der antioxidativen Wirkung im Vergleich zum Kaffee ohne Milch festgestellt werden. Die Senkung der TAC-Werte im Vergleich zu Kaffee ohne Milch betrug bei 100 ml Milchzugabe im Mittel 61 % (Bereich: 57% bis 64 %); (Abb.4.17).

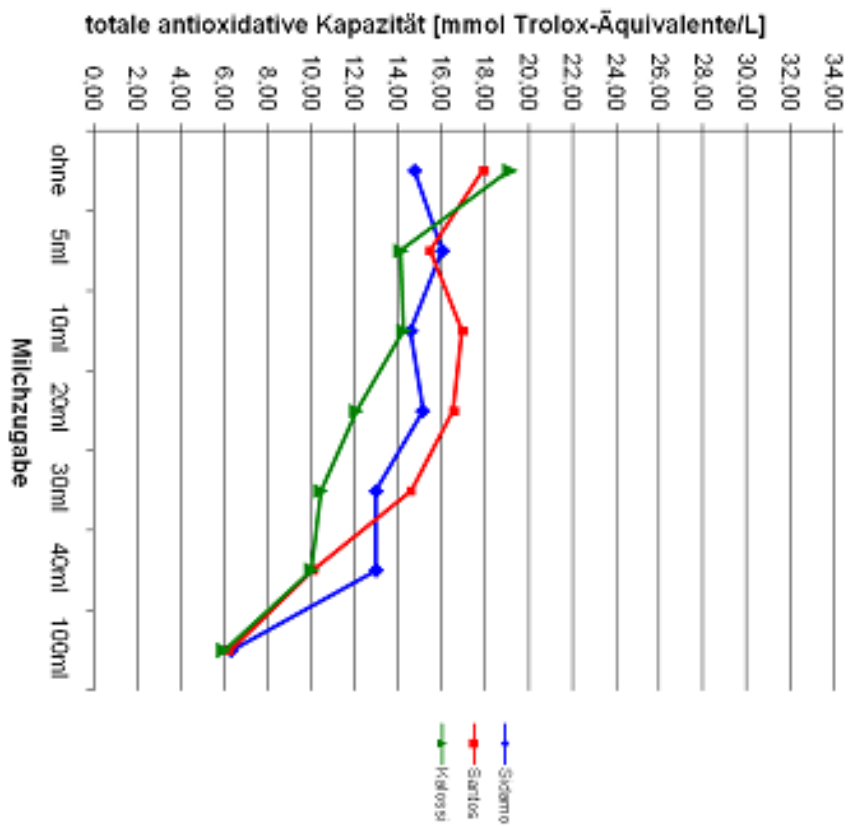


Abb.4.16: Die totale antioxidative Kapazität der untersuchten Arabica-Sorten mit und ohne Milchzugabe, zubereitet mit der Filter-Methode.

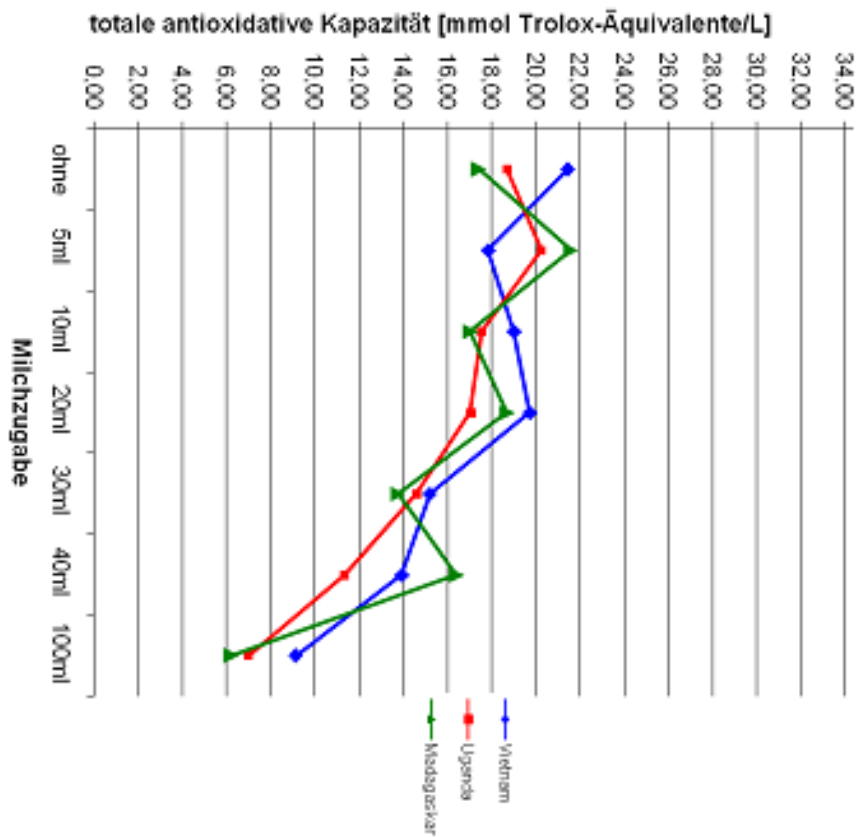


Abb.4.17: Die totale antioxidative Kapazität der untersuchten Robusta-Sorten mit und ohne Milchzugabe, zubereitet mit der Filter-Methode.

4.1.2.9. Sorten-Vergleich (Arabica vs. Robusta)

Bei der Papierfilter-Zubereitung waren - wie bereits zuvor bei Espresso beobachtet - die Mittelwerte des antioxidativen Potentials der Kaffeesorte Arabica zwischen 10 % (ohne Milch) und 24 % (5 ml Milch) niedriger als von Robusta. Als signifikant zeigten sich die Unterschiede von Arabica und Robusta bei den Kaffees ohne Milch ($p=0,03$) und bei allen Proben nach der Milchezugabe ($p=0,000$, $p=0,000$, $p=0,000$, $p=0,008$, $p=0,002$, $p=0,012$). Außerdem war auffällig, dass sich die Unterschiede zwischen den beiden Kaffeesorten verringerten, je höher die Milchezugabe wurde. (Abb.4.18).

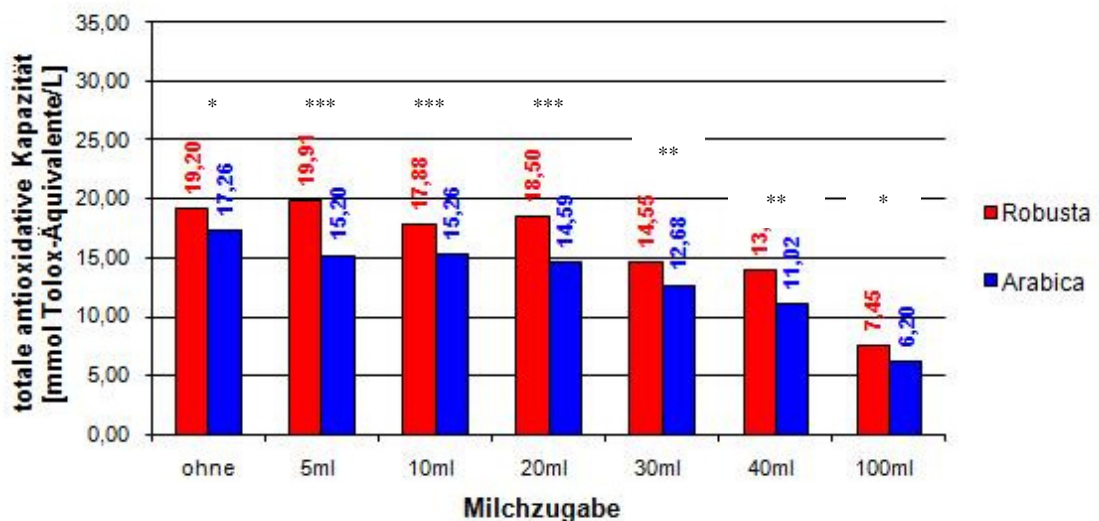


Abb.4.18: Vergleich der mittleren TAC-Werte der Filter-Zubereitungen von Arabica- und Robusta-Kaffeesorten.

*	$p < 0,05$
**	$p < 0,01$
***	$p < 0,001$

*	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso ohne Milch ($p = 0,03$)
***	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso mit 5 ml Milch ($p = 0,000$)
***	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso mit 10 ml Milch ($p = 0,000$)
***	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso mit 20 ml Milch ($p = 0,000$)
**	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso mit 30 ml Milch ($p = 0,008$)
**	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso mit 40 ml Milch ($p = 0,002$)
*	TAC von Robusta > TAC von Arabica bei Espresso mit 100 ml Milch ($p = 0,012$)

4.1.3. Vergleiche zwischen den Zubereitungsarten

4.1.3.1. Arabica-Kaffee

Bei der Betrachtung der Mittelwerte von Arabica-Kaffee als Espresso und als Filterkaffee konnten höchst signifikante ($p=0,000$) Unterschiede zwischen den beiden Zubereitungsarten festgestellt werden. Unabhängig von der zugegebenen Milchmenge wies Espresso im Mittel eine um 28 % (Bereich: 23 % bis 33 %) höhere antioxidative Aktivität auf als Filterkaffee (Abb.4.19).

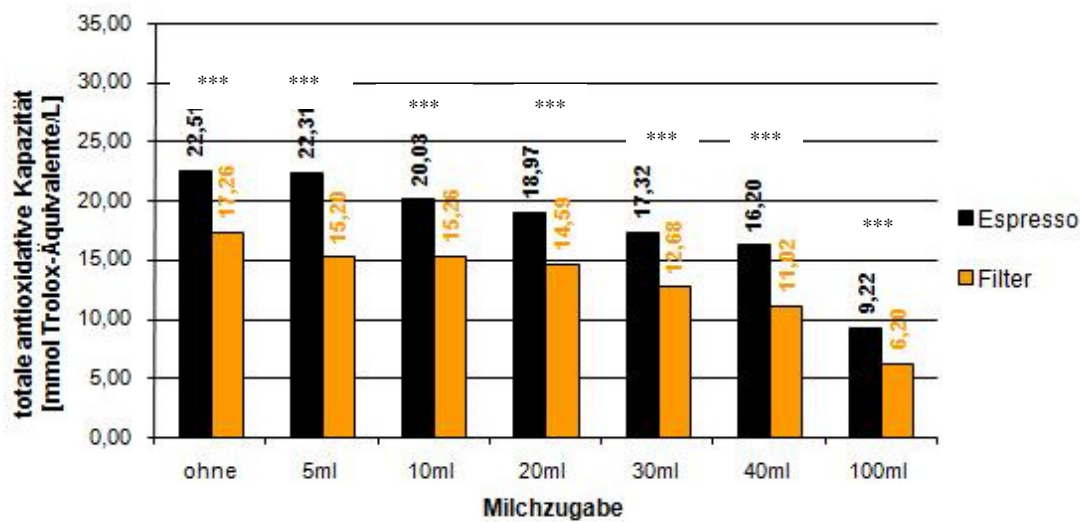


Abb.4.19: Vergleich der mittleren TAC-Werte der Zubereitungsarten Espresso und Filter der Arabica-Sorten mit und ohne Milch.

