



HEVs

haute école valaisanne
hochschule wallis
ingenieurwissenschaften

Studiengang Life Technologies

Vertiefungsrichtung Lebensmitteltechnologie

Diplom 2006

Philipp Indermitte

*Einfluss
agronomischer Faktoren
auf die Qualität von Erdbeeren*

Dozent

Wilfried Andlauer

Experte

Christoph Carlen



HEVs

Route du Rawyl 47
1950 Sion 2

haute école valaisanne
hochschule wallis

HES-HEVS-T (Sion)



EM000005224522

Sitten, 24. November 2006

TV/2006/39

Hes·SO

Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences
Western Switzerland

route du rawyl 47 - case postale ZI 34 - ch-1950 sion 2
tél. +41 (0)27 606 85 11 - fax +41 (0)27 606 85 15
e-mail: info.sion@hevs.ch - internet: www.hevs.ch



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Zielsetzung	4
1.2	Allgemeine Einführung	5
1.3	Hors-sol Kulturen	6
1.4	Antioxidative Kapazität	7
1.5	Polyphenole	8
1.6	Anthocyane	9
2	Material und Methoden	11
2.1	Material	11
2.1.1	Produkte	11
2.1.2	Apparate	11
2.1.3	Früchte/Proben	12
2.2	Methoden	14
2.2.1	Probenverarbeitung	14
2.2.2	Zuckergehalt	14
2.2.3	Säuregehalt	14
2.2.4	Extraktion	15
2.2.5	Antioxidative Kapazität	15
2.2.6	Phenolgehalt	15
2.2.7	Anthocyanengehalt	16
2.2.8	Statistische Auswertung	16
3	Resultate	18
3.1	Einfluss des Einfrierens auf Qualitätsparameter von Erdbeeren	18
3.2	Einfluss der Behandlung gegen Milben auf Qualitätsparameter von Erdbeeren	23



3.3	Einfluss verschiedener Substrate auf Qualitätsparameter von Erdbeeren	24
3.4	Einfluss der Erdbeersorte auf Qualitätsparameter von Erdbeeren	26
3.4.1	Vergleich der einzelnen Erdbeersorten	26
3.4.1.1	Sortenversuche in Conthey	26
3.4.1.2	Sortenversuch in Sion und Zürich	32
3.4.1.3	Übersicht der Sortenversuche	38
3.4.2	Einfluss des Erntedatums	43
3.4.3	Einfluss des Anbauortes	45
3.5	Einfluss der Rezyklierung auf Qualitätsparameter von Erdbeeren	46
4	Diskussion	49
4.1	Einfluss des Einfrierens auf Qualitätsparameter von Erdbeeren	49
4.2	Einfluss der Behandlung gegen Milben auf Qualitätsparameter von Erdbeeren	51
4.3	Einfluss verschiedener Substrate auf Qualitätsparameter von Erdbeeren	52
4.4	Einfluss der Erdbeersorte auf Qualitätsparameter von Erdbeeren	54
4.4.1	Vergleich der einzelnen Erdbeersorten	54
4.4.1.1	Sortenversuche in Conthey	54
4.4.1.2	Sortenversuche in Sion und Zürich	56
4.4.1.3	Übersicht der Sortenversuche	57
4.4.2	Einfluss des Erntedatums	58
4.4.3	Einfluss des Anbauortes	59
4.5	Einfluss der Rezyklierung auf Qualitätsparameter von Erdbeeren	61
5	Schlussfolgerung und Perspektiven	63
6	Bibliographie	66
7	Anhänge	70

Übersicht der Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
TE	Troloxäquivalent
GAE	Gallussäureäquivalent
MeOH	Methanol
PAL	Phenylalaninammoniumlyase
PPO	Polyphenoloxidase
POD	Polyphenolperoxidase
EL	Elektrische Leitfähigkeit
LDL-Cholesterin	Low-Density-Lipoprotein-Cholesterin
HDL-Cholesterin	High-Density-Lipoprotein-Cholesterin
DNA	Desoxyribonukleinsäure
SD	Standardabweichung

1 Einführung

1.1 Zielsetzung

Ein Ziel dieser Arbeit ist es, die im Semesterprojekt für die Einfrierversuche erhaltenen Resultate zu bestätigen oder zu verwerfen. Da Erdbeeren bei Temperaturen über 0 °C nicht lange haltbar sind, müssen die Erdbeeren bis zu allfälligen Analysen eingefroren werden. Auch wenn Erdbeerproben verschickt werden müssen, ist ein Einfrieren unumgänglich. Deshalb ist es wichtig zu wissen, ob der Einfriervorgang und eine anschliessende Lagerung bei tiefen Temperaturen (in unserem Fall -18 °C) einen Einfluss auf die zu untersuchenden Qualitätsparameter der Erdbeeren aufweisen oder nicht. Nur wenn dies nicht der Fall ist, können Analysenresultate von eingefrorenen Erdbeeren mit denen von frischen Erdbeeren oder von unterschiedlich lang gelagerten Erdbeeren verglichen werden.

Weiter wird der Einfluss einer Behandlung gegen Spinnmilben untersucht. Damit soll festgestellt werden, ob eine Behandlung negative Auswirkungen auf die Qualität von Erdbeeren besitzt oder nicht. Zudem soll der Einfluss eines Befalls untersucht werden.

Das Hauptziel dieser Diplomarbeit sind die einzelnen Sortenversuche. Es werden hierzu sieben verschiedene Erdbeersorten (Daisy, Asia, Gemma, Darlisette, Sonata, Yamaska und Thutop) an verschiedenen Standorten (Conthey, Sion, Zürich) für unterschiedliche Erntedaten bezüglich ihres Zucker-, Säure-, Phenol- und Anthocyangehaltes sowie bezüglich ihrer antioxidativen Kapazität miteinander verglichen. Mit diesen Werten kann der Einfluss der Sorte, des Erntedatums sowie des Anbauortes bestimmt werden.

Ein weiteres Ziel ist die Bestimmung des Einflusses von sechs verschiedenen Substraten auf die ausgewählten Qualitätsparameter der Erdbeeren. Es soll untersucht werden, ob einzelne Substrate gegenüber anderen zu bevorzugen oder zu vernachlässigen sind und wie gross ein allfälliger Einfluss auf die einzelnen Parameter ist.

Das letzte Ziel betrifft die Rezyklierung der Nährlösung. Ausserdem werden Nährlösungen mit unterschiedlichen Ionenkonzentrationen (nicht rezykliert) miteinander verglichen. Damit soll der Einfluss des Rezyklierungsvorganges und einer Änderung in der Ionenkonzentration der verwendeten Nährlösung auf die Qualität der Erdbeeren bestimmt werden. Mit den Resultaten soll dann eine Aussage über die Anwendbarkeit einer Rezyklierung bezüglich der Qualität der Erdbeeren gemacht werden.

1.2 Allgemeine Einführung

Die Erdbeere (Gattung *Fragaria*) gehört zur Familie der Rosengewächse (*Rosaceae*). Anders als allgemein angenommen gehört die Erdbeere nicht zur botanischen Gruppe des Beerenobstes, sondern zur Gruppe der Sammelnussfrüchte. Man geht davon aus, dass die Kulturform der Erdbeere (*Fragaria x ananassa*) aus einer Artenkreuzung zweier amerikanischer Wildformen entstanden ist, der Scharlacherdbeere (Nordamerika) und der Chileerdbeere. Die Erdbeere gehörte zudem zu den ersten Nutzpflanzen, die systematisch gezüchtet wurden. Bei diesen Züchtungen entstanden viele neue Sorten.

Die Erdbeere gilt im Allgemeinen als nichtklimakterisch, das heisst, die Früchte reifen nicht nach und zeigen einen stetigen Abfall in der Atmungsaktivität im Verlaufe ihrer Reifung. Eine Publikation von Nunes et al. (2006) [1] zeigt jedoch, dass die Erdbeeren nach der Ernte gleichwohl leicht nachreifen können. Während der Reifung der Erdbeeren kommt es zu einem Anstieg der löslichen Verbindungen in der Frucht, zur Bildung von Aroma- und Geschmacksstoffen sowie zu Veränderungen in Textur, Fruchtform und -grösse sowie zur Bildung von Farbstoffen. Die Klassifizierung in klimakterisch und nichtklimakterisch ist besonders für den Handel wichtig, da davon der Erntezeitpunkt abhängig ist, d. h. ob die Früchte im reifen oder unreifen Zustand geerntet werden müssen. Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus kommt die Frage nach der Lager- und Transportstabilität in Verbindung mit einem guten Aroma der Erdbeeren hinzu. Somit werden neue, widerstandsfähige Sorten immer wichtiger für die Obstbauern. Von den Kunden hingegen wird der Geschmack in den Vordergrund gestellt. Es gilt also einen Kompromiss zwischen Qualität und Anbauvorteilen zu finden.

Frische, reife Erdbeeren bestehen aus etwa 90% Wasser. Einen Grossteil der verbleibenden 10% machen verschiedene Zucker, vor allem Saccharose, D-Glucose und D-Fructose aus. Die Zusammensetzung der Früchte kann je nach Sorte und Reifegrad zum Teil recht stark variieren. Den Hauptanteil der Mineralstoffe in der Erdbeere bilden Kalium, Phosphor, Calcium und Magnesium, in der aufgeführten Reihenfolge. Sie machen jedoch nur rund 0.25% der Zusammensetzung der Früchte aus. Einen grösseren Anteil von rund 1% machen die organischen Säuren aus, vor allem die Zitronen- und Apfelsäure. Des Weiteren enthalten Erdbeeren mit 26-120 mg einen ausgesprochen hohen Gehalt an Vitamin C, dies bei einem Brennwert von weniger als 100 kJ/100 g.

Zu den in dieser Arbeit untersuchten wichtigen Bestandteilen der Erdbeere gehören, neben den Zuckern und den Säuren auch noch die verschiedenen Polyphenole.

Die Erdbeere enthält neben den oben erwähnten Inhaltsstoffen noch über 300 flüchtige Substanzen, von denen rund 5 bis 10 für das typische Arome verantwortlich sind. Es gibt keine so genannte „character impact“ Verbindung, die alleine für das Aroma von Erdbeeren verantwortlich ist. Das charakteristische Erdbeeraroma ist somit die Summe der Geruchseindrücke einer Anzahl flüchtiger Verbindungen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Erdbeeren neben den drei Hauptbestandteilen Wasser, Zucker und Fruchtsäuren noch viele andere Verbindungen enthalten, wie Aromastoffe oder sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die erheblich zur Wertschätzung der Frucht beitragen [2, 3].

Nun werden die in dieser Arbeit untersuchten Erdbeersorten etwas näher beschrieben:

Daisy: späte Sorte, guter Ertrag, mittlerer bis guter Geschmack, mittlere Festigkeit [4].

Darlisette: frühreif, gutes Ertragspotenzial, schöne, hellrote Früchte, guter Geschmack, mittlere Lagerfähigkeit [4].

Yamaska: Späte Sorte, mittlerer bis guter Geschmack, gutes Ertragspotenzial, gute Lagerfähigkeit [4, 5].

Sonata: Neuzüchtung aus Holland mit den Sorten Elsanta und Polka. Schöne, breite, kegelförmige Früchte mit ansprechendem Glanz, hellrot, gute Festigkeit und guter Geschmack. Gleichmässig hohe Erträge, gute Pflückleistung und Lagerfähigkeit [6].

Thutop: Eine neue mittelspäte Sorte, besitzt eine lange Ernteperiode. Das Ertragspotenzial ist sehr hoch. Die Früchte haben einen schönen Glanz, sind kräftig rot und die Haltbarkeit ist sehr gut. Die Ernteleistung ist hoch und die Festigkeit der sehr grossen Früchte macht sie gut transportfähig. Die Pflanze überzeugt durch Robustheit und einen gesunden, kräftigen Wuchs [6].

1.3 Hors-sol Kulturen

Der Anbau von so genannten Hors-sol Kulturen bietet sowohl Vorteile als auch Nachteile. Zu den grössten Vorteilen gehören das einfachere Ernten der Beeren, das einfachere Terminieren der Kulturen, die bessere Kontrolle bzw. die Verhinderung bodenbürtiger

Krankheiten. Zudem ist eine Bekämpfung von Unkraut nicht nötig und die Wasser- und Nährstoffverluste können vermindert werden.

Zu den grössten Nachteilen gehören der hohe Investitions- und Arbeitsaufwand sowie das ständige Überwachen der Nährlösungen. Oft ist zudem eine Sterilisation der Nährlösungen notwendig.

Der Anbau von Hors-sol Erdbeeren erfolgt meistens unter fix installierten Plastiktunnels oder in ausgedienten und nicht mehr verwendeten Gewächshäusern. Wie der Name schon sagt, werden die Erdbeeren nicht mehr in den Boden sondern direkt in ein Substrat gepflanzt. Das Substrat befindet sich häufig in Töpfen, Schalen oder auch Säcken. Die Erdbeeren werden über Leitungen mit den verschiedenen Nährlösungen versorgt [7].

1.4 Antioxidative Kapazität

Die antioxidative Kapazität gibt die Fähigkeit einzelner Substanzen oder Substanzgemischen wieder, oxidative Prozesse zu verlangsamen bzw. zu beenden.

Diese Kapazität wird chemisch bestimmt, indem ein oxidatives Milieu hergestellt wird (zum Beispiel eine DPPH/MeOH Lösung). Nach der Zugabe der Probe zu diesem Milieu beginnen die Inhaltsstoffe der Frucht die oxidativen Prozesse zu verlangsamen oder gar zu unterdrücken. Der Unterschied zwischen der Ausgangslösung und der mit der Probe „behandelten“ Lösung wird photometrisch bestimmt.

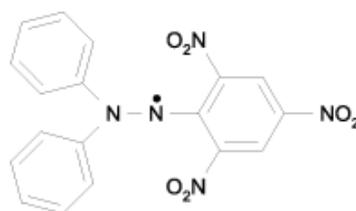


Abbildung 1: Chemische Struktur von DPPH [8]

Das Radikal DPPH absorbiert bei einer Wellenlänge von 517 nm, diese Absorption verschwindet mehr oder weniger nach einer Reduktion mit einer antioxidativ wirkenden Verbindung (AH) oder einem Radikal (R·) [9].