***	p < 0,001
***	TAC von Espresso ohne Milch > TAC von Filterkaffee ohne Milch
***	TAC von Espresso mit 5 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 5 ml Milch
***	TAC von Espresso mit 10 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 10 ml Milch
***	TAC von Espresso mit 20 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 20 ml Milch
***	TAC von Espresso mit 30 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 30 ml Milch
***	TAC von Espresso mit 40 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 40 ml Milch
***	TAC von Espresso mit 100 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 100 ml Milch

4.1.3.2. Robusta-Kaffee

Wie bereits bei den Arabica-Sorten, waren auch zwischen den Mittelwerten der Espressi und Filterkaffees von Robusta-Sorten wesentliche Unterschiede im antioxidativen Potential erkennbar. Eine Ausnahme stellten die

Kaffeezubereitungen mit 40 ml Milchzugabe pro 100 ml Kaffee dar. Zwischen allen anderen Getränken beider Zubereitungsarten wurden höchst signifikante Unterschiede ($p = 0,000$), unabhängig von der zugegebenen Milchmenge, festgestellt. Bei den Robusta-Sorten erwies sich die antioxidative Wirkung von Espresso im Mittel um 19 % (Bereich: 5 % bis 28 %) höher als jene von Filterkaffee.

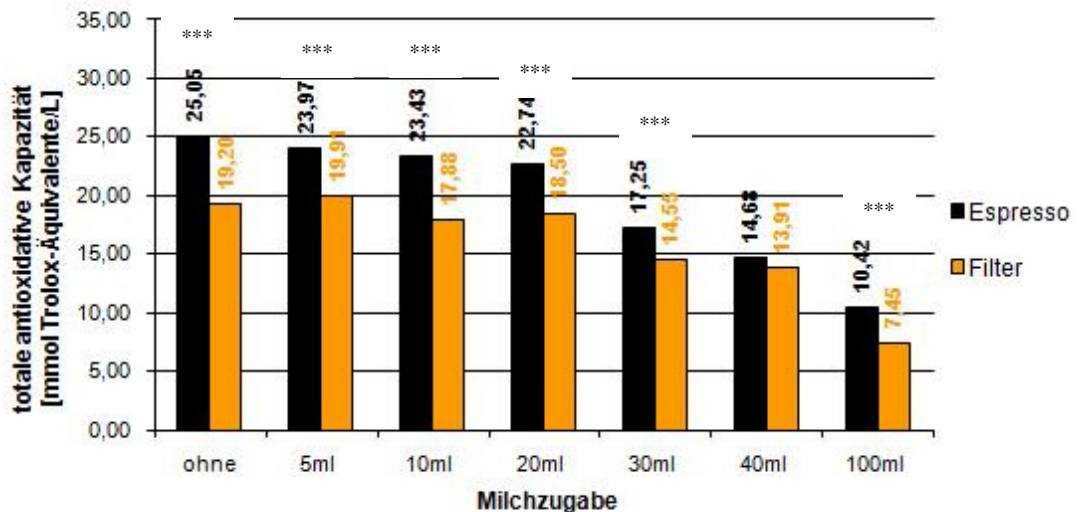


Abb.4.20: Vergleich der mittleren TAC-Werte der Zubereitungsarten Espresso und Filter der Robusta-Sorten mit und ohne Milch.

***	p < 0,001
***	TAC von Espresso ohne Milch > TAC von Filterkaffee ohne Milch
***	TAC von Espresso mit 5 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 5 ml Milch
***	TAC von Espresso mit 10 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 10 ml Milch
***	TAC von Espresso mit 20 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 20 ml Milch
***	TAC von Espresso mit 30 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 30 ml Milch
***	TAC von Espresso mit 100 ml Milch > TAC von Filterkaffee mit 100 ml Milch

4.1.4. Diskussion der laborchemischen Analyse

Die Resultate der Bestimmung der totalen antioxidativen Kapazität im Rahmen der vorliegenden Studie lassen Vergleiche mit jenen von SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al. (2005) (ABTS-, FRAP-Methode) und PARRAS et al. (2007) (ABTS-Methode) zu, welche ebenfalls die antioxidative Wirkung von Espresso und Filterkaffee untersuchten.

Das mittlere (MW) antioxidative Potential von Espresso, das im Rahmen der vorliegenden Arbeit evaluiert wurde betrug 23,46 mmol Trolox-Äquivalente/L (Bereich: 20,44-27,86 mmol Trolox-Äquivalente/L; Tab.i.1,) und erwies sich gegenüber dem der Filterzubereitung (MW: 18,23 mmol Trolox-Äquivalente/L; Bereich: 14,75-21,47 mmol Trolox-Äquivalente/L; Tab.iii.1) als höher; eine Tatsache, die in anderen Studien nicht beobachtet werden konnte. PARRAS et al. (2007) stellten in ihrer Untersuchung ein signifikant ($p < 0,05$) niedrigeres antioxidatives Potential von Espresso als von Filterkaffee bei standardisierter Zubereitung fest. SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al. (2005) berichteten ebenfalls, dass die Filterzubereitung (ABTS-Methode: 97–143 μmol Trolox-Äquivalente/g Trockenmasse, FRAP-Methode: 221-244 μmol Trolox-Äquivalente/g Trockenmasse) eine, wenn auch nicht signifikant, höhere antioxidative Aktivität als Espresso (ABTS-Methode: 73–85 μmol Trolox-Äquivalente/g Trockenmasse, FRAP-Methode: 148-178 μmol Trolox-Äquivalente/g Trockenmasse) aufwies, wobei die mittels der FRAP-Methode gemessenen Werte höher waren als jene, die mit der ABTS-Methode ermittelt wurden. In einer weiteren Untersuchung der totalen antioxidativen Kapazität von Kaffee unter Anwendung der ABTS- und der TRAP- (Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter) Methode konnte mittels ABTS eine ähnlich hohe antioxidative Wirkung wie in der vorliegenden Arbeit festgestellt werden, die abhängig von der Zubereitungsart (Espresso, Italian, Instant) und vom Koffeingehalt zwischen 26,96 und 36,54 mmol Trolox-Äquivalenten/L lag. Die durch die TRAP-Methode erhobenen Werte waren höher und lagen zwischen 45,82 und 66,99 mmol Trolox-Äquivalente/L [PELLEGRINI et al., 2003].

CÄMMERER und KROH (2006) bestimmten ebenfalls das antioxidative Potential (ABTS-Methode) von Filterkaffee, gebrüht aus grünen Bohnen sowie hell, mittel und dunkel gerösteten, wobei die Ergebnisse eine höhere antioxidative Aktivität (0,250-0,419 mmol Trolox-Äquivalente/g Pulver) zeigten als die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ermittelten Werte sowohl für Filter (MW: 0,130 mmol Trolox-Äquivalente/g Pulver, Bereich: 0,105-0,153 mmol Trolox-Äquivalente/g Pulver, Tab.iv.1) als auch für die Espresso-Zubereitung (MW: 0,174 mmol Trolox-Äquivalente/g Pulver, Bereich: 0,146-0,199 mmol Trolox-Äquivalente/g Pulver, Tab.ii.1).

Beim Vergleich des antioxidativen Potentials der im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchten Arabica- und Robusta-Kaffees konnte festgestellt werden, dass sowohl der Robusta-Kaffee ohne Milch als auch der mit Milch unabhängig von der Dosierung signifikant höhere TAC-Werte zeigte als Arabica-Kaffee. Ähnliches wurde in der Studie von RICHELLE et al. (2001), obwohl nur bei grünen Kaffeebohnen, beobachtet. Dabei wies Robusta-Kaffee eine doppelt so hohe antioxidative Wirkung auf wie Arabica-Kaffee. Im gerösteten Zustand zeigten aber die beiden Sorten vergleichbare Werte. PARRAS et al. (2007), die die antioxidative Kapazität von elf Arabica- und drei Robusta-Sorten bestimmten (OH[•] radical- (Hydroxyl Radical Scavenging) Methode), konnten in ihrer Studie ebenfalls keine signifikanten Differenzen zwischen der mittleren antioxidativen Aktivität der beiden Kaffeesorten beobachten.

Da Robusta-Kaffee einen höheren Gehalt an Chlorogensäuren, die einen wesentlichen Einfluss auf die antioxidative Wirkung hat, aufweist als Arabica-Kaffee [KY et al., 2001; ILLY und VIANI, 1998], ist das in der vorliegenden Studie beobachtete höhere antioxidative Potential von Robusta-Kaffee gegenüber dem von Arabica-Kaffee plausibel.

Die in der vorliegenden Arbeit durch die Milchzugabe resultierte beobachtete Abnahme der totalen antioxidativen Kapazität (ABTS-, FRAP-Methode) findet nur in den Analysen von SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al. (2005) eine Bestätigung. Dabei konnte - wie in vorliegender Untersuchung auch - ein Zusammenhang

zwischen der Größe der Senkung und der zugegebenen Milchmenge gefunden werden. Bei einer Zugabe von 100 ml Milch zu 45 ml Kaffee haben die Autoren einen Abfall des antioxidativen Potentials um 95 % beobachtet, der ungleich höher war zu jenem der vorliegenden Untersuchung, welcher im Mittel zwischen 3 % (5 ml Milchzugabe) und 61 % (100 ml Milchzugabe) lag.

Entgegen der vorliegenden Ergebnisse konnte sowohl in der von DUPAS et al. (2006) durchgeführten Untersuchung der totalen antioxidativen Kapazität (AAPH (2,2'-azo-bis-(2methylpropionamide)dihydrochloride)-, TAC-, DPPH-Methode) von Instant-Kaffee mit und ohne Milch, als auch in der Studie von RICHELLE et al. (2001), in der die Bestimmung mittels LDL Oxidation Assay erfolgte, kein Abfall der antioxidativen Wirkung durch Milchzugabe festgestellt werden.

4.2. Sensorische Untersuchungen

4.2.1. Quantitative deskriptive Analyse (QDA) von Arabica-Kaffee (*Santos*) und der Robusta-Kaffee (*Uganda*), zubereitet mit der Filter-Methode

Anhand der quantitativen deskriptiven Analyse (QDA) wurden für die Arabica-Kaffeesorte *Santos* und den Robusta-Kaffee *Uganda*, die zubereitet als Filterkaffee ein ähnliches antioxidatives Potential lieferten, Produktprofile erstellt.

Dabei konnte bei der Beurteilung der Gesamtqualität ein signifikanter ($p=0,000$) Unterschied zwischen dem brasilianischen Arabica-Kaffee *Sanots* (6,8 Pkt.) und dem Robusta-Kaffe aus *Uganda* (4,5 Pkt.) festgestellt werden.