Die dabei stattfindenden Reaktionen (mit DPPH) sind die folgenden:



Bei den Analysen wird immer eine Referenzsubstanz mitgeführt, in den meisten Fällen Trolox[®], ein wasserlösliches Vitamin E Derivat. Die antioxidative Kapazität ist umso höher, desto grösser die Fähigkeit der Probe ist, die oxidativen Vorgänge zu hemmen [10].

Die antioxidative Kapazität hängt von vielen verschiedenen Verbindungen in den Früchten ab. Die wichtigsten antioxidativ wirkenden Verbindungen gehören zur Gruppe der Polyphenole. Es sind dies Flavonole, Catechine und Anthocyanidine. Bekannte Substanzen, wie Vitamin E/C besitzen im Vergleich zu den oben genannten eine viel tiefere antioxidative Kapazität [11].

1.5 Polyphenole

Die Polyphenole, so genannte sekundäre Pflanzenstoffe, stellen einen wichtigen Bestandteil in Pflanzen und Früchten dar. Sie tragen durch ihre chemische Struktur viel zu Charakter, Farbe, Geschmack und Geruch von Früchten bei. Diese Phenole bestehen aus einer Fülle chemisch sehr unterschiedlicher Verbindungen und kommen in Früchten nur in geringen Mengen vor. Zu den Polyphenolen gehören alle Verbindungen, die sich in ihrer chemischen Struktur auf das Phenol zurückführen lassen. Man nennt sie sekundäre Pflanzenstoffe, da sie nicht im Primärstoffwechsel der Pflanze oder der Frucht gebildet und verbraucht werden. Ihre genauen Funktionen sind gegenwärtig Gegenstand der Forschung.

Die wichtigsten Polyphenole lassen sich in drei Gruppen einteilen: Nichtflavonoide, Flavonoide und niedermolekulare Phenole [3, 12].

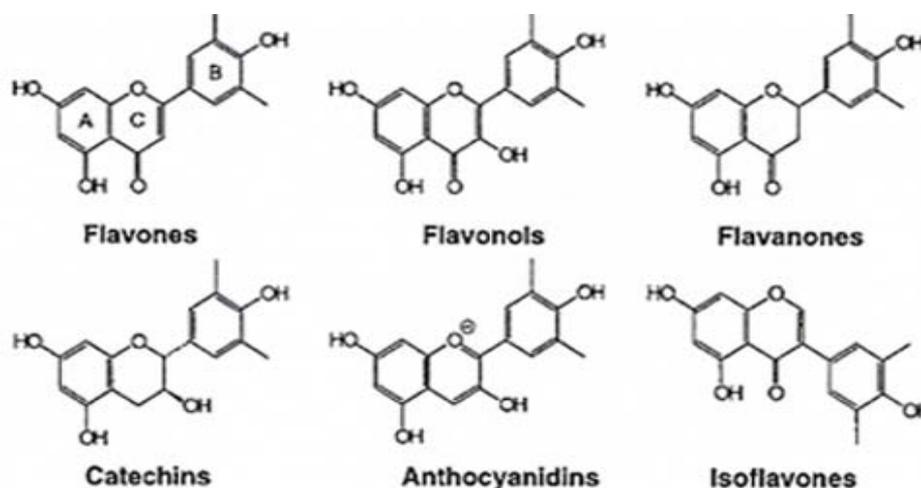


Abbildung 2: Übersicht der Flavonoide [11]

Als Farbstoffe stellen die gelb-rot-violett-blau gefärbten Anthocyane eine derartig bedeutende Untergruppe dar, dass sie gesondert behandelt werden. Die restlichen Phenole sind entweder farblos oder grün-gelb-braun gefärbt. Die Phenole sind im Allgemeinen oxidationsanfällig, so dass es im Zuge der enzymatischen Bräunung zu Braunfärbungen (z.B. Schnittstelle beim Apfel) und Trübungen bei Getränken kommen kann. Diese Instabilität bewirkt den positiven physiologischen Effekt der Phenole als natürliche Antioxidantien und Radikalfänger. Dadurch wirken Phenole kardioprotektiv, erhöhen die Kapillarfähigkeit und verringern dadurch Gefässbrüchigkeit und Bindegewebekrankheiten. Natürliche Antioxidantien können oxidierend wirkende Enzyme z. B. bei der Fettoxidation unterdrücken und den Gehalt an negativem LDL-Cholesterin senken, dies bei einer gleichzeitigen Erhöhung an positivem HDL-Cholesterin. Als Konsequenz gibt es weniger arteriosklerotische Läsionen und ein verringertes Risiko von Bluthochdruck, Angina pectoris, Herzinfarkt und Schlaganfall. Zudem bewirken Antioxidantien einen Schutz der DNA vor reaktiven, oxidativ wirkenden Verbindungen. Solche oxidativen Beschädigungen sind an verschiedenen Erkrankungen, wie Krebs, Arteriosklerose oder chronischen Entzündungen, beteiligt. Eine Aufnahme von Phenolen mit der Nahrung (Obst und Gemüse) kann gesundheitsfördernd sein und ist daher zu empfehlen [11, 13].

1.6 Anthocyane

Die Anthocyane gehören, wie oben beschrieben, zur Gruppe der Polyphenole, genauer gesagt zu den Flavonoiden. Die Flavonoide leiten sich strukturell vom Flavan ab. Die Anthocyane sind die Glykoside der Anthocyanidine. Sie liegen bei pH-Werten < 4 teilweise und bei einem pH-Wert < 1 vollständig als Flavyliumkationen vor, die eine rote, blaue oder violette Farbe aufweisen.

Die Anthocyane kommen in vielen heimischen Obstarten, speziell in einigen Beerenfrüchten, in unterschiedlichen Mengen vor. Sie besitzen je nach pH-Wert, Copigmentierung und Bindungspartnern (Metalle, Proteine) unterschiedliche Farben. In den Früchten sind sie für die Farbe dieser Früchte verantwortlich. Die häufigsten Zuckerreste, meistens am C3-Atom gebunden, sind die Glucose, die Galaktose, die Rhamnose und die Arabinose. Das in den Erdbeeren am häufigsten vorkommende Anthocyan ist das Pelargonidin-3-glukosid [3, 12].

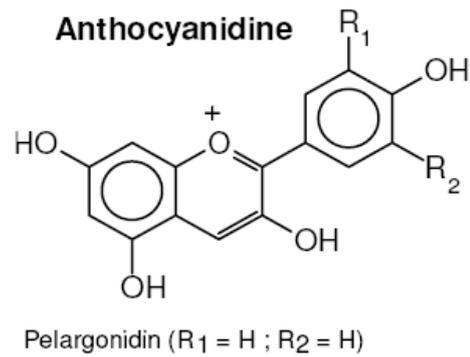
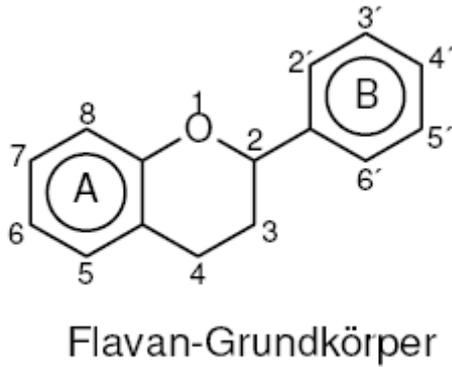


Abbildung 3: Struktur des Flavans [12]

Abbildung 4: Struktur der Anthocyanidine [12]

Bei der Bestimmung des Anthocyangehaltes wird der Umstand ausgenutzt, dass bei einer Änderung des pH-Wertes starke Farbänderungen auftreten. Die Proben werden deshalb mit zwei Pufferlösungen (Kaliumchlorid, pH 1.0 und Natriumacetat, pH 4.5) verdünnt. Von beiden Verdünnungslösungen wird anschliessend die Absorption bei einer Wellenlänge um 500 nm (ist abhängig vom Anthocyan-Typ) gemessen. Für Pelargonidin-3-glukosid wird eine maximale Absorption für eine Wellenlänge von 495-505 nm beobachtet.

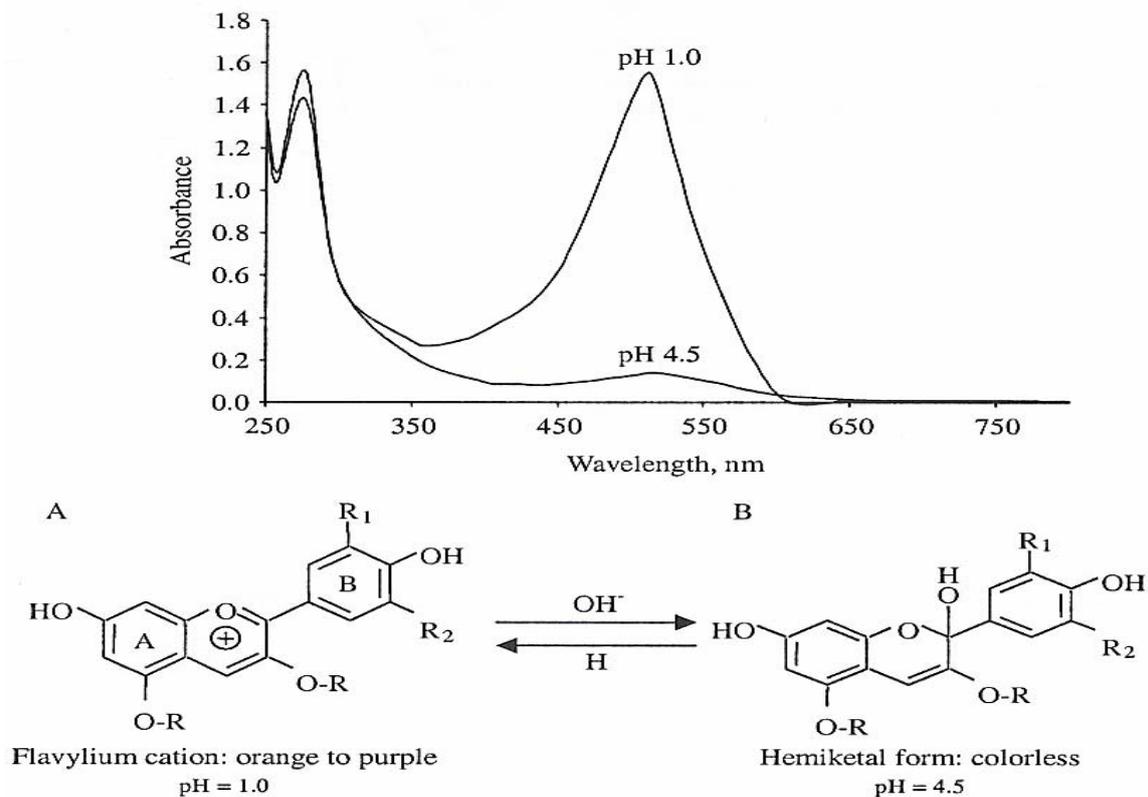


Abbildung 5: Prinzip der Anthocyanbestimmung [14]

2 Material und Methoden

2.1 Material

2.1.1 Produkte

In der untenstehenden Tabelle sind die zur Bestimmung der einzelnen Parameter verwendeten chemischen Produkte bzw. Reagenzien aufgelistet.

Tabelle 1: Verwendete Chemikalien bzw. Reagenzien zur Durchführung der Analysen

Produkt	Formel	Hersteller	Produkt-Nr.
Methanol	CH ₃ OH	Merck	822283
Natriumhydroxid (0.1M-Lösung)	NaOH	Pharmacochemie	VS4212.121
Chlorwasserstoffsäure (konz.)	HCl	Pharmacochemie	CAS Nr.: 7647-01-0
Kaliumchlorid	KCl	Merck	104934
Natriumacetat	CH ₃ CO ₂ Na	Fluka	71181
Natriumcarbonat- Monohydrat	Na ₂ CO ₃ H ₂ O	Ridel-de Haën	13568
DPPH	2,2-Diphenyl-1- picrylhydrazyl	Sigma	115K1319
Trolox	C ₁₄ H ₁₈ O ₄	Acros-Organics	218940050
Gallussäure	(HO ₃)C ₆ H ₂ CO ₂ H	Merck	1.59630.0001
Folin-Ciocalteu (Phenol-Reagenz)	----	Fluka	47641

2.1.2 Apparate

- pH-Meter : Metrohm 691, Typ : 1.691.0010, Nr. : 2E4/356, Herisau, Schweiz
- Multi-Dosimat : Metrohm 645, Typ : 1.645.0010, Nr. : 4M9/169, Herisau, Schweiz



- Labor-Zentrifuge : Hettich Universal, AC 40, Hettich Zentrifugen AG, Bäch, Schweiz
- UV/VIS Spektrometer : Lambda 40, Perkin Elmer Instruments, Schwerzenbach, Schweiz
- Lebensmittelmixer : PM900, Art. Nr. : ELE1000 M4PM, Kenwood, Baar, Schweiz
- Infrarottrockner : LP 17-M, Mettler Instrumente AG, Greifensee, Schweiz
- Refraktometer : Nr. 89178 (mit Thermometer), Erma, Tokio, Japan
- Wasserbad : Salvis, Müller & Krempel, Bülach, Schweiz
- Heizplatte : Müller & Krempel, Bülach, Schweiz
- Heiz-/Rührplatte : Itamag® RCT, Nr. : 0502490, Janke & Kunkel GmbH, IKA Labortechnik, Staufen i. Br., Deutschland
- Vortex-Mischer : REAX 2000, Nr. : 54119, Heidolph, Schwabach, Deutschland
- Analysenwaage : AE240, Mettler Toledo GmbH, Giessen, Deutschland
- Waage : PM200, Mettler Toledo GmbH, Giessen, Deutschland
- Waage : PM4600 DeltaRange, Mettler Toledo GmbH, Giessen, Deutschland

2.1.3 Früchte/Proben

Die Erdbeeren werden in Conthey (Versuchsanlage Agroscope RAC) bzw. Sion oder Zürich geerntet, sobald die Erdbeeren reif sind. Anschliessend werden die Erdbeeren direkt bei -18 °C eingefroren und bis zur Analyse gelagert oder direkt, d.h. frisch, zur Analyse verwendet. Die eingefrorenen Erdbeeren werden vor der Analyse jeweils während ca. 15 Stunden bei 5 °C aufgetaut. Durch die immer gleiche Art kann ein allfälliger Einfluss des Auftauvorgangs ausgeschlossen werden.