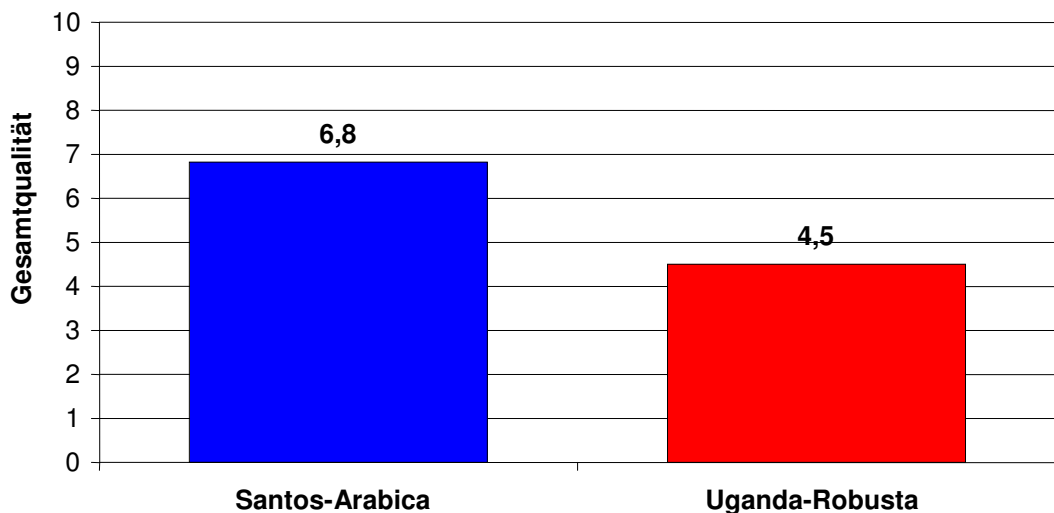


Abb.4.21: Beurteilung der Gesamtqualität von *Santos* (Arabica)- und *Uganda* (Robusta)-Kaffee, zubereitet mit der Filter-Methode.

Dieser Qualitätsunterschied ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Geruchs- und Geschmacksattribute zurückzuführen. So wurden die Eigenschaften verbrannt, holzig und erdig, sowohl im Geruch (5,2 Pkt., 4,4 Pkt., 4,9 Pkt.) als auch im Geschmack (6,1 Pkt., 5,6 Pkt., 5,5 Pkt.) bei *Uganda* als signifikant

intensiver beurteilt als bei der Arabica-Sorte *Santos* (3,1 Pkt., $p=0,008$; 2,5 Pkt., $p=0,009$; 3,3 Pkt., $p=0,036$; 3,4 Pkt., $p=0,001$; 3,1 Pkt., $p=0,000$; 3,5 Pkt., $p=0,004$). Im Gegensatz dazu waren der fruchtige Geruch ($p=0,025$) und Geschmack ($p=0,001$) sowie der süße Geschmack ($p=0,048$), welche typische Eigenschaften von Arabica-Kaffee darstellen, bei *Santos*-Kaffee (3,8 Pkt., 3,6 Pkt., 2,3 Pkt.) signifikant stärker ausgeprägt als bei der Robusta-Kaffeessorte (2,1 Pkt., $p=0,025$; 1,6 Pkt., $p=0,001$; 1,2 Pkt., $p=0,048$);

Die Attribute bitter im Geschmack und Nachgeschmack, welche von den PanellistInnen bei Robusta (6,5 Pkt., 5,4 Pkt.) als intensiver beurteilt wurden als bei Arabica (5,1 Pkt., 4,7 Pkt.), zwischen denen aber keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten, bedingten höchst wahrscheinlich auch das stärker ausgeprägte adstringierende Mundgefühl von *Uganda*-Kaffee (5,6 Pkt.) gegenüber dem von *Santos* (4,6 Pkt.). Die Arabica-Sorte *Santos* wurde hingegen im allgemeinen Geschmack und Geruch (6,2 Pkt., 6,0 Pkt.) als intensiver bewertet, obwohl nicht signifikant, als das Robusta-Getränk (6,0 Pkt., 4,9 Pkt.) (Abb.4.21).

Der verbrannte Geschmack, der in der vorliegenden Untersuchung bei der Robusta-Probe sehr stark ausgeprägt war, wurde auch in den sensorischen Untersuchungen (QDA) von NEBESNY & BUDRYN (2006) als typisches Merkmal für Robusta-Kaffee erkannt. BICCHI et al. (1997) und ESTEBAN-DÍEZ et al. (2004), konnten wiederum einen bittereren Geschmack und ein stärker adstringierendes Mundgefühl von Robusta zeigen, während dem Arabica-Kaffee ein stärker ausgeprägtes Gesamtaroma zugeschrieben wurde.

Auch in der Analyse von COSTA FREITAS & MOSCA (1999), im Rahmen derer unter anderen auch Arabica-Kaffee aus Brasilien und Robusta-Kaffee aus Uganda untersucht wurden, konnte in der Hauptkomponentenanalyse eine klare Trennung zwischen Arabica und Robusta gezeigt werden.

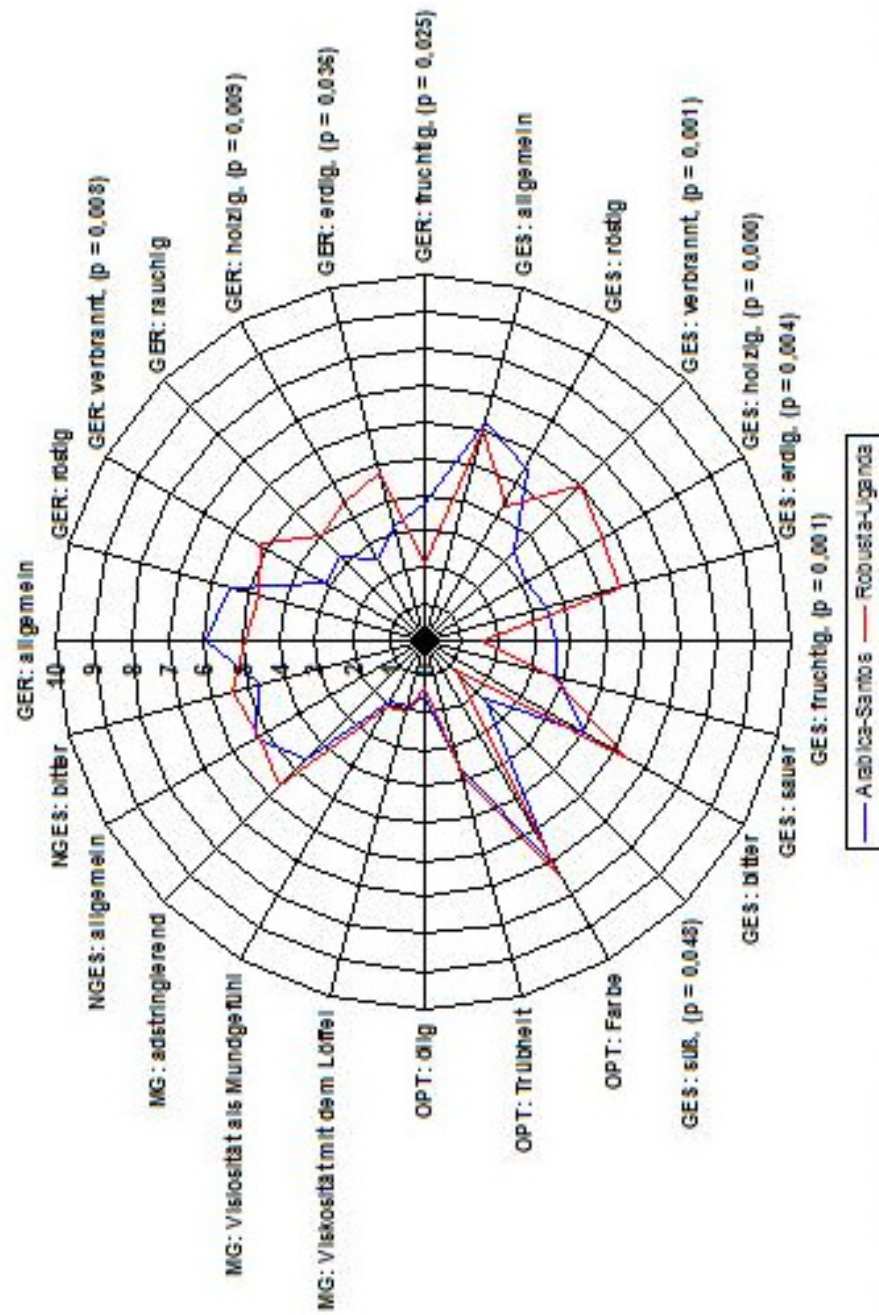


Abb.4.22: Produktprofil der Arabica-Sorte Santos und der Robusta-Sorte Uganda, zubereitet mit der Filter-Methode.

GER	Geruch	MG	Mundgefühl
GES	Geschmack	NGES	Nachgeschmack
OPT	Optik		

Principal Component Analysis (PCA)

Die Hauptkomponentenanalyse der Kaffeesorten *Santos* (Arabica) und *Uganda* (Robusta) fasste die Ergebnisse der durchgeführten Profilanalyse (QDA) anschaulich zusammen und machte die Unterscheidung der beiden Sorten anhand der stärker ausgeprägten Attribute deutlicher.

Die Filterkaffeezubereitung der Arabica-Kaffeesorte *Santos* war stark durch den allgemeinen Nachgeschmack von Kaffee, welcher am stärksten von allen Eigenschaften ausgeprägt war, sowie den fruchtigen Geruch und Geschmack charakterisiert. Außerdem haben die Attribute röstig, sowohl im Geruch als auch im Geschmack, süß und sauer im Geschmack sowie der allgemeine Geruch zum Charakter von *Santos*-Kaffee aus *Brasilien* stärker beigetragen als zu jenem von Robusta-Kaffee.

Uganda, die untersuchte Robusta-Kaffeesorte, war vor allem geprägt durch den erdigen, holzigen, und verbrannten Geruch und Geschmack sowie den rauchigen Geruch. Weitere typische Eigenschaften für Robusta-Kaffee, die auch in der Kaffee-Sorte *Uganda* stärker ausgeprägt waren als im Arabica-Kaffee, waren der bittere Geschmack und Nachgeschmack, welche auch für das ausgeprägte adstringierende Mundgefühl beim Konsum dieses Getränks verantwortlich waren.

Die Gegenüberstellung dieser beiden Kaffeesorten zeigte, dass *Santos*-Kaffee in den typischen Arabica-Eigenschaften fruchtig, süß und sauer stärker ausgeprägt war als der Robusta-Kaffee *Uganda*, in dessen sensorischer Beurteilung die sortentypischen Attribute erdig, holzig, verbrannt sowie bitter und adstringierend als intensiver beurteilt wurden (Abb.4.22).

Die Gegenüberstellung der nach ihrer Intensität beurteilten Attribute durch die PCA lässt Vergleiche mit den Untersuchungen (Free Choice Profiling) von NARAIN et al. (2003) zu, in denen die sensorischen Eigenschaften verschiedener im Handel erhältlicher Kaffeesorten mit einem unterschiedlichen

Verhältnis von Arabica- und Robusta-Kaffee untersucht wurden. Dabei waren jene Sorten, die einen hohen Anteil an Arabica-Bohnen hatten, durch die Attribute süß, sauer und fruchtig im Geschmack geprägt, während Kaffeemischungen, in denen Robusta dominierte, die Eigenschaften bitter im Geschmack und Nachgeschmack und erdig im Geschmack aufwies.