Die untenstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die untersuchten bzw. analysierten Erdbeerproben. In der Tabelle sind die Sorte, das Erntedatum, der Anbauort, die Anbauart sowie die durchgeführten Analysen aufgeführt.

Tabelle 2: Während der Diplomarbeit analysierte Erdbeeren

Sorte	Erntedatum	Anbauort	Anbauart	Analyse
Daisy	12. Juni	Conthey	Tunnel	Sortenversuche
	19. Juni			
	02. Juni	Sion	Freiland	
	30. Juni	Zürich	Freiland	
Asia	12. Juni	Conthey	Tunnel	Sortenversuche
	19. Juni			
	02. Juni	Sion	Freiland	
	30. Juni	Zürich	Freiland	
Thutop	12. Juni	Conthey	Tunnel	Sortenversuche
	19. Juni			
	02. Juni	Sion	Freiland	
	30. Juni	Zürich	Freiland	
Yamaska	12. Juni	Conthey	Tunnel	Sortenversuche
	19. Juni			
Sonata	12. Juni	Conthey	Tunnel	Sortenversuche
	19. Juni			
Darlisette	02. Juni	Sion	Freiland	Sortenversuche
	30. Juni	Zürich	Freiland	
Gemma	02. Juni	Sion	Freiland	Sortenversuche
	30. Juni	Zürich	Freiland	
Charlotte	14. August	Conthey	Tunnel	Substratversuche
	10 Oktober			
Darselect	19. Mai	Conthey	Tunnel	Milbenversuche
Alanto	19. September	Conthey	Tunnel	Rezyklierungsversuche Einfrierversuche

2.2 Methoden

2.2.1 Probenverarbeitung

Die Proben bestehen zu einem grossen Teil aus drei Teilproben (gleicher Versuch, gleiches Versuchsfeld, unterschiedliche Probenahmeorte innerhalb des Feldes) zu jeweils ca. 500 g. Andere Proben bestehen aus nur einer 500 g Probe. Es wird jeweils die gesamte Probe (ca. 500 g) analysiert. Dazu wird zuerst die gesamte Erdbeer-Probe mit Hilfe eines Lebensmittelmixers homogenisiert. Auf diese Weise wird einerseits sichergestellt, dass nicht einzelne Früchte aufgrund ihres Aussehens (Grösse, Farbe usw.) oder anderer Merkmale bevorzugt bzw. aussortiert werden und andererseits, dass die gesamte Probe analysiert wird. Dieses Erdbeer-Homogenisat wird anschliessend zur Bestimmung der einzelnen Parameter verwendet. Die Bestimmungen werden jeweils dreifach ($n = 3$) durchgeführt.

2.2.2 Zuckergehalt

Der Gehalt an Zucker der homogenisierten Erdbeeren wird mittels eines Refraktometers der Firma Erma (0-32 °Brix) gemessen. Beim verwendeten Refraktometer handelt es sich um ein Gerät mit Temperaturkorrektur.

Das Resultat wird als °Brix [%] angegeben.

2.2.3 Säuregehalt

Der Säuregehalt (titrierbare Säure) wird gemäss SLMB: Kapitel 28A, Frucht- und Gemüsesäfte, Methode 7.1, sowie gemäss SLMB: Kapitel 30A, Wein aus Trauben, Methode 5.1 durchgeführt [15, 16].

Es werden jeweils 10 g homogenisierte Probe mit E-Wasser im Verhältnis 1:1 (m/v) vermischt, in einem 50 ml Becherglas vorgelegt und mit 0.1 M NaOH-Lösung bis zu einem pH-Wert von 8.1 (Kontrolle mittels pH-Meter) titriert.

Das Resultat wird als g Zitronensäure/100 g frische Früchte angegeben.

Gemäss den oben erwähnten Methoden wird zur Berechnung ein Koeffizient von 0.64 für Zitronensäure verwendet [15, 16].

2.2.4 Extraktion

Die Extraktion der Erdbeeren erfolgt gemäss der Methode von L. Gao und G. Mazza (1995) [17].

Jeweils 30 g Homogenisat werden mit 50 ml MeOH/HCl/H₂O-Lösung (70v/2v/28v) vermischt und in einem Lebensmittelmixer während einiger Minuten homogenisiert. Diese Lösung wird anschliessend während ca. 10 Minuten bei 4500 rpm zentrifugiert. Falls der Überstand nicht klar ist, wird eine weitere Zentrifugation durchgeführt. Dieser klare Überstand (Probe/MeOH-Lösung) wird nun zur Bestimmung des Anthocyanengehalts, des Phenolgehalts sowie der antioxidativen Kapazität eingesetzt.

2.2.5 Antioxidative Kapazität

Die antioxidative Kapazität wird gemäss der Methode von M.C. Alamanni und M. Cossu (2004) bestimmt [8].

Zuerst werden eine 0.1 M DPPH-Lösung in Methanol (DPPH/MeOH-Lösung) sowie eine 4 mM Trolox-Lösung in Methanol (Trolox/MeOH-Lösung) hergestellt. Diese Trolox-Lösung wird als Ausgangslösung für die Bestimmung der Standardkurve (mit den folgenden Konzentrationen: 1/2/4 mM) verwendet.

Anschliessend werden jeweils 10 ml DPPH/MeOH-Lösung mit 100 µl Trolox/MeOH-Lösung (mit den verschiedenen Konzentrationen) bzw. Probe/MeOH (Überstand bei der Extraktion) vermischt. Nach 30 Minuten wird die Absorption bei 517 nm gemessen. Falls die Absorption nach 30 Minuten nicht konstant ist, wird die Absorption solange weiter gemessen, bis sie konstant ist.

Das Resultat wird als µmol Troloxäquivalent (TE)/g frische Früchte angegeben.

Die Probelösung wird unverdünnt eingesetzt.

2.2.6 Phenolgehalt

Der Gehalt an Phenolen (Totalgehalt) wird gemäss der Methode von T. Siriwoharn, R. E. Wrolstad, C. E. Finn und C. B. Pereira (2004) bestimmt [18].

In einer Reihe Reagenzgläser werden jeweils 7.5 ml E-Wasser, 0.5 ml Folin-Ciocalteu Reagenz sowie entweder 0.5 ml Probe (Überstand bei der Extraktion), 0.5 ml Gallussäure-Lösung (Konzentrationen: 50/100/200 ppm) als Standard oder 0.5 ml E-Wasser als Blank

eingefüllt und mit einem Vortex-Mischer gut durchmischt. Nach 10 Minuten bei Raumtemperatur wird in jedes Reagenzglas 3 ml einer 20%-igen Na_2CO_3 -Lösung hinzugegeben, durchmischt und für 20 Minuten in ein Wasserbad bei 40 C° gestellt. Danach werden die Reagenzgläser direkt während 3 Minuten in einem Eisbad abgekühlt und anschliessend wird bei einer Wellenlänge von 755 nm die Absorption gemessen. Das Resultat wird als mg Gallussäureäquivalent (GAE)/100 g frische Früchte angegeben. Die Probelösung wird 10-fach verdünnt.

2.2.7 Anthocyangehalt

Der Anthocyangehalt der Erdbeeren wird gemäss der pH-Differential Methode von R.W. Wrolstad und M. M. Guisti (2001) bestimmt [19].

Die Pufferlösungen (0.025 M KCl bzw. 0.4 M Natriumacetat) werden mit konz. HCl-Lösung auf pH 1.0 (KCl-Lösung) bzw. auf pH 4.5 (Natriumacetat-Lösung) gestellt.

Die Probe (Überstand bei der Extraktion) wird mit der KCl-Lösung 20-fach verdünnt. Nun wird mittels UV/Vis Spektrometer diejenige Wellenlänge gesucht, für die die Absorption maximal ist (die Absorption sollte zwischen 0.4 und 1.0 liegen). Bei dieser Wellenlänge wird nun die Absorption der verdünnten Probe (in Natriumacetat-Lösung) gemessen. Abschliessend wird die Absorption der beiden Verdünnungen (pH 1.0 und pH 4.5) bei einer Wellenlänge von 700 nm gemessen.

Das Resultat wird als mg Pelargonidin-3-glukosid/100 g frische Früchte angegeben. Zur Berechnung wird der molare Extinktionskoeffizient ($22400\text{ L mol}^{-1}\text{ cm}^{-1}$) sowie die Molmasse ($433,2\text{ g/mol}$) von Pelargonidin-3-glukosid verwendet. Diese Werte werden der oben erwähnten Methode entnommen [19].

2.2.8 Statistische Auswertung

Die erhaltenen Resultate werden einer statistischen Auswertung unterzogen. Zuerst wird ein F-Test durchgeführt. Dieser Test vergleicht die Standardabweichungen der einzelnen Analysen miteinander. Nur wenn die Standardabweichungen statistisch gesehen gleich sind, ist eine Durchführung des t-Tests sinnvoll. Nun wird mittels t-Test ermittelt, ob sich die Mittelwerte der einzelnen Analysen voneinander unterscheiden oder nicht [20].

In den Tabellen im Abschnitt Resultate gibt jeweils die grau hinterlegte Zeile an, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Werten in einer Spalte besteht oder



nicht. Dabei bedeutet der Ausdruck „ns“, dass kein Unterschied besteht (nicht signifikant). Ein * bedeutet, dass ein Unterschied für $\alpha = 0.05$ besteht.

In den Graphiken im Abschnitt Resultate bedeuten unterschiedliche Anfangsbuchstaben über den Säulen, dass die Werte signifikant verschieden sind.

Allgemein bedeutet der Begriff signifikant verschieden bzw. unterschiedlich, dass ein statistischer Unterschied ($\alpha = 0.05$) zwischen zwei Werten besteht.

Die Resultate werden jeweils in folgender Form angegeben: Mittelwert \pm Standardabweichung, Anzahl Messungen.

3 Resultate

3.1 Einfluss des Einfrierens auf Qualitätsparameter von Erdbeeren

Für die Untersuchung des Einflusses des Einfrierens und der Lagerung bei -18 °C auf Säure-, Zucker-, Phenol- und Anthocyangehalt sowie auf die antioxidative Kapazität wurden die Erdbeeren am 19. September (Rezyklierungsversuch) geerntet und am selben Tag (mit Ausnahme der Nullprobe) bei -18 °C eingefroren. Die Erdbeeren wurden dann nach 0 Tagen (Nullprobe) sowie nach 5, 12 und 20 Tagen Lagerung (-18 °C) analysiert. Zudem wurde ein Versuch mit frisch geernteten Erdbeeren der Sorte Charlotte, geerntet am 27. September, durchgeführt. Die Erdbeeren wurden jeweils während ca. 15 Stunden bei 5 °C in einem verschliessbaren Plastiksack aufgetaut. So wurde verhindert, dass während des Auftauens austretender Saft bei der Analyse nicht mitbestimmt wird. Ausserdem konnte so der Einfluss des Auftauvorgangs ausgeschlossen werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Verlauf des Zuckergehaltes während der Lagerung bei -18 °C über einen Zeitraum von 20 Tagen.

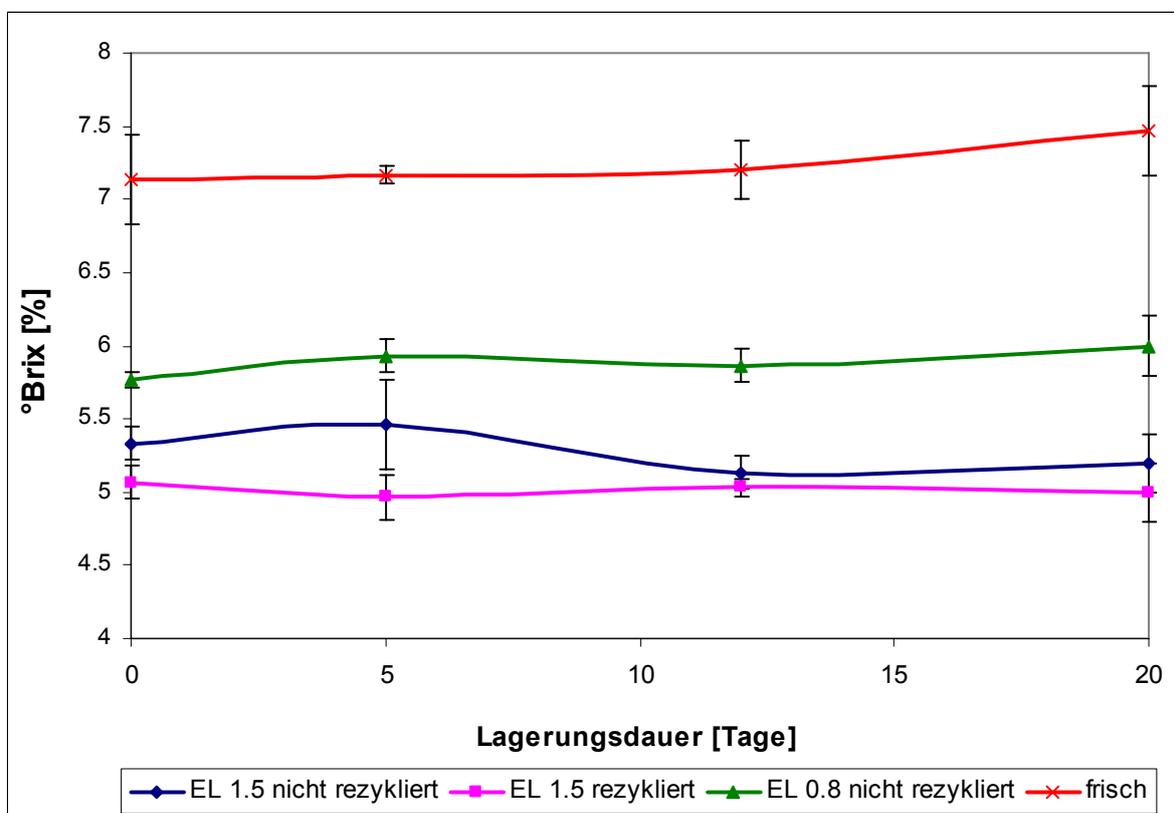


Abbildung 6: Verlauf des Zuckergehaltes während der Lagerung bei -18 °C (Mittelwert \pm SD, $n = 3$)

Aus der Abbildung 6 wird ersichtlich, dass sich der Zuckergehalt der untersuchten Erdbeeren während einer Lagerung von 20 Tagen bei -18 °C nicht verändert. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Werten sind allesamt nicht signifikant. Zudem kann keine Tendenz festgestellt werden, die besagen würde, dass der Zuckergehalt für alle Proben leicht höher oder tiefer als zu Beginn (Nullprobe) der Lagerung liegt. Man sieht also, dass das Einfrieren und die anschliessende Lagerung bei -18 °C während 20 Tagen keinen Einfluss auf den Zuckergehalt der untersuchten Erdbeeren haben.

Untenstehend ist der Verlauf des Säuregehaltes der Erdbeeren während der Lagerung dargestellt.

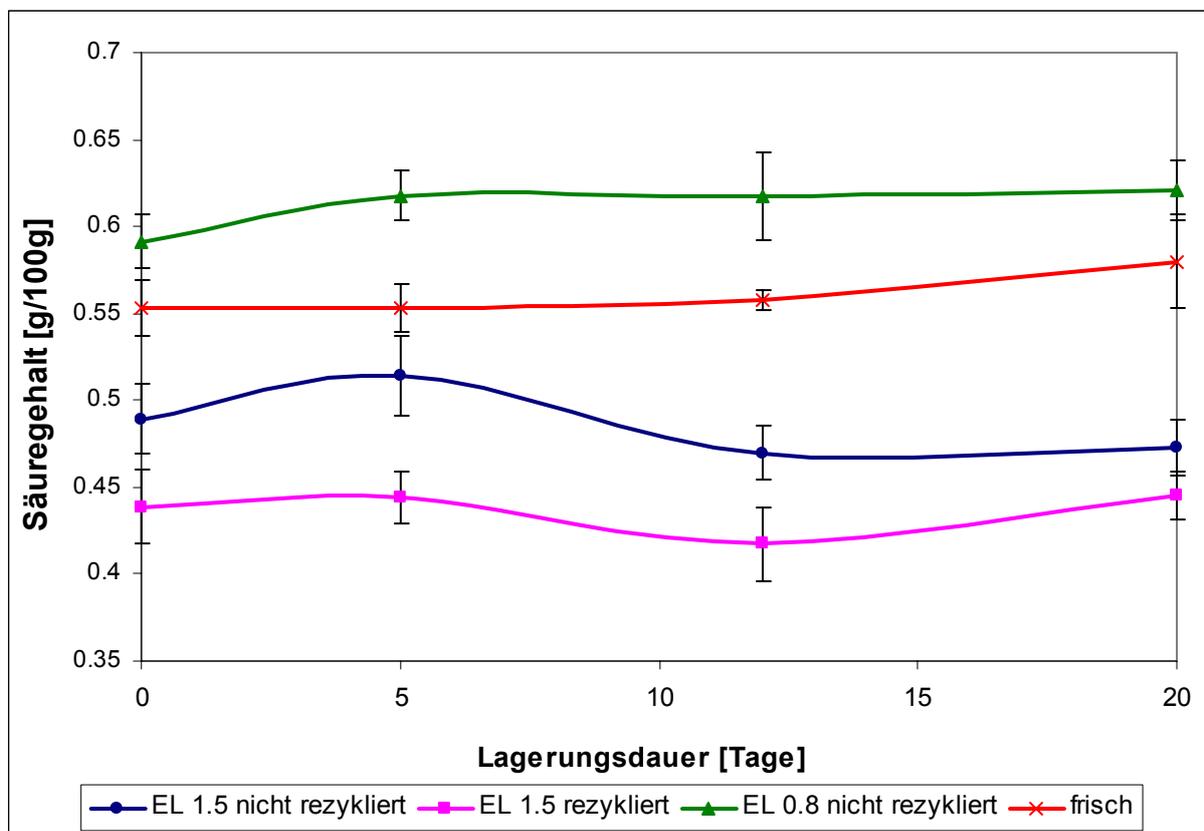


Abbildung 7: Verlauf des Säuregehaltes während der Lagerung bei -18 °C (Mittelwert \pm SD, $n = 3$)

Wie beim Zuckergehalt kann auch beim Säuregehalt festgestellt werden, dass das Einfrieren und die Lagerung keinen Einfluss auf den Gehalt an Säure haben. Die Schwankungen bzw. die Unterschiede zwischen den einzelnen Werten sind nicht signifikant. Auch beim Verlauf des Säuregehaltes kann keine eindeutige Tendenz festgestellt werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Verlauf der antioxidativen Kapazität der Erdbeeren während einer 20-tägigen Lagerung bei -18 °C.

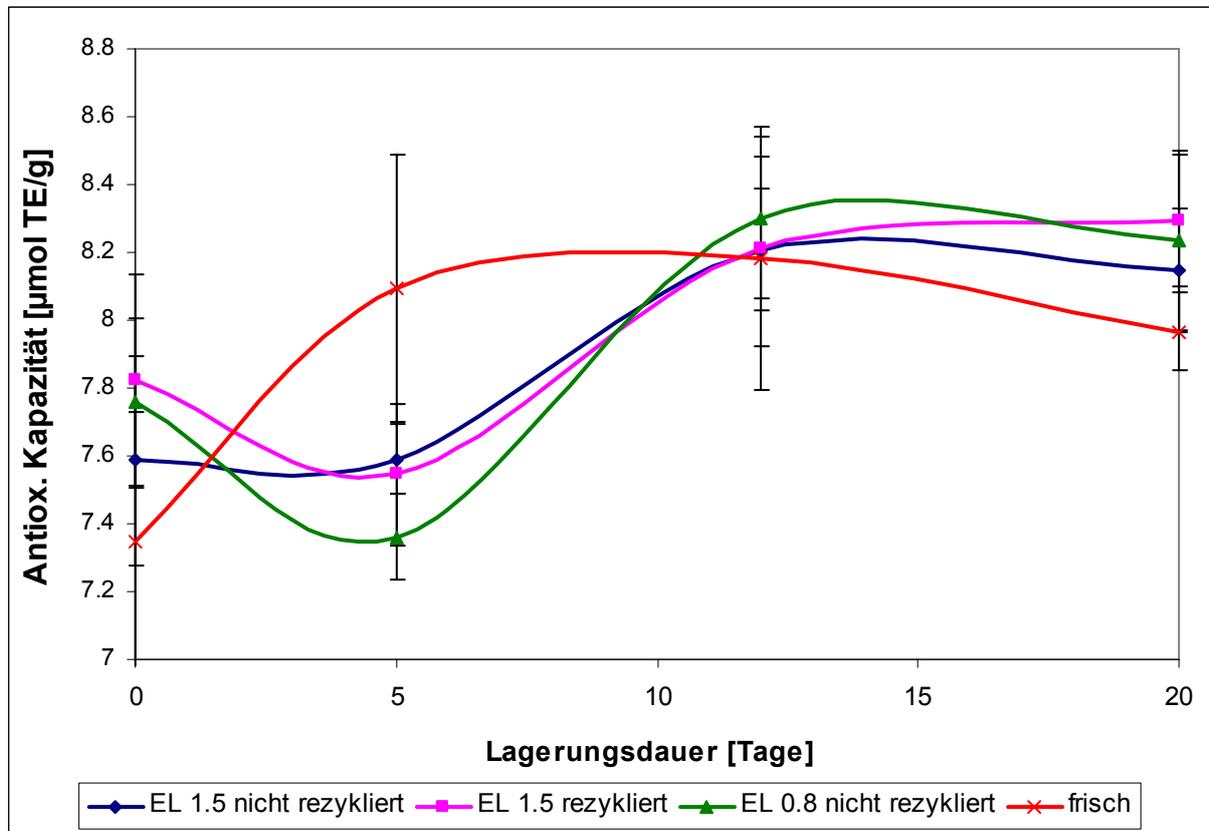


Abbildung 8: Verlauf der antiox. Kapazität während der Lagerung bei -18 °C (Mittelwert \pm SD, n = 3)

Die Abbildung 8 zeigt, dass bei der antioxidativen Kapazität Unterschiede zwischen den einzelnen Werten bestehen. Man muss in diesem Fall jedoch die Skalierung der y-Achse beachten. Die Unterschiede erscheinen dadurch grösser als sie in Wirklichkeit sind. Es gibt signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Werten innerhalb einer Gruppe. Bei der Gruppe EL 1.5 nicht rezykliert (blau) besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten nach 5 Tagen und den Werten nach 12/20 Tagen. Bei der Gruppe (rosa) und der Gruppe EL 0.8 nicht rezykliert (grün) besteht der gleiche Unterschied, d.h. unterschiedliche Werte für 5 und 12/20 Tage Lagerung. Die Tendenz ist also in diesem Fall, dass die Werte für die drei erwähnten Gruppen am 5 Tag jeweils am tiefsten liegen. Diese Abnahme beträgt höchstens 5% für die Gruppe EL 0.8 nicht rezykliert. Danach steigen die Werte auf ein Maximum (bei 12 Tagen), ausser bei der Gruppe EL 1.5 rezykliert, und nehmen danach wieder leicht ab. Bei den frisch geernteten, d.h. die Erdbeeren stammten nicht aus der Versuchsreihe Rezyklierung und werden nur der

Einfachheit halber als frisch bezeichnet, konnte keinerlei Unterschied zwischen den einzelnen Werten festgestellt werden. Auch die oben beschriebene Tendenz trifft auf diese Gruppe nicht zu.

Bei allen untersuchten Proben konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten für 0 Tage (Nullprobe) und für 20 Tage festgestellt werden. Das bedeutet also, dass kein statistischer Einfluss des Einfrierens und der Lagerung auf die antioxidative Kapazität der Erdbeeren besteht. Allerdings kann eine gewisse Tendenz festgestellt werden, die besagt, dass die Endwerte (nach 20 Tagen) allgemein etwas höher liegen als die Anfangswerte. Diese Unterschiede reichen von 6% für die Gruppe EL 1.5 rezykliert bis hin zu 8% für die frisch geernteten Erdbeeren.

In der folgenden Abbildung ist der Verlauf des Phenolgehaltes während der Lagerung bei einer Temperatur von -18 °C dargestellt.