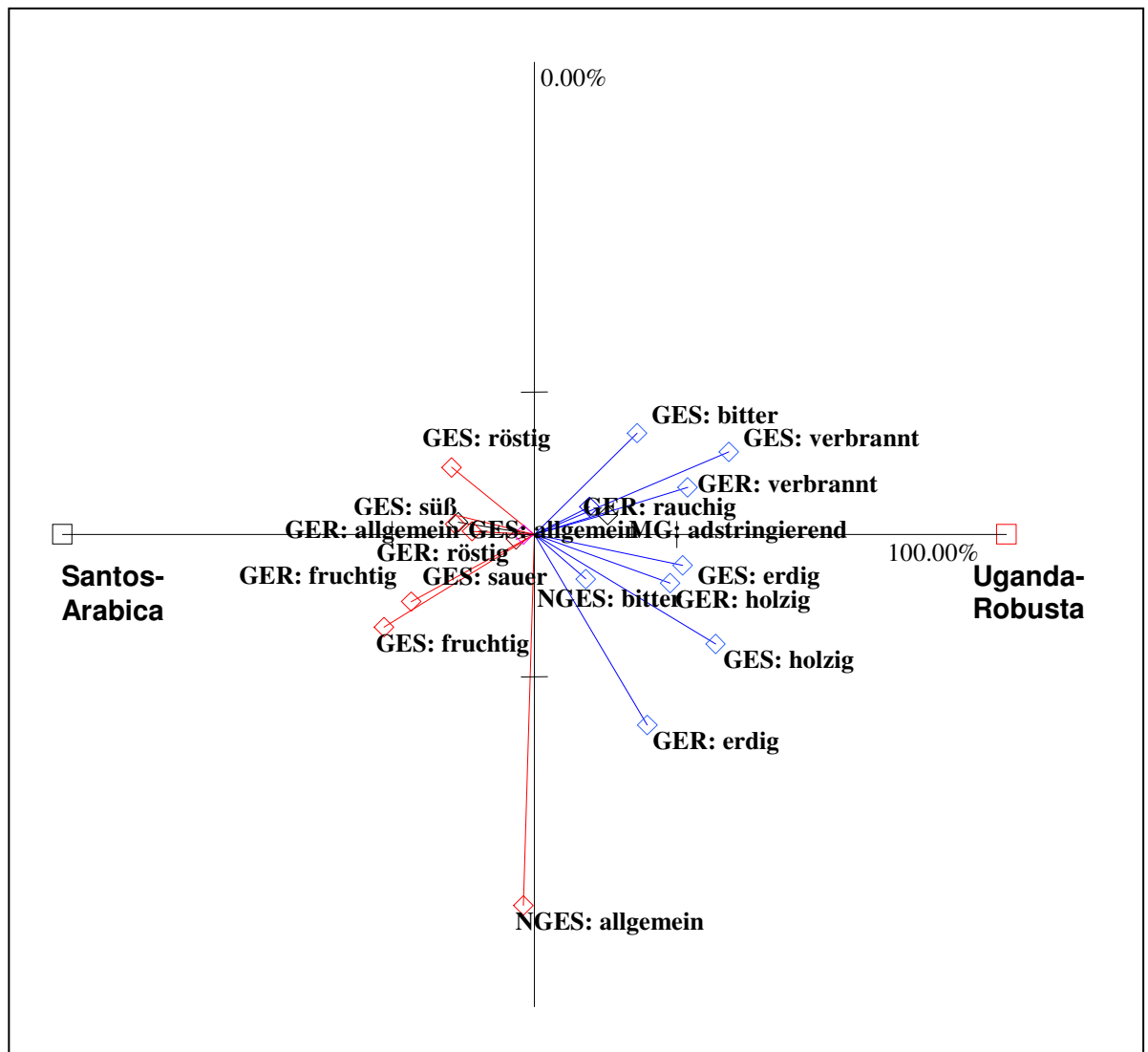


Abb.4.23: Hauptkomponentenanalyse der Arabica-Sorte *Santos* und der Robusta-Sorte *Uganda*, zubereitet mit der Filter-Methode.

GER	Geruch	MG	Textur und Mundgefühl
GES	Geschmack	NGES	Nachgeschmack

4.2.2. Paarweise Vergleichsprüfung mit Arabica (*Santos*)- und Robusta (*Uganda*)-Kaffee zubereitet mit der Filter-Methode

4.2.2.1. *Santos*- und *Uganda*-Kaffee ohne Milchzugabe

Die Ergebnisse der paarweisen Vergleichsprüfung nach Beliebtheit, in der die Kaffeesorten *Santos* aus Brasilien (Arabica) und *Uganda* (Robusta) gegenübergestellt wurden, zeigten, dass die qualitativ hochwertigere Hochlandsorte *Santos* von den Prüfpersonen bevorzugt wurde und die Bevorzugung signifikant ($p < 0,001$) war. Von den 80 abgegebenen Urteilen, wurden 59 für die Arabica-Sorte *Santos* vergeben und 21 für die Robusta-Sorte *Uganda* (Abb.4.24).

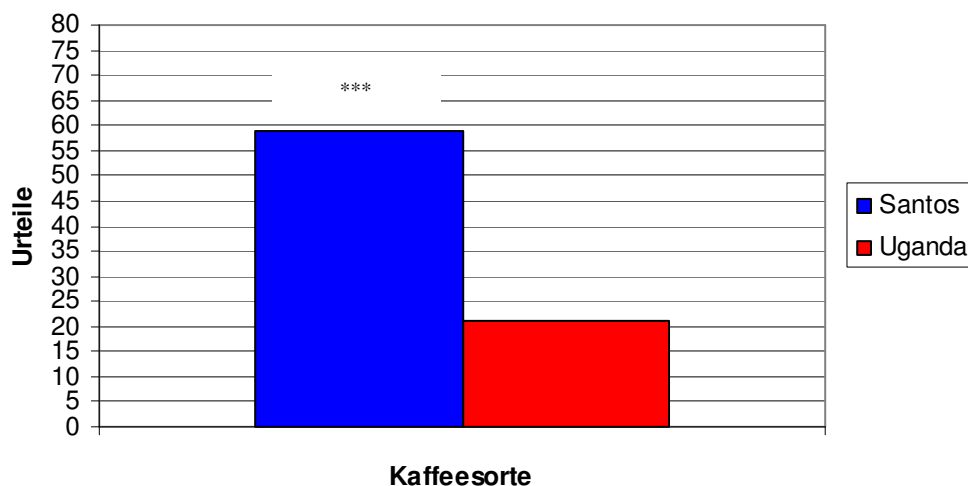


Abb.4.24: Paarweise Vergleichsprüfung der Kaffeesorten *Santos* (Arabica) und *Uganda* (Robusta) zubereitet mit der Filter-Methode, ohne Milchzugabe.

*** | $p < 0,001$

4.2.2.2. *Santos*- und *Uganda*-Kaffee mit Milchzugabe

Der Vergleich der Arabica-Sorte *Santos* und der Robusta-Sorte *Uganda* mit 30 ml Milchzugabe pro 100 ml Kaffee anhand der paarweisen Vergleichsprüfung nach Beliebtheit ergab, dass auch in diesem Durchgang die Arabica-Sorte *Santos* von den PanellistInnen präferiert wurde. Bei diesem Test

erwies sich die Bevorzugung ebenfalls als signifikant ($p < 0,001$). Dabei wurden 63 der insgesamt 80 Urteile für die Kaffeesorte *Santos* vergeben und 17 für die Robusta-Sorte *Uganda* (Abb.4.25).

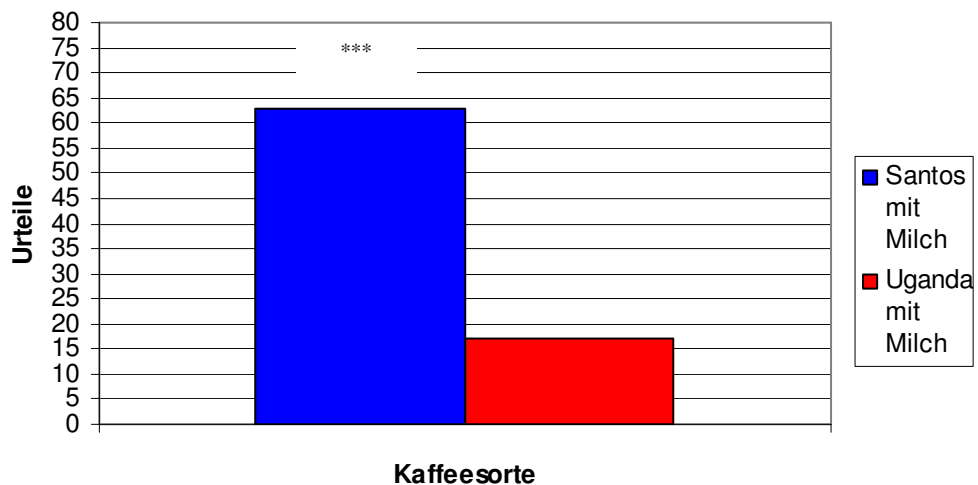


Abb.4.25: Paarweise Vergleichsprüfung der Kaffeesorten *Santos* (Arabica) und *Uganda* (Robusta) zubereitet mit der Filter-Methode, mit Milchezugabe.

| $p < 0,001$

Dieses Ergebnis zeigt deutlich, dass der qualitativ hochwertigere Arabica-Kaffee von den Prüfpersonen bevorzugt wurde und dass die Annahme, dass die Milchezugabe den typischen Kaffeeengeschmack überdeckt, wie von STEINHART & BÜCKING (2000) vor allem anhand der Attribute röstig, fruchtig, kakao-ähnlich und malzig berichtet wurde, und die Konsumenten für Robusta-Sorten stärker zugänglich macht, zumindest bei der geringen Menge von 30 ml Milchezusatz, nicht zutrifft.

5. Schlussbetrachtung

Kaffee, der als zweithäufigstes Handelsgut nach Erdöl gilt, trägt maßgeblich zur Aufnahme von Antioxidantien, welche antikanzerogen und antiinflammatorisch wirken, bei [REIS et al., 2007]. Zahlreiche Studien beschäftigten sich mit dieser Eigenschaft des Kaffees, lieferten aber aufgrund der Untersuchung verschiedener Kaffeesorten, zubereitet auf verschiedene Arten, sehr unterschiedliche Ergebnisse. In der vorliegenden Diplomarbeit wurde versucht, möglichst viele Faktoren, die die antioxidative Wirkung beeinflussen könnten, zu berücksichtigen. Deshalb wurden von jeweils drei Arabica-Sorten (*Sidamo* – Äthiopien, *Santos* – Brasilien, *Kalossi* – Indonesien) und drei Robusta-Sorten (*Vietnam*, *Uganda*, *Madagaskar*), zubereitet mit der Espresso- und der Filter-Methode, ohne Milch und mit Zugabe von 5 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml und 100 ml Milch die totale antioxidative Kapazität photometrisch mittels ABTS-Methode bestimmt. Außerdem wurden die Arabica-Sorte *Santos* sowie die Robusta-Sorte *Uganda* auch auf ihre sensorischen Eigenschaften untersucht.

Bei der Gegenüberstellung der beiden untersuchten Zubereitungsarten wurde bei Espresso (Arabica: 22,51 mmol Trolox-Äquivalente/L; Robusta: 25,05 mmol Trolox-Äquivalente/L) trotz vergleichbarer Mengen an Kaffeepulver und standardisierter Zubereitung eine signifikant ($p < 0,001$) höhere totale antioxidative Kapazität als bei Filterkaffee (Arabica: 17,26 mmol Trolox-Äquivalente/L; Robusta: 19,20 mmol Trolox-Äquivalente/L) festgestellt. Im Gegensatz dazu konnten in der von SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al. (2005) durchgeführten Studie (ABTS-, FRAP-Methode) keine signifikant höheren TAC-Werte von Espresso gemessen werden, in der Untersuchung von PARRAS et al. (2007) unter Anwendung der ABTS-Methode lieferte Espresso sogar signifikant ($p < 0,05$) niedrigere Resultate. Eine durchaus schlüssige Erklärung für die höhere antioxidative Wirkung von Espresso könnte in der Zubereitung unter Druck liegen, bei der laut ESTEBAN-DÍEZ et al. (2004) alle Inhaltsstoffe stärker zur Geltung kommen.