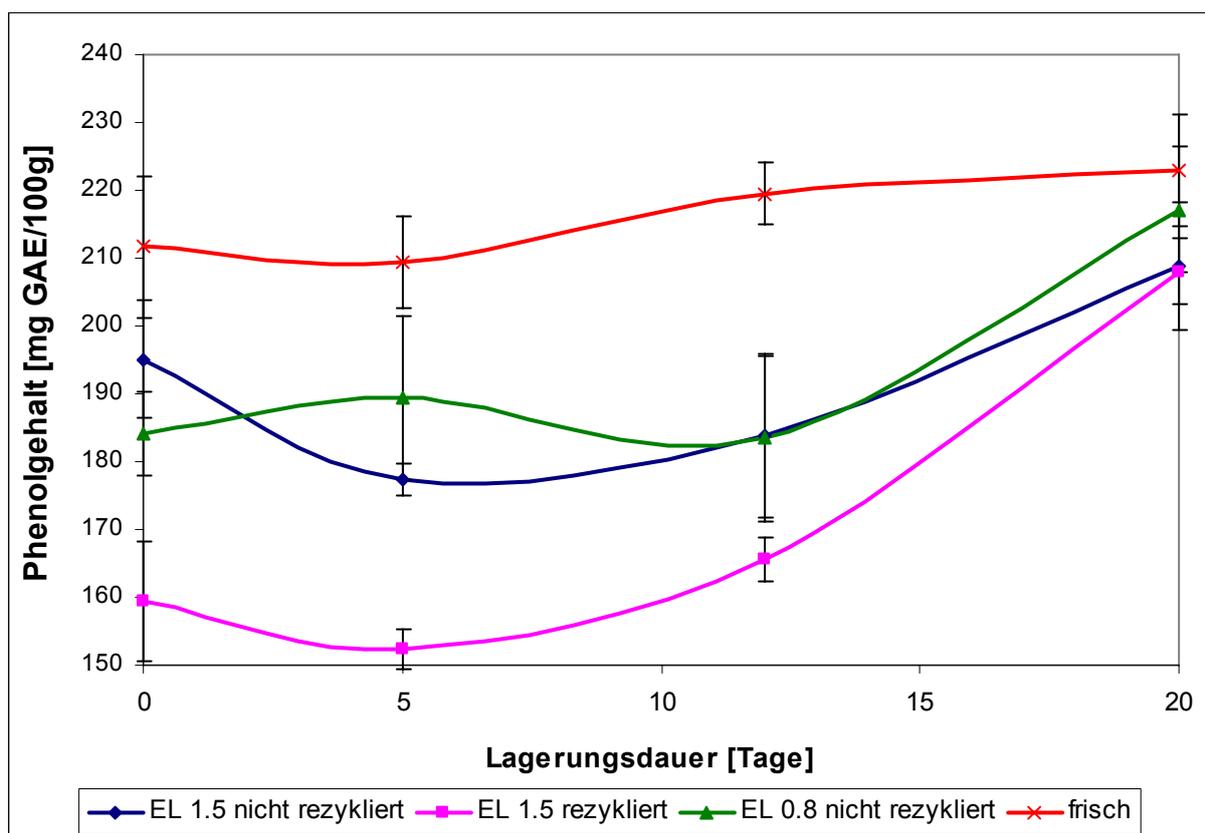


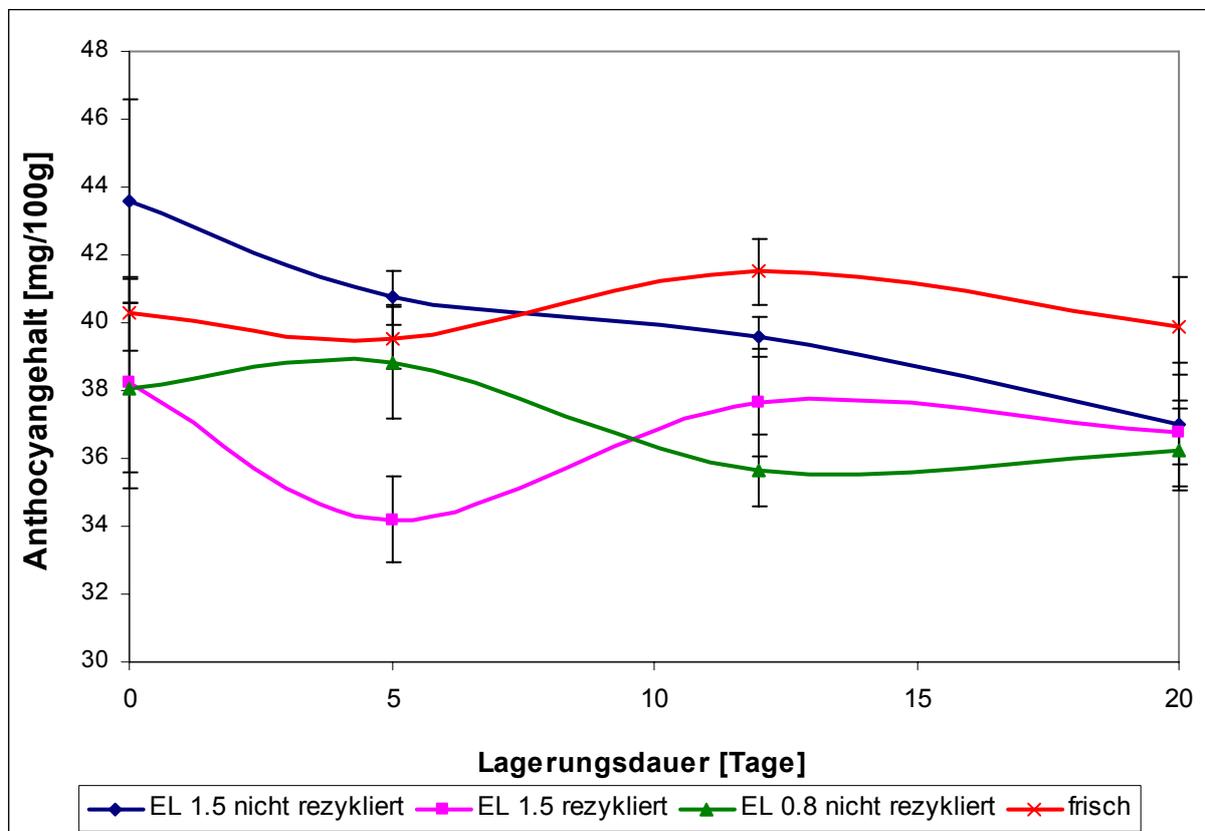
Abbildung 9: Verlauf des Phenolgehaltes während der Lagerung bei -18 °C (Mittelwert \pm SD, n = 3)

In der Abbildung 9 ist zu erkennen, dass der Phenolgehalt bei den untersuchten Erdbeeren für die einzelnen Zeitpunkte der Lagerung teilweise ziemlich stark schwankt. So

gibt es für die Gruppe EL 1.5 nicht rezykliert (blau) signifikante Unterschiede zwischen 0 und 5 Tagen, zwischen 5 und 20 Tagen und zwischen 12 und 20 Tagen. Für die Gruppe EL 1.5 rezykliert (rosa) und die Gruppe EL 0.8 nicht rezykliert (grün) gibt es signifikante Unterschiede zwischen 0/5/12 und 20 Tagen, hier besteht also ein Einfluss der Lagerung bei -18 °C auf den Phenolgehalt. Ein Einfluss des Einfriervorgangs ist nicht erkennbar, die Werte unterscheiden sich bis zu einer Lagerungsdauer von 12 Tagen nämlich nicht. Erst der Wert für eine 20-tägige Lagerung ist zu den anderen signifikant verschieden. Bei den anderen beiden Gruppen, EL 1.5 nicht rezykliert und frisch geerntet ist kein Einfluss des Einfrierens und einer anschließenden Lagerung festzustellen. Bei den frisch geernteten Erdbeeren sind alle Werte statistisch gesehen gleich.

Man kann ebenfalls erkennen, dass die Endwerte (nach 20 Tagen) jeweils höher liegen als die Anfangswerte. Dieser Unterschied reicht von 5% für die frisch geernteten über 7% für die Gruppe EL 1.5 nicht rezykliert und 15% für die Gruppe EL 1.5 nicht rezykliert bis hin zu 23% für die Gruppe EL 1.5 rezykliert.

In der nachfolgenden Abbildung sind die Anthocyanwerte der Erdbeeren dargestellt.



**Abbildung 10: Verlauf des Anthocyangehaltes während der Lagerung bei -18 °C
 (Mittelwert ± SD, n = 3)**

Die Werte für den Anthocyangehalt der einzelnen Erdbeeren sind, wie in der Abbildung 10 ersichtlich, teilweise unterschiedlich. So besteht ein Unterschied zwischen den Werten für 5 und 20 Tage für die Gruppe EL 1.5 nicht rezykliert und ein Unterschied zwischen 5 und 12/20 Tagen für die Gruppe EL 1.5 rezykliert. Für die Gruppen EL 0.8 nicht rezykliert und die Gruppe frisch geerntet bestehen keine Unterschiede zwischen den einzelnen Werten. Allgemein kann festgestellt werden, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Anfangswerten und den Endwerten nach einer Lagerung von 20 Tagen bei -18 °C besteht. Das Einfrieren und die Lagerung haben also keinen direkten Einfluss auf den Anthocyangehalt der Erdbeeren.

3.2 Einfluss der Behandlung gegen Milben auf Qualitätsparameter von Erdbeeren

In der untenstehenden Tabelle sind die erhaltenen Werte der einzelnen Analysen für die Milbenversuche angegeben. Der Begriff behandelt bedeutet, dass die Erdbeeren gegen einen Milbenbefall behandelt wurden. Die Behandlung erfolgte mit den folgenden Akariziden: Zenar (0.04%, d.h. 400 g/ha, am 13. April) und Envidor (0.04%, am 28. April). Die Erdbeeren (Sorte Darselect) wurden am 19. Mai geerntet und eingefroren. Wie unter Punkt 2.2.8 beschrieben wurde, wird in der grau hinterlegten Zeile angegeben, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten besteht oder nicht.

Tabelle 3: Analysenwerte für die Milbenversuche bei Erdbeeren (Mittelwert ± SD, n = 3)

	Säuregehalt [g/100g]	°Brix [%]	Antiox. Kapazität [µmol TE/g]	Phenolgehalt [mg GAE/100g]	Anthocyangehalt [mg/100g]
behandelt	0.84 ± 0.01	8.9 ± 0.1	8.1 ± 0.1	305 ± 2	46 ± 3
unbehandelt	0.84 ± 0.02	9.1 ± 0.1	8.4 ± 0.2	334 ± 9	37 ± 2
	ns	ns	ns	*	*

Wie man in der Tabelle 3 sieht, hat eine Behandlung gegen Milben bzw. gegen einen Milbenbefall keinen Einfluss auf den Säure- und den Zuckergehalt sowie auf die antioxidative Kapazität. Der Einfluss der Behandlung beschränkt sich auf den Phenol- und den Anthocyangehalt. Das bedeutet, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen diesen Werten gibt. Der Phenolgehalt bei den behandelten Erdbeeren beträgt 305 mg GAE/100 g und liegt somit 9% tiefer als der Wert für die unbehandelten Erdbeeren von

334 mg GAE/100 g. Andererseits ist der Wert des Anthocyangehaltes für die behandelten Erdbeeren mit 46 mg/100 g um 20% höher als für die unbehandelten Erdbeeren mit 37 mg/100 g. Zudem liegen die antioxidative Kapazität und der Zuckergehalt der unbehandelten über dem Wert der behandelten Erdbeeren. Diese Unterschiede sind jedoch nicht signifikant. Der Säuregehalt ist bei beiden Proben, behandelt und unbehandelt, identisch.

3.3 Einfluss verschiedener Substrate auf Qualitätsparameter von Erdbeeren

Die Substratversuche wurden doppelt durchgeführt, d.h. für zwei unterschiedliche Erntedaten. Die erste Serie (1. Ernte) wurde am 14. August geerntet, die zweite Serie am 10. Oktober. So können die erhaltenen Werte und allfällige signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Substraten der ersten und der zweiten Ernte miteinander verglichen und Tendenzen bestätigt oder verworfen werden. Die Substratversuche wurden mit Erdbeeren der Sorte Charlotte durchgeführt.

Die untenstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die erhaltenen Werte bei der Untersuchung der verschiedenen Substrate für die erste Ernte vom 14. August.

Tabelle 4: Analysenwerte für die Versuche der ersten Ernte vom 14. August für Erdbeeren (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedliche Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$). Als Ertrag wird der Mittelwert für die Ertragswerte vom 9. August und dem 14. August verstanden.

Substrat	Ertrag [g/Pflanze]	Säuregehalt [g/100g]	°Brix [%]	Antiox. Kapazität [μ mol TE/g]	Phenolgehalt [mg GAE/100g]	Anthocyangehalt [mg/100g]
100% Kompost	665	0.69 \pm 0.02	9.0 \pm 0.5	8.1 \pm 0.2	169 \pm 5a	37 \pm 3
Florentaise	347	0.70 \pm 0.01	8.1 \pm 0.9	8.1 \pm 0.2	220 \pm 11b	38 \pm 5
Palmeco	696	0.70 \pm 0.01	8.1 \pm 0.6	8.0 \pm 0.3	236 \pm 7bc	39 \pm 4
Puzzolane	447	0.73 \pm 0.05	8.9 \pm 1.0	8.4 \pm 0.1	241 \pm 9c	40 \pm 2
100% Torf	339	0.72 \pm 0.03	8.9 \pm 0.6	8.6 \pm 0.3	246 \pm 12c	40 \pm 4
Torf & Komp.	578	0.68 \pm 0.02	8.4 \pm 0.4	8.6 \pm 0.3	246 \pm 10c	41 \pm 2
		ns	ns	ns	*	ns

Man kann in der Tabelle 4 erkennen, dass die unterschiedlichen Substrate keinen signifikanten Einfluss auf den Säure-, den Zucker- und den Anthocyangehalt sowie auf die antioxidative Kapazität der untersuchten Erdbeeren aufweisen. Die Art des Substrates hat

jedoch einen Einfluss auf den Phenolgehalt der Erdbeeren. Man sieht, dass der Wert für ein Substrat aus 100% Kompost mit Abstand am tiefsten liegt. Dieser Wert liegt zwischen 23% und 31% tiefer als die Werte für die anderen Substrate. Weiterhin lässt sich feststellen, dass die Werte für die Substrate Palmeco, Puzzolane, 100% Torf sowie für eine Mischung aus Torf und Kompost statistisch gesehen gleich sind. Der Wert für das Substrat Florentaise ist um 7% bis 10% tiefer als für die eben erwähnten Substrate und ist statistisch gesehen verschieden zu den Substraten Puzzolane, 100% Torf sowie zu der Mischung aus Torf und Kompost. Kein signifikanter Unterschied besteht zwischen den Substraten Florentaise und Palmeco.

Die untenstehende Tabelle zeigt die erhaltenen Werte für die einzelnen Substrate der zweiten Ernte vom 10. Oktober 2006.

Tabelle 5: Analysenwerte für die Versuche der zweiten Ernte vom 10. Oktober für Erdbeeren (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedliche Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$). Als Ertrag wird der Ertragswert für den 26. September verstanden.

Substrat	Ertrag [g/Pflanze]	Säuregehalt [g/100g]	°Brix [%]	Antiox. Kapazität [μ mol TE/g]	Phenolgehalt [mg GAE/100g]	Anthocyangehalt [mg/100g]
100% Kompost	356	0.55 \pm 0.03	7.7 \pm 0.5	7.6 \pm 0.1	216 \pm 8a	39 \pm 3
Florentaise	425	0.55 \pm 0.02	7.4 \pm 0.5	7.4 \pm 0.1	214 \pm 8ab	36 \pm 3
Palmeco	437	0.56 \pm 0.02	7.5 \pm 0.6	7.4 \pm 0.3	213 \pm 16a	37 \pm 3
Puzzolane	284	0.55 \pm 0.02	8.5 \pm 0.5	7.7 \pm 0.2	239 \pm 9b	40 \pm 2
100% Torf	512	0.53 \pm 0.01	7.6 \pm 0.5	7.7 \pm 0.1	214 \pm 10a	36 \pm 2
Torf & Komp.	572	0.54 \pm 0.02	7.5 \pm 0.4	7.6 \pm 0.2	232 \pm 5ab	37 \pm 3
		ns	ns	ns	*	ns

Die Tabelle 5 bestätigt die bei der ersten Ernte gesehenen Tendenzen (Tabelle 4) bezüglich des Einflusses des Substrates auf die untersuchten Parameter. Man kann erkennen, dass das Substrat keinen signifikanten Einfluss auf den Säure-, den Zucker- und den Anthocyangehalt sowie auf die antioxidative Kapazität der untersuchten Erdbeeren aufweist. Ebenfalls identisch ist der Einfluss des Substrates auf den Phenolgehalt. Die in Tabelle 3 gesehenen Tendenzen bezüglich des Phenolgehaltes der einzelnen Substrate lassen sich hier nicht bestätigen. Der Gehalt für 100% Kompost liegt nicht mehr unter allen anderen, der Wert ist statistisch gesehen gleich den Werten für die Substrate Florentaise,

Palmeco und 100% Torf. Die beiden Substrate Puzzolane und die Mischung aus Torf und Kompost besitzen mit 239 mg GAE/100 g bzw. 232 mg GAE/ 100 g die höchsten Werte.