Ein mit dem der vorliegenden Arbeit (MW: 23,46 mmol Trolox-Äquivalente/L, Bereich: 20,44-27,86 mmol Trolox-Äquivalente/L, Tab.i.1) vergleichbares Ergebnis der antioxidativen Aktivität der Espresso-Zubereitung ergaben die Untersuchungen (ABTS, TRAP) von PELLEGRINI et al. (2003), in denen abhängig von der Zubereitung (Espresso, Italian, Instantkaffee) und vom Koffeingehalt, ermittelt durch die ABTS-Methode, die TAC-Werte zwischen 26,96 und 36,54 mmol Trolox-Äquivalenten/L lagen. Unter Anwendung der TRAP-Methode waren aber die Ergebnisse höher und lagen zwischen 45,82 und 66,00 mmol Trolox-Äquivalenten/L.

In einer anderen Studie von CÄMMERER und KROH (2006), in der die totale antioxidative Kapazität (ABTS) von Filterkaffeezubereitungen aus grünen sowie hell, mittel und dunkel gerösteten Bohnen bestimmt wurde, wurden abhängig von der Stärke der Röstung Werte zwischen 0,250 und 0,419 mmol Trolox-Äquivalenten/g Pulver gemessen, während in der vorliegenden Arbeit die antioxidative Wirkung von Filterkaffee im Mittel mit 0,130 mmol Trolox-Äquivalenten/g Pulver (Bereich: 0,105-0,153 mmol Trolox-Äquivalente/g Pulver, Tab.iv.1) niedriger war.

In den vorliegenden Untersuchungen konnte auch ein signifikanter Unterschied zwischen den TAC-Werten im Bezug auf die Kaffeesorte festgestellt werden. Robusta-Kaffee (Espresso: 25,05 mmol Trolox-Äquivalente/L; Filter: 19,20 mmol Trolox-Äquivalente/L) zeigte eine signifikant höhere antioxidative Wirkung als Arabica-Kaffee (Espresso: 22,51 mmol Trolox-Äquivalente/L, $p < 0,01$; Filter: 17,26 mmol Trolox-Äquivalente/L, $p < 0,05$), wobei als Grund für das höhere antioxidative Potential von Robusta, wie in anderen Studien berichtet wurde, der höhere Gehalt an Chlorogensäuren, welcher den größten Anteil der Antioxidantien im Kaffee ausmacht [RICHELLE et al., 2001], vermutet wird.

Trotz des hohen antioxidativen Potentials von Robusta-Kaffee ist dessen häufiger Konsum fraglich, da die Chlorogensäure zwar als starkes Antioxidans gilt, aber auch für unangenehme Nebenwirkungen des Kaffeekonsums, wie Magenschmerzen und Sodbrennen, verantwortlich gemacht wird. Außerdem ist

beim Konsum auch der höhere Koffeingehalt von Robusta-Kaffee zu beachten, welcher als Verursacher von Nervosität und Schlaflosigkeit nach dem Genuss von Kaffee gilt [ILLY und VIANI, 1998; FUJIOKA und SHIBAMOTO, 2008].

Die Beimengung von Milch zeigte in den vorliegenden Untersuchungen, dass die totale antioxidative Kapazität, unabhängig von der Zubereitungsart und der Kaffeesorte, dadurch gesenkt werden konnte. Mit steigender Milchmenge, nahmen die TAC-Werte deutlich ab. Bei einer Zugabe von 5 ml bis 100 ml Milch zu 100 ml Kaffee konnte die antioxidative Aktivität im Vergleich zum Getränk ohne Milch im Mittel zwischen 3 % und 61 % gesenkt werden. Diese Tatsache kann auf die phenolbindende Wirkung der Milchproteine zurückgeführt werden [DUPAS et al., 2006].

Die Produktprofile, welche im Rahmen der quantitativen deskriptiven Analyse (QDA) erstellt wurden, zeigten deutliche Unterschiede zwischen Arabica- und Robusta-Kaffee. Diese Abweichungen bestanden vor allem im Geruch und Geschmack und dem adstringierenden Mundgefühl, was sich auf die Gesamtqualität auswirkte.

Die untersuchte Arabica-Sorte *Santos* wies vor allem eine signifikant höhere fruchtige Note sowohl im Geruch (3,8 Pkt., $p=0,025$) als auch im Geschmack (3,6 Pkt., $p=0,001$) und einen signifikant süßeren Geschmack (2,3 Pkt., $p=0,048$) als Robusta-Kaffee (2,1 Pkt., 1,6 Pkt., 1,2 Pkt.) auf.

Uganda, die verkostete Robusta-Sorte war in den Eigenschaften verbrannt, holzig und erdig sowohl im Geruch (5,2 Pkt., $p=0,008$; 4,4 Pkt., $p=0,009$; 4,9 Pkt., $p=0,036$) als auch im Geschmack (6,1 Pkt., $p=0,001$; 5,6 Pkt., $p=0,000$; 5,5 Pkt., $p=0,004$) signifikant stärker ausgeprägt als der Arabica-Kaffee (3,1 Pkt., 2,5 Pkt., 3,3 Pkt., 3,4 Pkt., 3,1 Pkt., 3,5 Pkt.).

In der Gesamtbeurteilung der Qualität schnitt der Arabica-Kaffee (6,8 Pkt., $p=0,000$) signifikant besser ab als der Robusta aus Uganda (4,5 Pkt.).

Bei der Principal Component Analysis (PCA) wurde ersichtlich, dass *Uganda*, die untersuchte Robusta-Kaffeesorte, vor allem durch den erdigen, holzigen,

und verbrannten Geruch und Geschmack sowie den rauchigen Geruch geprägt war. Weitere typische Eigenschaften für Robusta-Kaffee, die auch in der Kaffee-Sorte *Uganda* stärker ausgeprägt waren als im Arabica-Kaffee, waren der bittere Geschmack und Nachgeschmack, die mit großer Wahrscheinlichkeit auch für das ausgeprägte adstringierende Mundgefühl beim Konsum dieses Getränks verantwortlich waren. Die Arabica-Kaffeesorte *Santos* war stark durch den allgemeinen Nachgeschmack sowie den fruchtigen Geruch und Geschmack charakterisiert. Auch die Attribute röstig, sowohl im Geruch als auch im Geschmack, süß und sauer im Geschmack sowie der allgemeine Geruch trugen zum Charakter von *Santos*-Kaffee aus Brasilien stärker bei als zu jenem von Robusta-Kaffee.

In der paarweisen Vergleichsprüfung nach Beliebtheit, die mit der Arabica-Sorte *Santos* und der Robusta-Sorte *Uganda*, zubereitet als Papierfilteraufguss, mit der Milchzugabe, die die totale antioxidative Kapazität im Vergleich zur Ausgangsprobe gerade signifikant ($p < 0,001$) senkt (30 ml pro 100 ml Kaffee), und ohne Milchzugabe durchgeführt wurde, stimmten von den 80 abgegebenen Urteilen 59 (Kaffee pur) bzw. 63 (mit Milch) für *Santos*-Kaffee aus Brasilien. Dieses Ergebnis zeigte eine höchst signifikante ($p < 0,001$) Bevorzugung für Arabica-Kaffee, unabhängig davon, ob der Kaffee mit oder ohne Milch konsumiert wurde. Daraus kann man schließen, dass solch geringe Mengen wie 30 ml Milch pro 100 ml Kaffee die sensorischen Eigenschaften von Robusta-Kaffee (verbrannt, erdig, holzig) nicht wesentlich in seiner Intensität beeinflussen konnten, trotz Berichten von STEINHART und BÜCKING (2000), über einen Einfluss bei 10 ml bis 45 ml Milchzugabe, untersucht mittels Headspace-Analyse.

Somit konnte aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit beobachtet werden, dass die totale antioxidative Kapazität von Kaffee sowohl von der untersuchten Kaffeesorte als auch der Zubereitungsart abhängig ist. Eine Senkung des antioxidativen Potentials durch die Zugabe von Milch (5 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml, 100 ml), die im Mittel zwischen 3 % (5 ml) und 61 % (100 ml) lag, wurde bei allen Kaffeesorten und Zubereitungsarten festgestellt.

Diese Abnahme erwies sich bei fast allen untersuchten Kaffeesorten bereits bei einer Zugabe von 30 ml Milch zu 100 ml Kaffeezubereitung als signifikant ($p < 0,05$).

Mit Hilfe der sensorischen Analysen konnte sowohl die höhere Qualität, die auf den fruchtigen Geruch und Geschmack und süßen Geschmack zurückgeführt werden kann, als auch die signifikante Präferenz von Arabica-Kaffee evaluiert werden. Eine Beeinflussung der sensorischen Eigenschaften und der Bevorzugung durch Milchzugabe konnte nicht festgestellt werden.

6. Zusammenfassung

Kaffee ist ein Genussmittel, das einen großen Anteil an der Aufnahme von Antioxidantien, welche Schutz vor ernährungsabhängigen Krankheiten bieten können, in der Bevölkerung stellt. Aufgrund der Ergebnisse von Studien, in denen das antioxidative Potential von Schwarztee mit und ohne Milch untersucht wurde und ein Abfall des antioxidativen Potentials durch die Milchezugabe festgestellt werden konnte, war es interessant herauszufinden, ob auch die antioxidative Wirkung von Kaffee durch eine Milchezugabe gesenkt wird. Daher wurden im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit die totale antioxidative Kapazität (TAC) von drei Arabica-Sorten (*Sidamo*, *Santos*, *Kalossi*) und drei Robusta-Sorten (*Vietnam*, *Uganda*, *Madagaskar*), zubereitet als Espresso und Filterkaffee, ohne sowie mit der Zugabe von 5 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml und 100 ml Milch pro 100 ml Kaffee photometrisch mit der ABTS-Methode ermittelt.

Anschließend wurde, um herauszufinden durch welche sensorischen Eigenschaften Arabica- und Robusta-Kaffees charakterisiert sind, mittels quantitativ deskriptiver Analyse (QDA) ein Produktprofil der Arabica-Sorte *Santos* und der Robusta-Sorte *Uganda*, zubereitet als Filterkaffee ohne Milchezugabe, erstellt. Zusätzlich wurde in der paarweisen Vergleichsprüfung nach Beliebtheit die Kundenpräferenz dieser beiden Sorten ohne Milch und mit jener Milchezugabe, die die antioxidative Wirkung gerade signifikant ($p < 0,001$) senkt (30 ml), ermittelt.

In der Gegenüberstellung der mittleren (MW) totalen antioxidativen Kapazität von Robusta- und Arabica-Kaffee konnte ein signifikant ($p < 0,05$) höheres antioxidatives Potential bei Robusta- (MW: 23,78 mmol Trolox-Äquivalente/L) als bei dem im Hochland angebauten Arabica-Kaffee (MW: 18,23 mmol Trolox-Äquivalente/L) festgestellt werden. Der Vergleich der Zubereitungsarten zeigte, dass Espresso (MW: 22,13 mmol Trolox-Äquivalente/L) ein signifikant ($p < 0,001$) höheres antioxidatives Potential aufwies als Filterkaffee (MW: 19,89 mmol Trolox-Äquivalente/L).

Eine signifikante ($p < 0,01$) Senkung der TAC–Werte konnte bei fast allen untersuchten Kaffeesorten ab einer Milchzugabe von 30 ml pro 100 ml Kaffee beobachtet werden.

Aufgrund der durchgeführten Analysen lässt sich ablesen, dass das antioxidative Potential des Kaffees sowohl von der Sorte als auch der Zubereitung abhängig ist und durch die Milchzugabe (ab 30 ml) signifikant gesenkt werden kann.

Die sensorischen Untersuchungen haben gezeigt, dass die Arabica-Sorte bei der Ermittlung bestimmter Produkteigenschaften (QDA) besser abgeschnitten hat als Robusta und dass durch die Milchzugabe die Kundenpräferenz nicht wesentlich beeinflusst werden konnte.

7. Summary

Among the population coffee has a great impact on the intake of antioxidants which may protect from diet-related illnesses. Due to the results of several studies in which the antioxidant activity of black tea with and without milk was analyzed and the decrease of the antioxidant potential by adding milk was assessed, it appeared to be interesting to ascertain, if there existed a reducing effect of milk on the antioxidant activity. Therefore the total antioxidant capacity (TAC) of three Arabica-blends (*Sidamo*, *Santos*, *Kalossi*) and three Robusta-blends (*Vietnam*, *Uganda*, *Madagascar*), prepared as espresso and as filter coffee, without milk as well as with the addition of 5 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml and 100 ml of milk per 100 ml of coffee was determined photometrically applying the ABTS-method.

Subsequently in order to find out which attributes characterized Arabica and Robusta a product profile of the Arabica coffee blend *Santos* and the Robusta coffee blend *Uganda*, prepared as filter-coffee without milk, was created using the Quantitative Descriptive Analysis (QDA).

In addition consumers' preferences of these two blends without milk and with 30 ml - the first level which lowered the antioxidant potential significantly ($p < 0,001$) - were ascertained applying the paired difference test.

Comparing the average total antioxidant capacity of Robusta- and Arabica-coffee, Robusta (mean value: 23,78 mmol trolox-equivalents/L) showed significantly ($p < 0,05$) higher TAC-values than Arabica (mean value: 18,23 mmol trolox-equivalents/L). In the comparison of espresso and filter-coffee a significant ($p < 0,001$) higher antioxidant potential for espresso (mean value: 22,13 mmol trolox-equivalents/L) was determined than for filter-coffee (mean value: 19,89 mmol trolox-equivalents/L).

A significant ($p < 0,01$) decrease of the antioxidant activity due to the milk addition could be found in almost all coffee samples by adding 30 ml of milk per 100 ml of coffee.

As a result of the performed analysis it can be concluded that the antioxidant potential of coffee depends on the coffee-blend as well as on the preparation and that the antioxidant capacity can be significantly lowered by the addition of 30 ml of milk.

The sensory evaluation showed that the overall quality of the Arabica-blend ascertaining particular attributes for coffee (QDA) was better than Robusta and that the addition of milk could not influence the customers' preferences.

8. Literaturverzeichnis

BALTES, W.: Lebensmittelchemie; Berlin: Springer 2000; 376, 390

BAKER, J.; BEEHLER, G. P.; SAWANT, A. C.; JAYAPRAKASH, V.; MCCANN, S. E.; MOYSICH, K. B.: Consumption of coffee, but not black tea, is associated with decreased risk of premenopausal breast cancer. The Journal of Nutrition 2006; 136: 166-171

BARRANCO QUINTANA, J. L.; ALLAM, M. F.; SERRANO DEL CASTILLO, A.; FERNÁNDEZ-CREHUET NAVAJAS, R.: Alzheimer's disease and coffee: a quantitative review. Neurological Research 2007; 29: 91-95

BICCHI, C. P.; PANERO, O. M.; PELLEGRINO, G. M.; VANNI, A. C.: Characterization of roasted coffee and coffee beverages by solid phase microextraction – Gas Chromatography and Principal Component Analysis. Journal of Agricultural Food Chemistry 1997; 45: 4680–4686

BITSCH, R.: Pflanzliche Phenole und ihre gesundheitliche Wirkung. VitaMinSpur 1999; 14: 16-20

BUSCH-STOCKFISCH, M.: Paarweise Vergleichsprüfung. In: BUSCH-STOCKFISCH, M. (Hg): Praxishandbuch: Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. 14. Aktualisierungs-Lieferung Oktober 2006, Behr's Verlag, Hamburg 2006

CÄMMERER, B.; KROH, L. W.: Antioxidant activity of coffee brews. European Food Research Technology 2006; 223: 469-474

CAMPA, C.; DOULBEAU, S.; DUSSERT, S.; HAMON, S.; NOIROT, M.: Qualitative relationship between caffeine and chlorogenic acid contents among wild coffea species. Food Chemistry 2005; 93: 135-139

CHEYNIER, V.: Polyphenols in foods are more complex than often thought. American Journal of Clinical Nutrition 2005; 81: 223-229

COSTA FREITAS, A. M.; MOSCA, A. I.: Coffee geographic origin – an aid to coffee differentiation. Food Research International 1999; 32: 565-573

CZERNY, M.; MAYER, F.; GROSCH, W.: Sensory study on the character impact odorants of roasted arabica coffee. Journal of Agricultural Food Chemistry 1999; 47: 695–699

DELGADO-ANDRADE, C.; RUFIÁN-HENARES, J.A.; MORALES, F.J.: Assessing the antioxidant activity of melanoidins from coffee brews by different antioxidant methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2005; 53: 7832-7836

DERNDORFER, E.: Lebensmittelsensorik. Facultas Universitätsverlag, Wien 2006

DUPAS, C. J.; MARSSET-BAGLIERI, A. C.; ORDONAUD, C. S.; DUCEPT, F. M. G.; MAILLARD, M.-N.: Coffee antioxidant properties: Effects of milk addition and processing conditions. Journal of Food Science 2006; 71 (3): 253–258

DUTHIE, G.G.; BELLIZZI, M.C.: Effects of antioxidants on vascular health. British Medical Bulletin 1999; 55; 3: 568-577

EBERMANN; R.; ELMADFA, I.: Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung; Wien: Springer 2008; 475

EDELBAUER, L.J.: Kaffee, alles über ein Lebensmittel, das die Welt veränderte. Pichler-Verlag, Wien, 2003: 14–16; 23–26; 38–45; 50–52; 66–70

ESTEBAN-DÍEZ, I.; GONZÁLEZ-SAIZ, J.M.; PIZZARO, C.: Prediction of sensory properties of espresso from roasted samples by near-infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta* 2004; 525: 171-182

FRANZKE, C.: Kaffee. In: BUHR, H.; FRANZKE, C.; GASSMANN, B.; GRUNERT, B.; KRETZSCHMANN, F.; KROLL, J.; KRUSEN, F.; LUDWIG, E.; STEINHART, H.; VOGEL, J.; WINTER, W.; ZIMMER, K.: FRANZKE – Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Behr's Verlag Hamburg 1996; 621–627

FUJIOKA, K.; SHIBAMOTO, T.: Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial brewed coffees. *Food Chemistry* 2008; 106: 217-221

GREENBERG, J. A.; BOOZER, C. N.; GELIEBTER, A.: Coffee, diabetes, and weight control. *American Journal of Nutrition* 2006; 84: 682-693

HESSMANN-KOSARIS, A.: Kaffee – nicht die Bohne ungesund; leistungsfähig und kreativ mit Kaffee; seine positiven Wirkungen; neueste medizinische Erkenntnisse. Mosaik-Verlag, München, 2000: 15 – 21; 100–106

ILLY, A.; VIANI, R.: Espresso coffee: The chemistry of quality. Academic Press Limited. London – San Diego, 1998. In: SCHARF, G.: Wirkung unterschiedlicher Pflanzeninhaltsstoffe und von Kaffee auf den Glutathionmetabolismus. Dissertation, Universität Wien, 2001

ILLY, A.; VIANI, R.: Espresso coffee: The chemistry of quality. Academic Press Limited. London – San Diego, 1998. In: PEKLAR, S.: Kaffee – ein funktionelles Lebensmittel? Diplomarbeit – Institut für Ernährungswissenschaften an der Universität Wien, 2001

ILLY, E.: Von der Bohne zum Espresso. Spektrum der Wissenschaft 2004; 4: 48-53

JOHNSTON, K. L.; CLIFFORD, M. N.; MORGAN, L. M.: Coffee actually modifies gastrointestinal hormone secretion and glucose tolerance in humans: glycemic effects of chlorogenic acid and caffeine. American Journal of Nutrition 2003; 78: 728-733

KEAST, R. S. J.: Modification of the bitterness of caffeine. Food Quality and Preference 2008; 19: 465-472

KERSTING, M.: Coffein. In: KOOLMAN, J.; MOELLER, H.; RÖHM, K.-H.: Kaffee, Käse, Karies...: Biochemie im Alltag. Weinheim: Wiley-VCH; 2003

KLEEMOLA, P.; JOUSILAHTI, P.; PIETINEN, P.; VARTIAINEN, E.; TUOMILEHTO, J.: Coffee Consumption and the Risk of Coronary Heart Disease and Death. Archives of Internal Medicine 2000; 160: 3393-3400

KY, C.-L.; LOUARN, J.; DUSSERT, S.; GUYOT, B.; HAMON, S.; NOIROT, M.: Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild Coffea Arabica L. and C. canephora P. accessions. Food Chemistry 2001; 75: 223-230

KYLE, J.A.M.; MORRICE, P.C.; McNEIL, G., DUTHIE, G. G.: Effects of Infusion Time and Addition of Milk on Content and Absorption of Polyphenols from Black Tea. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2007; 55: 4889-4894

LANGLEY-EVANS, S. C.: Antioxidant potential of green and black tea determined by using ferric reducing power (FRAP) assay. International Journal of Food Sciences and Nutrition 2000; 51: 181-188

LARSSON, S. C.; WOLK, A.: Coffee Consumption and the risk of liver cancer: a meta-analysis. *Gastroenterology* 2007; 132: 1740-1745

LEENEN, R.; ROODENBURG, A.J.C.; TIJBURG, L.B.M.; WISEMAN, S.A.: A single dose of tea with or without milk increases plasma antioxidant activity in humans. *European Journal of Clinical Nutrition* 2000; 54: 87-92

LINDSAY, J., LAURIN, D.; VERREAULT, R.; HERBERT, R.; HELLIWELL, B.; HILL, G. B.; MC DOWELL, I.: Risk factors for Alzheimer's disease: a prospective analysis from the Canadian Study of Health and Aging. *American Journal of Epidemiology* 2002; 156 (5): 445-453

LOPEZ-GARCIA, E.; VAN DAM, R. M.; WILLET, W. C.; RIMM, E. B.; MANSON, J. E.; STAMPFER, M. J.; REXRODE, K. M.; HU, F. B.: Coffee consumption and coronary heart disease in men and women: A Prospective Cohort Study. *Circulation* 2006; 113: 2045-2053