3.4 Einfluss der Erdbeersorte auf Qualitätsparameter von Erdbeeren

Bei den Sortenversuchen wurden verschiedene Erdbeersorten bezüglich Säure-, Zucker-, Phenol- und Anthocyanengehalt sowie bezüglich antioxidativer Kapazität miteinander verglichen. Dabei wurde ebenfalls der Einfluss des Erntedatums und des Anbauortes von verschiedenen Erdbeersorten untersucht.

3.4.1 Vergleich der einzelnen Erdbeersorten

3.4.1.1 Sortenversuche in Conthey

In den Graphiken dieses Abschnittes sind die erhaltenen Werte für die in Conthey durchgeführten Sortenversuche dargestellt. Untersucht wurden dabei die Sorten Daisy, Asia, Sonata, Yamaska sowie Thutop. Die blauen Säulen stehen für das Erntedatum 12. Juni, die violetten für das Erntedatum 19. Juni. Die über den Säulen angegebenen Buchstaben geben einen allfälligen Unterschied der einzelnen Werte an. Gleiche Buchstaben bedeuten, dass kein signifikanter Unterschied besteht, bei unterschiedlichen Buchstaben besteht ein solcher Unterschied. Der erste Buchstabe gibt jeweils die Hauptgruppe an, d.h. zwei Werte (nur ein Buchstabe) mit unterschiedlichen ersten Buchstaben sind verschieden. Ausser in dem Fall wenn zwei Buchstaben für einen Wert angegeben sind. Dann ist ein Wert (zwei Buchstaben) mit unterschiedlichem Anfangsbuchstaben gleich einem anderen (ein Buchstabe), falls der zweite Buchstabe (**ba**) eines Wertes dem ersten Buchstaben des zweiten Wertes (**a**) entspricht. Zwei Werte (zwei Buchstaben) können jedoch die gleichen zweiten Buchstaben aufweisen, das bedeutet, dass die beiden Werte zwar untereinander unterschiedlich sind (**ba** und **da**) auf der anderen Seite jedoch gleich einem anderen Wert (**ac**) mit gleichem Anfangsbuchstaben. Es wird in diesen Darstellungen nur ein Vergleich der einzelnen Sorten für das gleiche Erntedatum durchgeführt, d.h. die Buchstaben gelten jeweils nur für eine Farbe bzw. ein Erntedatum. Die Unterschiede zwischen den beiden Erntedaten werden im Abschnitt Einfluss des Erntedatums untersucht. Trotzdem können in den einzelnen Graphiken bereits einige Tendenzen festgestellt bzw. aufgezeigt werden.

Untenstehend sind die erhaltenen Werte für den Zuckergehalt (Brix°) für die Erdbeersorten Daisy, Asia, Sonata, Yamaska sowie Thutop dargestellt. Es handelt sich hierbei um Erdbeeren die in Conthey unter Tunnel angepflanzt und am 12. Juni bzw. am 19. Juni geerntet wurden.

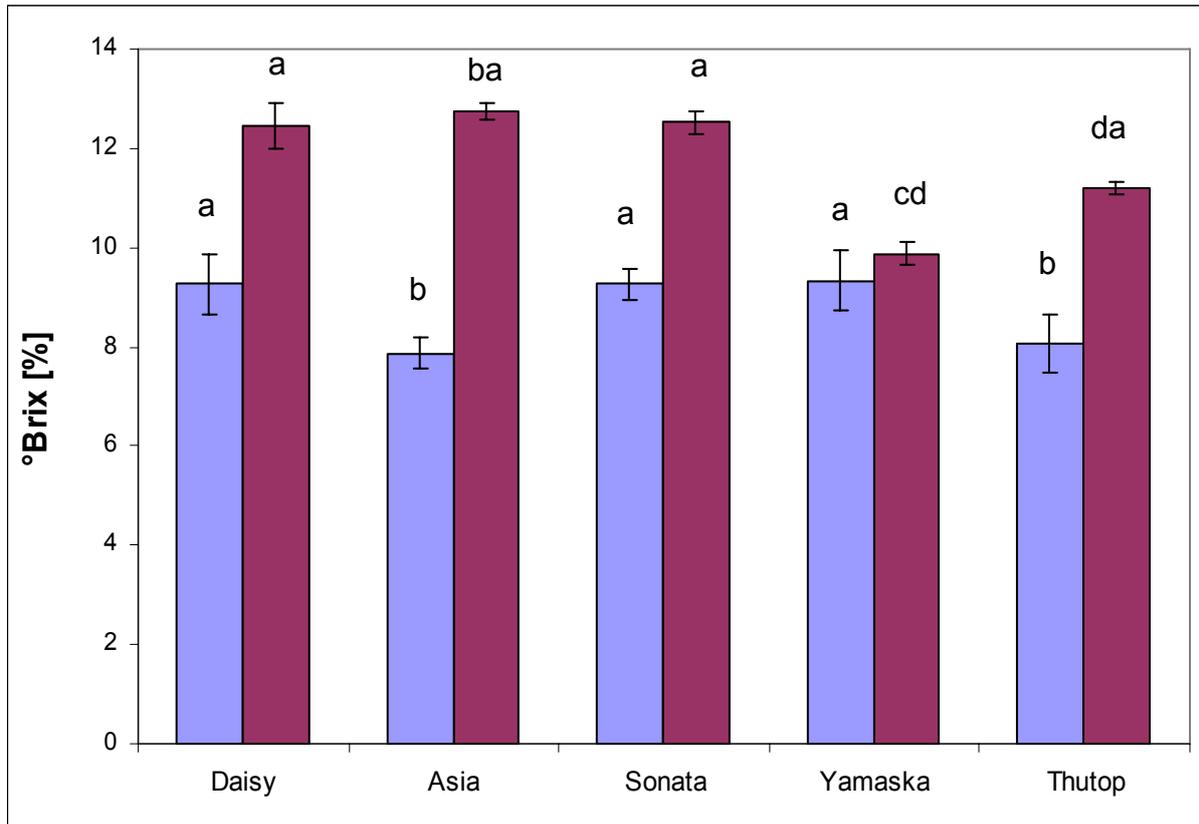


Abbildung 11: Zuckergehalt der untersuchten Erdbeersorten in Conthey für die Erntedaten 12. Juni (blau) und 19. Juni (violett). (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 11 kann man erkennen, dass die Werte für den Zuckergehalt für den 19. Juni jeweils höher liegen, zum Teil sogar viel höher. Dieser Unterschied reicht von 6% für die Sorte Yamaska bis hin zu 38% für die Sorte Asia. Die Unterschiede für die anderen Sorten liegen zwischen 26% für Daisy/Sonata und 28% für die Sorte Thutop.

Andererseits erkennt man, dass die Unterschiede unter den Sorten bei gleichem Erntedatum teilweise sehr gering sind. Diese Unterschiede liegen bei höchstens 22% für den 19. Juni (zwischen Asia und Yamaska) und bei 15% für den 12. Juni (zwischen Asia und Yamaska/Daisy/Sonata). Die Werte für den Zuckergehalt liegen für den 19. Juni zwischen 9.9% und 12.7%, für den 12. Juni zwischen 7.9% und 9.3%.

Weiter sieht man, dass die Sorte Asia am 19. Juni mit 12.7% den höchsten Wert unter allen Sorten aufweist und andererseits am 12. Juni den tiefsten Wert mit 7.9%. Von einem hohem Zuckergehalt am 19. Juni lässt sich also nicht zwangsläufig auf einen hohen Zuckergehalt eine Woche später am 12. Juni schliessen. Das bestätigen auch die Werte für die Sorte Yamaska. Die Erdbeeren dieser Sorte besitzen am 19. Juni mit 9.9% den tiefsten Zuckergehalt aller untersuchten Sorten, am 12. Juni andererseits mit 9.3% zusammen mit den Sorten Daisy und Sonata den höchsten Wert. Es lässt sich also keine klare Tendenz feststellen.

In der untenstehenden Abbildung sind die Werte für den Säuregehalt der einzelnen Erdbeersorten dargestellt.

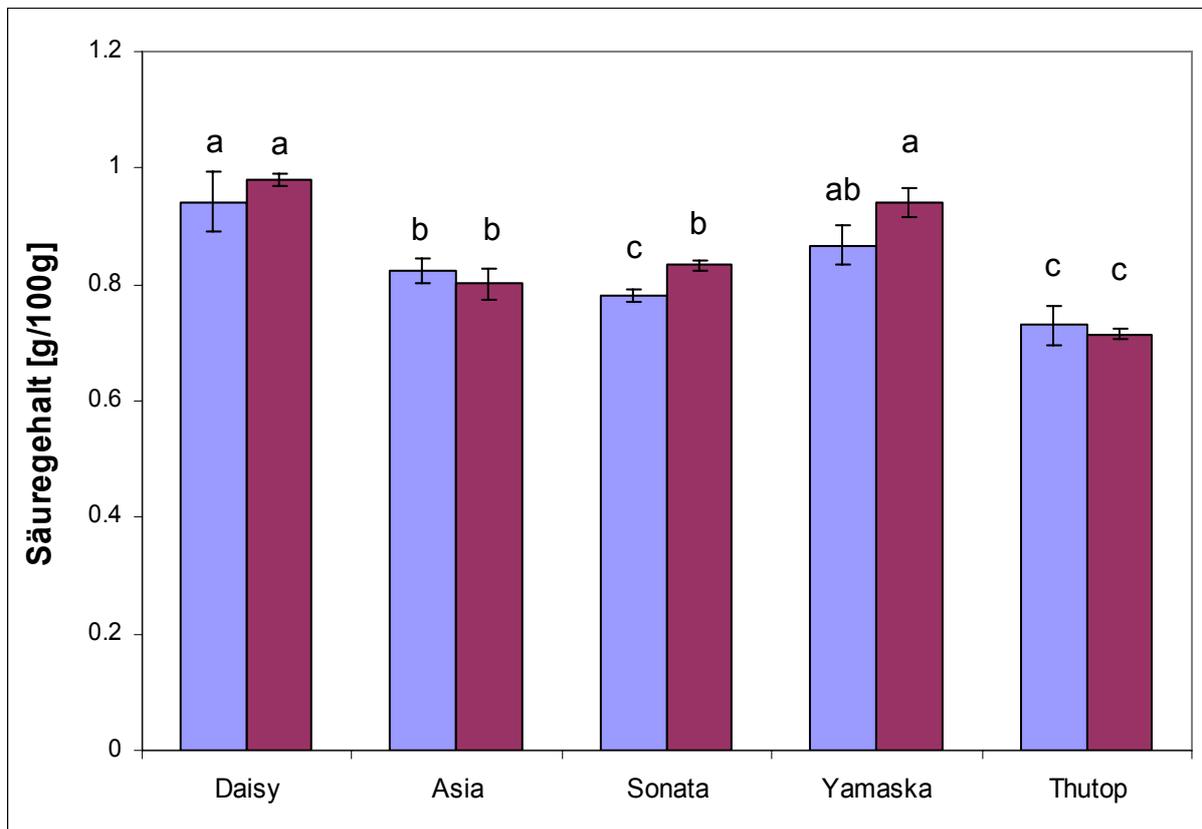


Abbildung 12: Säuregehalt der untersuchten Erdbeersorten in Conthey für die Erntedaten 12. Juni (blau) und 19. Juni (violett). (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 12 ist keine klare Tendenz bezüglich der Entwicklung des Säuregehaltes in Funktion des Erntedatums feststellbar. Während die Sorten Daisy, Sonata und

Yamaska am 19. Juni einen höheren Säuregehalt aufweisen als am 12. Juni, liegen die Werte für die Sorten Asia und Thutop am 12. Juni höher als am 19. Juni.

Die Sorten Daisy und Yamaska unterscheiden sich in ihrem Säuregehalt an beiden Erntedaten nicht. Ebenso weisen die Sorten Asia und Sonata für den 19. Juni die gleichen Werte auf, für den 12. Juni sind die Werte allerdings verschieden.

Erdbeeren der Sorte Thutop weisen mit 0.73 g/100 g am 12. Juni und mit 0.71 g/100 g am 19. Juni, also an beiden Erntedaten, die jeweils tiefsten Werte auf. Die Sorte Daisy weist ihrerseits mit 0.94 g/100 g am 12. Juni und mit 0.98 g/100 g am 19. Juni an beiden Daten die jeweils höchsten Werte für den Säuregehalt der untersuchten Erdbeersorten auf.

Der grösste Unterschied im Säuregehalt zwischen den Erntedaten besteht mit 7% für die Sorte Yamaska, der kleinste mit 3% für die Sorte Thutop. Man sieht, dass die Unterschiede beim Säuregehalt viel tiefer liegen als für den Zuckergehalt.

In dieser Abbildung sind die Werte für die antioxidative Kapazität dargestellt.