LUETH, N.; ANDERSON, K. E.; HARNACK, L. J.; FULKERSON, J. A.; ROBIEN, K.: Coffee and caffeine intake and the risk of ovarian cancer: the Iowa Women's Health Study. *Cancer Causes Control* 2008, doi:10.1007/s10552-008-9208-8

MAIA, L.; DE MENDOCA, A.: Does caffeine intake protect from Alzheimer's disease? *European Journal of Neurology* 2002; 9 (4): 377-382

MAJCHRZAK, D.; MITTER, S.; ELMADFA, I.: The effect of ascorbic acid on total antioxidant activity of black and green tea. *Food Chemistry* 2004; 88: 447-451

MASCITELLI, L.; PEZZETTA, F.; SULLIVAN, J. L.: Putative hepatoprotective effects of coffee. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics* 2008; 27: 90-91

MEYERS, M.; KUNERT, J.: Multivariate Verfahren. In: BUSCH-STOCKFISCH, M. (Hg): Praxishandbuch: Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. 14. Aktualisierungs-Lieferung Oktober 2006, Behr's Verlag, Hamburg 2006

MICHAUD, D. S.; GIOVANNUCCI, E.; WILLETT, W. C.; COLDITZ, G. A.; FUCHS, C. S.: Coffee and alcohol consumption and the risk of pancreatic cancer in two prospective united states cohorts. Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention 2001; 10: 429-437

MICHELS, K. B.; WILLET, W. C.; FUCHS, C. S.; GIOVANNUCCI, E.: Coffee, tea and caffeine consumption and incidence of colon and rectal cancer. Journal of the National Cancer Institute 2005; 97: 282-292

MÜLLER RISSO, E.; PÉRES R. G.; AMAYA- FARFAN, J.: Determination of phenolic acids in coffee by micellar electrokinetic chromatography. Food Chemistry 2007; 105: 1578–1582

MUTUA, J.: Post Harvest Handling and Processing of Coffee in African Countries. FAO, AGSI 2000; <http://www.fao.org/docrep/003/x6939e/X6939e10.htm>

NARAIN, C.; PATERSON, A.; REID, E.: Free Choice and conventional profiling of commercial black filter coffees to explore consumer perceptions of character. Food Quality and Preference 2003; 15: 31-41

NEBESNY, E.; BUDRYN, G.: Evaluation of sensory attributes of coffee brews from robusta coffee roasted under different conditions. European Food Research Technology 2006; 224: 159–165

NEHLING, A.: Caffeine Effects on the Brain and Behavior. In: PARLIAMENT, T.; HO C.-T.; SCHIEBERELE, P.: Caffeinated beverages: health benefits, physiological effects and chemistry. Washington DC: American Chemical Society (ACS symposium series; 754), 2000

NKONDJOCK, A.; GHADIRIAN, P.; KOTSOPOULOS, J.; LUBINSKI, J.; LYNCH, H.; KIM-SING, C.; HORSMAN, D. et al.: Coffee consumption and breast cancer risk among BRCA1 and BRCA2 mutation carriers. International Journal of Cancer 2006; 118: 103-107

NKONDJOCK, A.: Coffee consumption and the risk of cancer: An overview. Cancers Letters 2008, doi: 10.1016/j.canlet.2008.08.022

OLTHOF, M. R.; HOLLMAN, P. C. H.; BUIJSMAN, N. C. P.; VAN AMELSVOORT, J. M. M.; KATAN, M. B.: Chlorogenic acid, quercetin-3-rutinoside and black teas phenols are extensively metabolized in humans. The Journal of Nutrition 2003; 133: 1806–1814

OLTHOF, M. R.; HOLLMAN, P. C. H.; KATAN, M. B.: Chlorogenic Acid and Caffeic Acid Are Absorbed in Humans. The Journal of Nutrition 2001; 131: 66–71

PARRAS, P.; MARTÍNEZ-TOMÉ, M.; JIMÉNEZ, A.M.; MURCIA, M.A.: Antioxidant Capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures. Food Chemistry 2007; 102: 582-592

PELLEGRINI, N.; SERAFINI, M.; COLOMNI, B.; DEL RIO, D.; SALVATORE, S.; BIANCHI, M.; BRIGHENTI, F.: Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy by three different *in vitro* assays. The Journal of Nutrition 2003; 133: 2812-2819

RECHNER, A. R.; KUHNLE, G.; BREMNER, P.; HUBBARD, G.P.; MOORE, K.P.; RICE-EVANS, C. A.: The metabolic fate of dietary polyphenols in humans. *Free Radical Biology & Medicine* 2002; 33: 220-235

RECHNER, A.R.; SPENCER, J.P.E.; KUHNLE, G.; HAHN, U.; RICE-EVANS, C.A.: Novel Biomarkers of the Metabolism of Caffeic Acid Derivates in Vivo. *Free Radical Biology & Medicine* 2001; 30, 11: 1213-1222

REIS, M.; LOBATO, B.; LAMEIRA, J.; SANTOS, A. S.; ALVES, C. N.: A theoretical study of phenolic compounds with antioxidant properties. *European Journal of Medicinal Chemistry* 2007; 42: 440-446

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G.: Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science* 1997; 2, 4: 1360-1385

RICHELLE, M.; TAVAZZI, I.; OFFORD, E.: Comparison of the antioxidant activity of commonly consumed polyphenolic beverages (coffee, cocoa, and tea) prepared per cup serving. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2001; 49: 3438-3442

ROBINSON, E. E.; MAXWELL, S. R. J.; THORPE, G. H. G.: An Investigation of the Antioxidant Activity of Black Tea Using Enhanced Chemiluminescence. *Free Radical Research* 1997; 26: 291-302

RÖHM, M.: Kaffee. In: KOOLMAN, J.; MOELLER, H.; RÖHM, K.-H.: Kaffee, Käse, Karies...: Biochemie im Alltag. Weinheim: Wiley-VCH; 2003

RUFÍÁN-HENARES, J.A.; MORALES, F.J.: Effect of *in vitro* enzymatic digestion on antioxidant activity of coffee melanoidins and fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2007; 55: 10016-10021

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, I.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A., SAURA-CALIXTO, F.: *In vitro* antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (Italian, Espresso, Filter). Food Chemistry 2005; 90: 133-139

SCHWEDT, G.: Taschenatlas der Lebensmittelchemie, Weinheim: Wiley-VCH, 2005; 50, 58

STEEVENS, J.; SCHOUTEN, L. J.; VERHAGE, B. A. J.; GOLDBOHN, R. A.; VAN DEN BRANDT, P. A.: Tea and coffee drinking and ovarian cancer risk: results from the Netherlands Cohort Study and a meta-analysis. British Journal of Cancer 2007; 97: 1291-1294

STEINHART, H.; BÜCKING, M.: Headspace Analysis of the Coffee Beverage with and without Different Milk Additives. In: PARLIAMENT, T.; HO C.-T.; SCHIEBERELE, P.: Caffeinated beverages: health benefits, physiological effects and chemistry. Washington DC: American Chemical Society (ACS symposium series; 754), 2000

STONE, H.; SIDEL, J.L.; OLIVERS, S., WOOSLEY, A.; SINGLETON, R.C.: Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. Food Technology 1974; 28: 24-33

SUMMA, C.A.; DE LA CALLE, B.; BROHEE, M.; STADLER, R.H.; ANKLAM, E.: Impact of the roasting degree on the *in vitro* radical scavenging capacity and content of acrylamide. LWT – Food Science and Technology 2007; 40: 1849-1854

TEUFL, C.; CLAUSS, S.: Kaffee: Die kleine Schule; München: Zabert Sandemann; 1998

THORN, J.: Kaffee, das Handbuch für Genießer. Evergreen, Köln, 1999: 17-20, 55 – 56, 77, 164 -165, 181

VILA, M. A.; ANDUEZA, S.; PAZ DE PENA, M.; CID, C.: Fatty Acid Evolution during the storage of ground, roasted coffees. Journal of the American Oil Chemists' Society 2005; 82: 639–646

WINTGENS, J.N.: Coffee: growing, processing, sustainable production: a guidebook for growers, processors, traders, and researchers. Wiley-VCH., Weinheim, 2004: 3 - 24, 810-819

Anhang

Tab.i.1: Die totale antioxidative Kapazität der Espresso-Zubereitungen [mmol Trolox-Äquivalente/L].

ESPRESSO	<i>Arabica</i>			<i>Robusta</i>		
	Sidamo	Santos	Kalossi	Vietnam	Uganda	Madagaskar
ohne Milch	24,79	23,35	20,89	23,75	27,76	24,94
	24,85	22,58	20,31	21,21	27,76	23,6
	22,5	21,99	19,72	23,56	27,34	25,15
	25,44	22,82	20,83	23,18	28,6	23,75
MW	24,4	22,68	20,44	22,93	27,86	24,36
STABW	1,3	0,56	0,55	1,17	0,53	0,8
mit 5ml Milch	22,5	22,17	20,83	24,58	27,2	20,58
	22,09	21,35	22,52	24,26	26,78	21,99
	23,15	22,52	21,02	22,61	28,67	21,14
	24,32	22,76	22,46	22,99	27,13	19,74
MW	23,02	22,2	21,71	23,61	27,44	20,86
STABW	0,97	0,62	0,91	0,96	0,84	0,95
mit 10ml Milch	25,79	17,17	16,79	24,96	25,44	20,44
	23,03	18,29	17,44	25,09	25,23	20,79
	24,32	18,47	21,55	24,07	24,11	20,44
	24,26	17,64	15,61	24,2	24,46	21,92
MW	24,35	17,89	17,84	24,58	24,81	20,9
STABW	1,13	0,6	2,58	0,52	0,63	0,7
mit 20ml Milch	21,68	16,88	16,46	21,09	23,2	22,7
	20,5	17,17	16,07	20,89	24,04	22,17
	24,21	18,17	17,7	21,28	24,6	22,46
	21,27	17,88	19,65	21,72	25,02	23,7
MW	21,91	17,53	17,47	21,24	24,22	22,76
STABW	1,6	0,6	1,61	0,35	0,79	0,66
mit 30ml Milch	18,52	15,39	17,03	15,95	18,28	15,4
	18,12	14,87	17,13	16,46	20,41	16,18
	18,42	16,37	15,93	15,5	20,13	17,14
	19,93	14,73	16,66	16,05	20,13	15,34
MW	19,93	15,34	16,69	15,99	19,74	16,02
STABW	0,81	0,75	0,54	0,4	0,98	0,84
mit 40ml Milch	20,07	15,76	14,89	13,56	15,19	14,05
	18,71	16,56	13,85	14,94	17,1	13,2
	19,18	15,43	12,7	13,21	15,98	15,4
	20,26	14,3	12,75	14,53	15,98	12,98
MW	19,55	15,51	13,55	14,06	16,06	13,91
STABW	0,74	0,94	1,04	0,81	0,78	1,09
mit 100ml Milch	11,66	7,86	7,84	9,35	11,16	11,02
	10,34	8,19	8,91	9,27	11,05	10,12
	11,61	8,77	8,96	9,78	10,54	10,79
	11	7,6	7,97	9,86	10,82	11,24
MW	11,15	8,1	8,42	9,57	10,89	10,79
STABW	0,62	0,51	0,6	0,3	0,27	0,49

Tab.ii.1:Die totale antioxidative Kapazität der Espresso-Zubereitungen [mmol Trolox-Äquivalente/g Pulver].