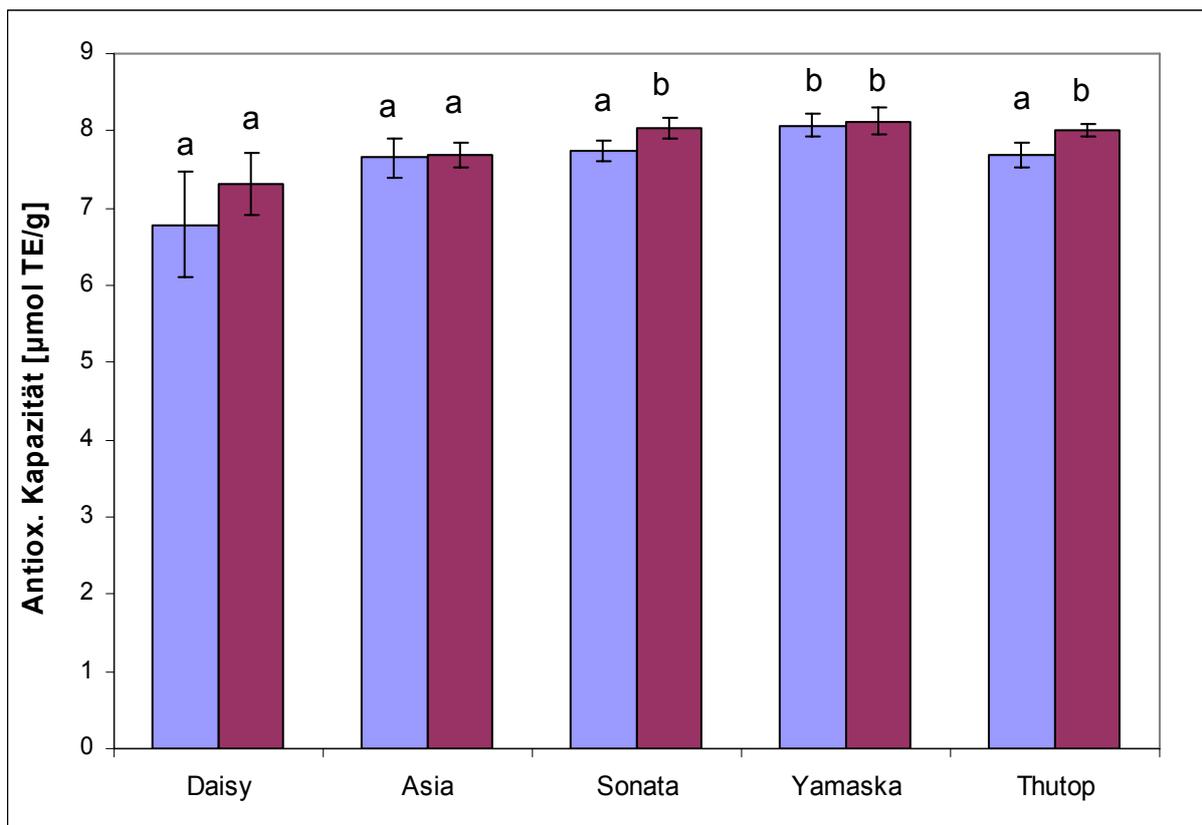


Abbildung 13: Antioxidative Kapazität der untersuchten Erdbeersorten in Conthey für die Erntedaten 12. Juni (blau) und 19. Juni (violett). (Mittelwert ± SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 13 kann man erkennen, dass Erdbeeren der Daisy sowohl am 12. Juni mit 6.79 $\mu\text{mol TE/g}$ als auch am 19. Juni mit 7.31 $\mu\text{mol TE/g}$ die tiefsten Werte für die antioxidative Kapazität der untersuchten Sorten aufweisen. Auf der anderen Seite besitzen Erdbeeren der Sorte Yamaska mit 8.07 $\mu\text{mol TE/g}$ (12. Juni) bzw. 8.13 $\mu\text{mol TE/g}$ (19. Juni) für beide Erntedaten die höchsten Werte.

Weiter ist zu erkennen, dass sich die Werte für die einzelnen Sorten nur leicht unterscheiden. Für den 12. Juni ist einzig die Sorte Yamaska in Vergleich zu den anderen Sorten unterschiedlich, die anderen Sorten weisen keine signifikanten Unterschiede untereinander auf. Für den 19. Juni gibt es zwei Gruppen, eine besteht aus den Sorten Daisy und Asia, die andere aus den Sorten Sonata, Yamaska und Thutop. Die Werte jeweils einer Gruppe sind signifikant nicht verschieden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die erhaltenen Werte für den Phenolgehalt der einzelnen Erdbeersorten für den 12. Juni und den 19. Juni.

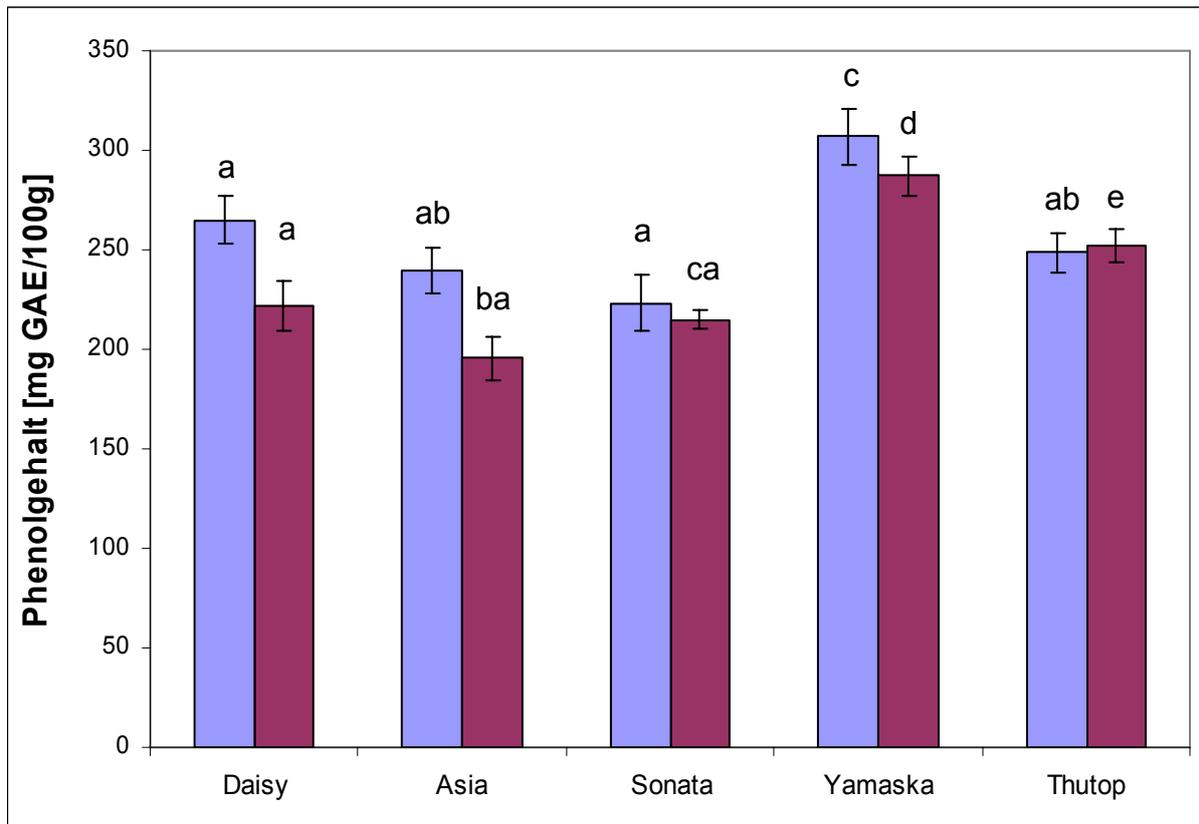


Abbildung 14: Phenolgehalt der untersuchten Erdbeersorten in Conthey für die Erntedaten 12. Juni (blau) und 19. Juni (violett). (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 14 ist zu erkennen, dass die Werte für den Phenolgehalt, mit Ausnahme der Sorte Thutop, am 12. Juni höher sind als die Werte am 19. Juni. Dieser Unterschied reicht von 4% für die Sorte Sonata bis zu 18% für die Sorte Asia. Für die Sorte Thutop besteht kein Unterschied zwischen den beiden Werten, das Erntedatum hat keinen Einfluss auf den Phenolgehalt.

Die Sorte Yamaska besitzt für beide Erntedaten mit 307 mg GAE/100 g bzw. 287 mg GAE/100 g die höchsten Werte aller untersuchten Sorten. Die beiden Werte sind von den Werten der anderen Sorten signifikant verschieden.

Die Sorten Daisy, Asia und Sonata und Thutop besitzen für beide Erntedaten die praktisch gleichen Werte. Ein signifikanter Unterschied besteht nur zwischen den Sorten Asia und Sonata für den 19. Juni und zwischen Thutop und den restlichen Sorten für den 19. Juni.

In der nachfolgenden Abbildung sind die erhaltenen Werte für den Anthocyanengehalt der einzelnen Erdbeersorten dargestellt.

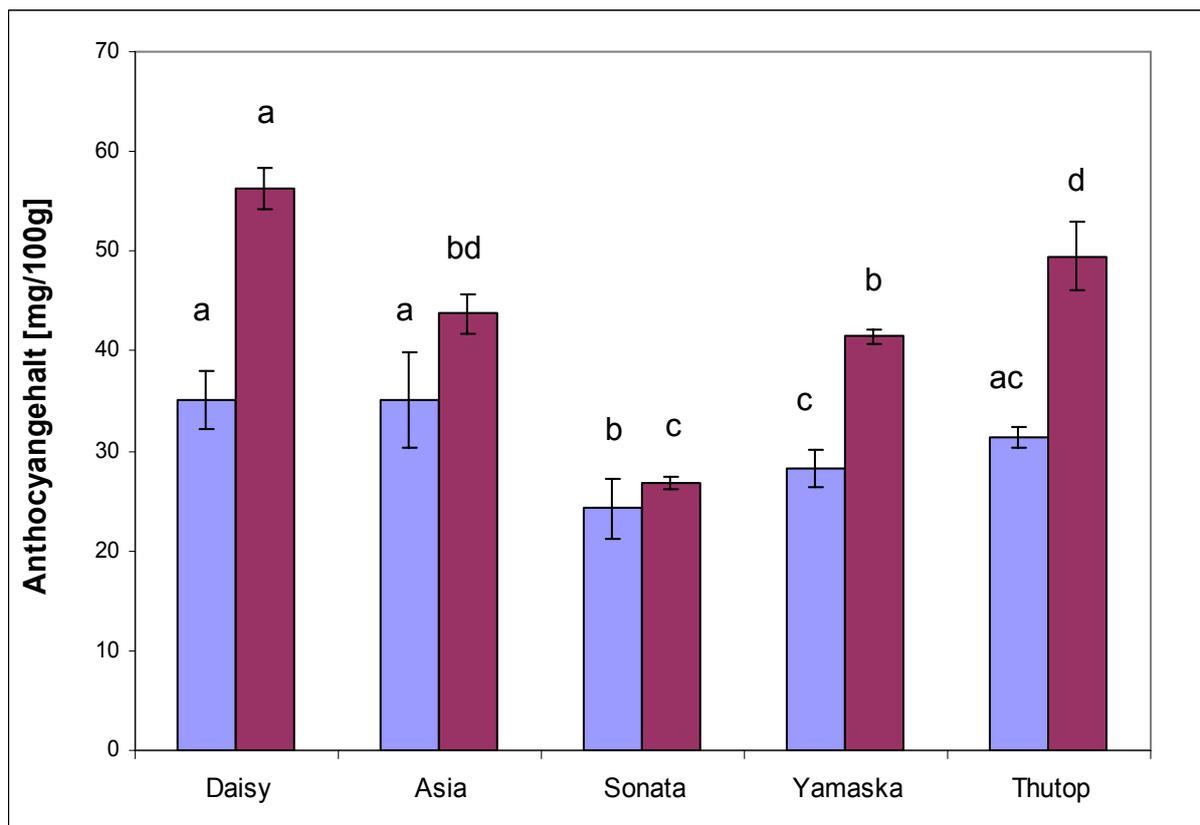


Abbildung 15: Phenolgehalt der untersuchten Erdbeersorten in Conthey für die Erntedaten 12. Juni (blau) und 19. Juni (violett). (Mittelwert ± SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

Aus der Abbildung 15 wird ersichtlich, dass Erdbeeren, welche am 19. Juni geerntet wurden einen höheren Anthocyangehalt aufweisen als solche, die am 12. Juni geerntet wurden. Dieser Unterschied ist teilweise ziemlich hoch, er liegt zwischen 10% für die Sorte Sonata und 38% für die Sorte Daisy. Die anderen Sorten besitzen Unterschiede von 20% und mehr.

Die Sorte Daisy besitzt mit 56 mg /100 g bzw. 35 mg/100 g an beiden Erntedaten die höchsten Werte aller untersuchten Erdbeersorten. Die Sorte Sonata besitzt ihrerseits mit 27 mg/100 g bzw. 24 mg/100g für beide Daten die tiefsten Werte.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten sind für den 19. Juni grösser als für den 12. Juni. Am 19. Juni sind es beispielsweise 29 mg/100 g oder 52% zwischen den Sorten Daisy und Sonata. Am 12. Juni beträgt der grösste Unterschied, wieder zwischen Daisy und Sonata, 11 mg/100 g oder 31%.

Am 12. Juni besitzen die Sorten Daisy, Asia und Thutop statistisch gesehen den gleichen Anthocyangehalt.

3.4.1.2 Sortenversuch in Sion und Zürich

In den unten abgebildeten Graphiken sind die erhaltenen Werte für die in Sion und Zürich durchgeführten Sortenversuche dargestellt. Untersucht wurden dabei die Sorten Daisy, Asia, Sonata, Yamaska sowie Thutop. Die blauen Säulen stehen für die in Sion angebauten und geernteten, die violetten für die in Zürich angebauten und geernteten Erdbeeren. Wie im Abschnitt Sortenversuche in Sion geben die über den Säulen angegebenen Buchstaben einen allfälligen Unterschied der einzelnen Werte an. Gleiche Buchstaben bedeuten, dass kein signifikanter Unterschied besteht, bei unterschiedlichen Buchstaben besteht ein solcher Unterschied. Der erste Buchstabe gibt jeweils die Hauptgruppe an, d.h. zwei Werte (ein Buchstabe) mit unterschiedlichen ersten Buchstaben sind verschieden. Ausser in dem Fall wenn zwei Buchstaben für einen Wert angegeben sind. Dann ist ein Wert (zwei Buchstaben) mit unterschiedlichem Anfangsbuchstaben gleich einem anderen (ein Buchstabe), falls der zweite Buchstabe (**ba**) eines Wertes dem ersten Buchstaben des zweiten Wertes (**a**) entspricht. Zwei Werte (zwei Buchstaben) können jedoch die gleichen zweiten Buchstaben aufweisen, das bedeutet, dass die beiden Werte zwar untereinander unterschiedlich sind (**ba** und **da**) auf der anderen Seite jedoch gleich einem anderen Wert (**ac**) mit gleichem

Anfangsbuchstaben. Es wird in diesen Darstellungen nur ein Vergleich der einzelnen Sorten für die beiden unterschiedlichen Anbauorte durchgeführt, d.h. die Buchstaben gelten jeweils nur für eine Farbe bzw. einen Anbauort. Die Unterschiede zwischen den beiden Anbauorten werden im Abschnitt Einfluss des Anbauortes untersucht. Trotzdem können und in den einzelnen Graphiken bereits einige Tendenzen festgestellt bzw. aufgezeigt werden.