ESPRESSO	Arabica			Robusta		
	Sidamo	Santos	Kalossi	Vietnam	Uganda	Madagaskar
ohne Milch	0,177	0,167	0,149	0,170	0,198	0,178
	0,178	0,161	0,145	0,152	0,198	0,169
	0,161	0,157	0,141	0,168	0,195	0,180
	0,182	0,163	0,149	0,166	0,204	0,170
MW	0,174	0,162	0,146	0,164	0,199	0,174
STABW	0,009	0,004	0,004	0,008	0,004	0,006
mit 5ml Milch	0,161	0,158	0,149	0,176	0,194	0,147
	0,158	0,152	0,161	0,173	0,191	0,157
	0,165	0,161	0,150	0,162	0,205	0,151
	0,174	0,163	0,160	0,164	0,194	0,141
MW	0,164	0,159	0,155	0,169	0,196	0,149
STABW	0,007	0,004	0,006	0,007	0,006	0,007
mit 10ml Milch	0,184	0,123	0,120	0,178	0,182	0,146
	0,165	0,131	0,125	0,179	0,180	0,149
	0,174	0,132	0,154	0,172	0,172	0,146
	0,173	0,126	0,112	0,173	0,175	0,157
MW	0,174	0,128	0,127	0,176	0,177	0,149
STABW	0,008	0,004	0,018	0,004	0,005	0,005
mit 20ml Milch	0,155	0,121	0,118	0,151	0,166	0,162
	0,146	0,123	0,115	0,149	0,172	0,158
	0,173	0,130	0,126	0,152	0,176	0,160
	0,152	0,128	0,140	0,155	0,179	0,169
MW	0,157	0,125	0,125	0,152	0,173	0,163
STABW	0,011	0,004	0,012	0,003	0,006	0,005
mit 30ml Milch	0,132	0,110	0,122	0,114	0,131	0,110
	0,129	0,106	0,122	0,118	0,146	0,116
	0,132	0,117	0,114	0,111	0,144	0,122
	0,142	0,105	0,119	0,115	0,144	0,110
MW	0,142	0,110	0,119	0,114	0,141	0,114
STABW	0,006	0,005	0,004	0,003	0,007	0,006
mit 40ml Milch	0,143	0,113	0,106	0,097	0,109	0,100
	0,134	0,118	0,099	0,107	0,122	0,094
	0,137	0,110	0,091	0,094	0,114	0,110
	0,145	0,102	0,091	0,104	0,114	0,093
MW	0,140	0,111	0,097	0,100	0,115	0,099
STABW	0,005	0,007	0,007	0,006	0,006	0,008
mit 100ml Milch	0,083	0,056	0,056	0,067	0,080	0,079
	0,074	0,058	0,064	0,066	0,079	0,072
	0,083	0,063	0,064	0,070	0,075	0,077
	0,079	0,054	0,057	0,070	0,077	0,080
MW	0,080	0,058	0,060	0,068	0,078	0,077
STABW	0,004	0,004	0,004	0,002	0,002	0,003

Tab.iii.1: Die totale antioxidative Kapazität der Filter-Zubereitungen [mmol Trolox-Äquivalente/L].

FILTER	<i>Arabica</i>			<i>Robusta</i>		
	Sidamo	Santos	Kalossi	Vietnam	Uganda	Madagaskar
ohne Milch	14,02	18,46	19,16	22,6	18,14	17,15
	14,79	17,84	19,62	22,46	19,62	18
	14,62	15,77	18,64	20,77	18,56	16,29
	15,57	19,56	19,1	20,06	18,56	18,24
MW	14,75	17,9	19,13	21,47	18,72	17,42
STABW	0,64	1,59	0,4	1,26	0,63	0,89
mit 5ml Milch	14,68	15,84	13,4	17,88	19,97	21,64
	16,88	15,5	13,46	17,17	19,62	21,9
	16,7	13,91	14,51	18,23	20,96	20,39
	15,86	16,6	15,1	18,11	20,47	22,53
MW	16,03	15,46	14,12	17,85	20,26	21,61
STABW	1	1,13	0,83	0,47	0,58	0,9
mit 10ml Milch	14,54	17,42	14,18	20,06	17,79	16,22
	14,73	16,05	13,27	18,23	18,92	16,48
	14,91	17,01	12,41	19,43	16,87	16,75
	14,17	17,29	17,13	18,37	16,66	18,74
MW	14,59	16,94	14,25	19,02	17,56	17,05
STABW	0,32	0,62	2,05	0,88	1,03	1,15
mit 20ml Milch	14,26	16,8	9,99	18,23	17,22	20,26
	14,44	15,91	12,28	19,64	16,09	17,39
	14,79	16,39	13,2	20,98	17,22	18,31
	17,05	17,01	12,94	20,13	17,65	18,86
MW	15,14	16,53	12,1	19,75	17,05	18,7
STABW	1,3	0,49	1,46	1,15	0,67	1,2
mit 30ml Milch	13,83	14,05	9,25	15,26	15,36	13,75
	12,26	15,92	11,5	16,56	15,58	13,03
	13,17	14,71	10,93	14,41	14,06	14,83
	12,64	13,72	10,14	14,7	13,5	13,51
MW	12,98	14,6	10,46	15,23	14,62	13,78
STABW	0,68	0,97	0,98	0,95	1,01	0,77
mit 40ml Milch	13,12	9,86	10,46	13,96	11,24	17,81
	13,12	10,64	9,62	14,75	10,9	17,02
	11,93	11,3	10,04	12,55	11,01	14,68
	13,74	8,49	9,98	14,47	12,31	16,17
MW	12,98	10,07	10,02	13,93	11,36	16,42
STABW	0,76	1,21	0,34	0,98	0,65	1,34
mit 100ml Milch	6,25	7,19	6,35	9,27	6,49	5,69
	7,23	7,02	5,41	9,12	6,75	5,78
	5,68	5,35	5,8	8,96	6,97	6,61
	6,2	5,48	6,43	9,27	7,74	6,74
MW	6,34	6,26	6	9,15	6,99	6,2
STABW	0,64	0,98	0,48	0,15	0,54	0,55

Tab.iv.1: Die totale antioxidative Kapazität der Filter-Zubereitungen [mmol Trolox-Äquivalente/g Pulver].

FILTER	Arabica			Robusta		
	Sidamo	Santos	Kalossi	Vietnam	Uganda	Madagaskar
ohne Milch	0,100	0,132	0,137	0,161	0,130	0,122
	0,106	0,127	0,140	0,160	0,140	0,129
	0,104	0,113	0,133	0,148	0,133	0,116
	0,111	0,140	0,136	0,143	0,133	0,130
MW	0,105	0,128	0,137	0,153	0,134	0,124
STABW	0,005	0,011	0,003	0,009	0,005	0,006
mit 5ml Milch	0,105	0,113	0,096	0,128	0,143	0,155
	0,121	0,111	0,096	0,123	0,140	0,156
	0,119	0,099	0,104	0,130	0,150	0,146
	0,113	0,119	0,108	0,129	0,146	0,161
MW	0,114	0,110	0,101	0,127	0,145	0,154
STABW	0,007	0,008	0,006	0,003	0,004	0,006
mit 10ml Milch	0,104	0,124	0,101	0,143	0,127	0,116
	0,105	0,115	0,095	0,130	0,135	0,118
	0,107	0,122	0,089	0,139	0,120	0,120
	0,101	0,123	0,122	0,131	0,119	0,134
MW	0,104	0,121	0,102	0,136	0,125	0,122
STABW	0,002	0,004	0,015	0,006	0,007	0,008
mit 20ml Milch	0,102	0,120	0,071	0,130	0,123	0,145
	0,103	0,114	0,088	0,140	0,115	0,124
	0,106	0,117	0,094	0,150	0,123	0,131
	0,122	0,122	0,092	0,144	0,126	0,135
MW	0,108	0,118	0,086	0,141	0,122	0,134
STABW	0,009	0,003	0,010	0,008	0,005	0,009
mit 30ml Milch	0,099	0,100	0,066	0,109	0,110	0,098
	0,088	0,114	0,082	0,118	0,111	0,093
	0,094	0,105	0,078	0,103	0,100	0,106
	0,090	0,098	0,072	0,105	0,096	0,096
MW	0,093	0,104	0,075	0,109	0,104	0,098
STABW	0,005	0,007	0,007	0,007	0,007	0,005
mit 40ml Milch	0,094	0,070	0,075	0,100	0,080	0,127
	0,094	0,076	0,069	0,105	0,078	0,122
	0,085	0,081	0,072	0,090	0,079	0,105
	0,098	0,061	0,071	0,103	0,088	0,116
MW	0,093	0,072	0,072	0,100	0,081	0,117
STABW	0,005	0,009	0,002	0,007	0,005	0,010
mit 100ml Milch	0,045	0,051	0,045	0,066	0,046	0,041
	0,052	0,050	0,039	0,065	0,048	0,041
	0,041	0,038	0,041	0,064	0,050	0,047
	0,044	0,039	0,046	0,066	0,055	0,048
MW	0,045	0,045	0,043	0,065	0,050	0,044
STABW	0,005	0,007	0,003	0,001	0,004	0,004

Lebenslauf

PERSÖNLICHE DATEN

Geburtsdatum	05.08.1984
Geburtsort	Linz
Familienstand	ledig

SCHULAUSBILDUNG

1990-1994	Volksschule Eferding Süd
1994-2002	humanistisches Gymnasium Dachsberg
18.06.2002	Matura am Gymnasium Dachsberg
seit September 2002	Studium der Ernährungswissenschaften an der Universität Wien

STUDIENBEGLEITENDE TÄTIGKEITEN

Ferialarbeit:

2000 – 2005:	Saisonarbeit in der EFKO Frischfrucht und Delikatessen GmbH
--------------	---

Praktika:

August 2005:	Praktikum im Chemie-Labor der Agrana AG in Aschach
Juni 2007 – Februar 2008:	Praktikum am Institut für Ernährungswissenschaften: Erhebungen zum Ernährungsbericht 2008
Juni 2008 – September 2008:	Geringfügige Beschäftigung im Chemie- und Mikrobiologie-Labor der Vöslauer AG
Während des Studiums:	Diverse Tätigkeiten im Gastronomiebereich

ZUSÄTZLICHE AUSBILDUNGEN

Februar 2008	Kaffee-Expertin
August 2008	Diplom-Kaffee-Sommelière

SONSTIGE ERFAHRUNGEN

EDV

Sprachen

Grundkenntnisse in Microsoft Word und Excel
Englisch verhandlungsfähig
Grundkenntnisse in Französisch, Spanisch und Italienisch

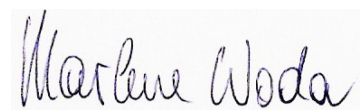
PERSÖNLICHE INTERESSEN

Sport

laufen, Rad fahren, schwimmen, langlaufen, Schi fahren, einige Teilnahmen an Städteläufen

Reisen

New York, Kalifornien, Schweden, Schottland, England, Italien, Frankreich, Deutsch und viele andere Destinationen



Marlene Woda

Wien, am 26.01.2009