Untenstehend sind die erhaltenen Werte für den Zuckergehalt (°Brix) für die Erdbeersorten Daisy, Asia, Sonata, Yamaska sowie Thutop dargestellt. Es handelt sich bei diesen Erdbeeren um Freiland-Erbeeren.

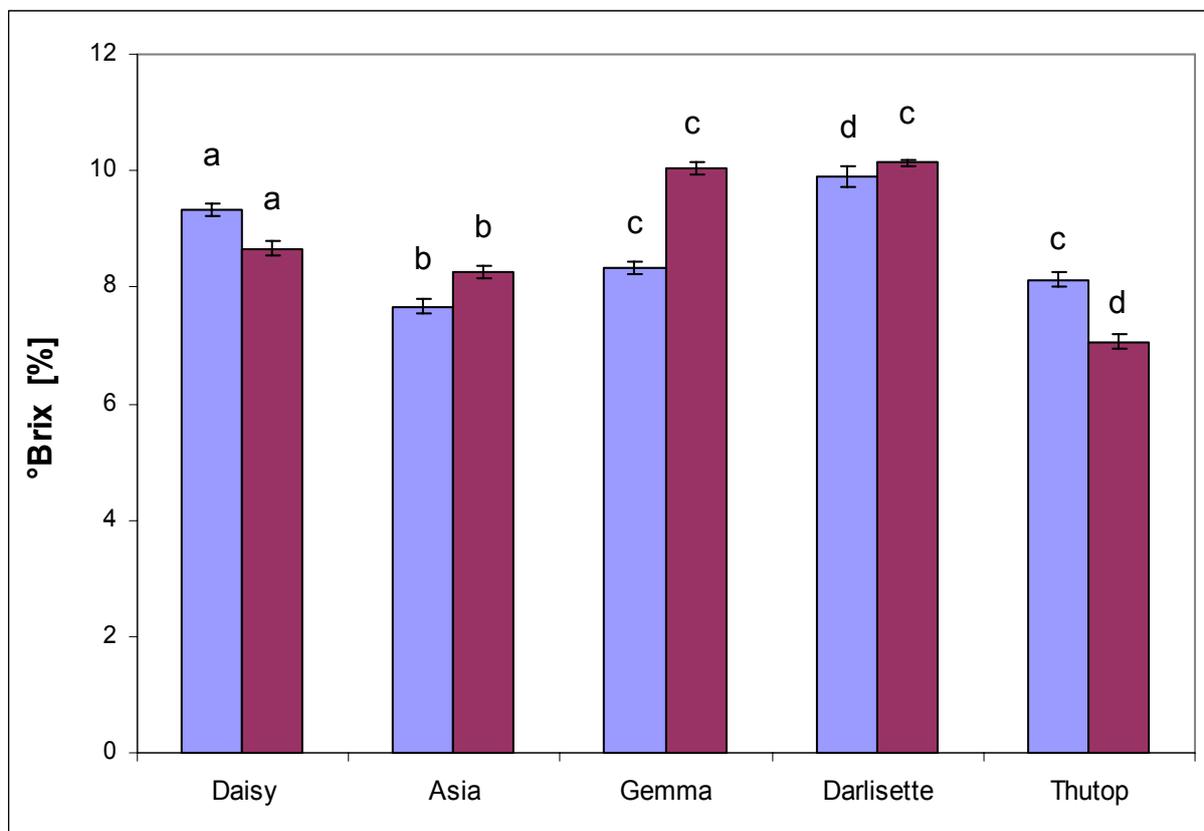


Abbildung 16: Zuckergehalt der untersuchten Erdbeersorten in Sion (blau) und Zürich (violett). (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

Aus der Abbildung 16 ist keine klare Tendenz ablesbar, d.h. es kann nicht gesagt werden, dass Erdbeeren die in Sion angebaut und geerntet werden höhere oder tiefere Zuckergehalte aufweisen als Erdbeeren aus Zürich. Die Sorten Daisy und Thutop besitzen in Sion höhere Werte als in Zürich, die Sorten Asia, Gemma und Darlisette besitzen in

Zürich die höheren Werte. Die Unterschiede zwischen den Anbauorten betragen zwischen 2% für die Sorte Darlisette und 17% für die Sorte Gemma.

Die Sorte Darlisette besitzt an beiden Anbauorten mit 9.9% bzw. 10.1% die höchsten Werte. Die tiefsten Werte weisen in Sion mit 7.7% die Sorte Asia und in Zürich mit 7.1% die Sorte Thutop auf.

Weiter ist erkennbar, dass sich die Werte der einzelnen Erdbeersorten für einen Anbauort teilweise stark voneinander unterscheiden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Werte für den Säuregehalt der verschiedenen Erdbeersorten.

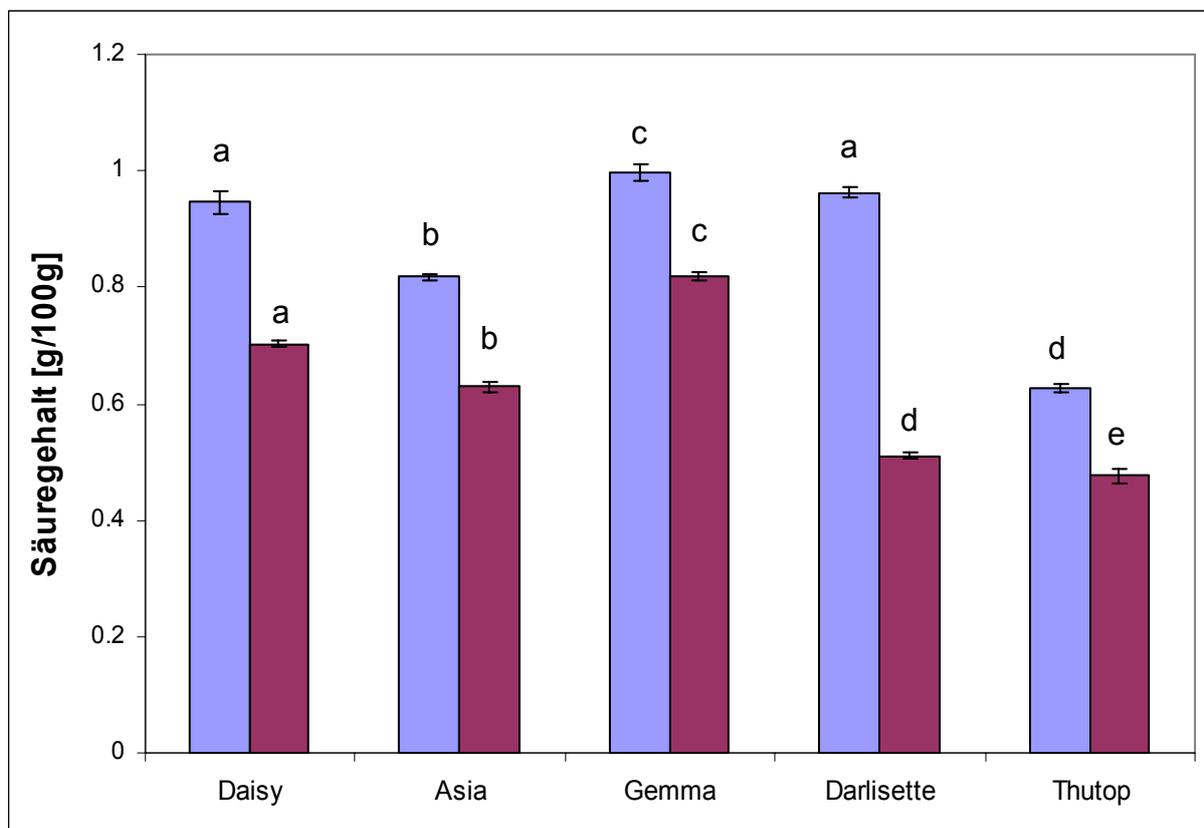


Abbildung 17: Säuregehalt der untersuchten Erdbeersorten in Sion (blau) und Zürich (violett). (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

Die Abbildung 17 zeigt, dass für alle untersuchten Erdbeersorten der Säuregehalt der in Sion angebauten Erdbeeren höher ist als der in Zürich angebauten. Diese Unterschiede sind teilweise sehr gross und liegen zwischen 17% für die Sorte Gemma und 56% für die Sorte Darlisette. Die Unterschiede der anderen Sorten liegen zwischen 23% und 26%.

Die Sorte Gemma weist für beide Anbauorte mit 0.99 bzw. 0.82 g/100 g die höchsten Werte auf, die Sorte Thutop mit 0.63 g/100 g bzw. 0.48 g/100 g die tiefsten Werte aller untersuchten Erdbeersorten.

Auch beim Säuregehalt gibt es unter den einzelnen Sorten für jeweils einen Anbauort teilweise grosse Unterschiede.

In der untenstehenden Abbildung sind die Werte für die antioxidative Kapazität der einzelnen Erdbeersorten für beide Anbauorte dargestellt.

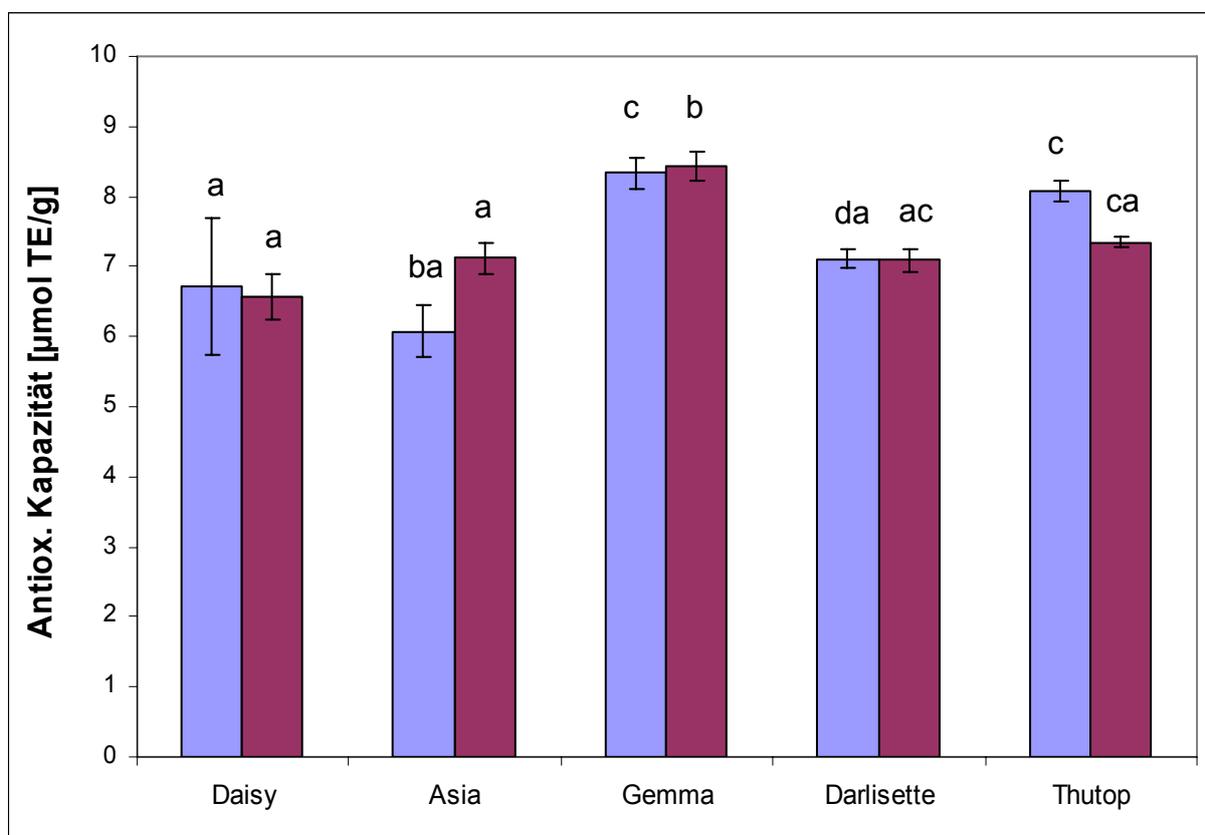


Abbildung 18: Antioxidative Kapazität der untersuchten Erdbeersorten in Sion (blau) und Zürich (violett). (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 18 zeigt, dass sich für die antioxidative Kapazität keine klare Tendenz feststellen lässt. Man kann nicht sagen, dass die Werte für die Erdbeeren aus Sion immer höher als die aus Zürich sind oder umgekehrt. Die Sorten Daisy und Thutop besitzen eine höhere antioxidative Kapazität in Sion, die Sorten Asia und Gemma in Zürich. Die Werte der Sorte Darlisette sind gleich. Die Unterschiede liegen zwischen 15% für die Sorte Asia und 1% für die Sorte Gemma. Die Unterschiede sind allgemein eher klein.

Man sieht, dass die Sorte Gemma mit 8.3 $\mu\text{mol TE/g}$ bzw. 8.4 $\mu\text{mol TE/g}$ die höchsten Werte für beide Anbauorte aufweist. Die Sorte Asia besitzt mit 6.1 $\mu\text{mol TE/g}$ den tiefsten Wert in Sion, die Sorte Daisy mit 6.6 $\mu\text{mol TE/g}$ den tiefsten Wert in Zürich.

In Zürich sind die Werte für die antioxidative Kapazität der Sorten Daisy, Asia, Darlisette und Thutop gleich, einzig der Wert für die Sorte Gemma ist signifikant höher. In Sion ist die Streuung der Werte unter den einzelnen Sorten grösser.

Die folgende Abbildung stellt die erhaltenen Werte für den Phenolgehalt der untersuchten Erdbeeren dar.

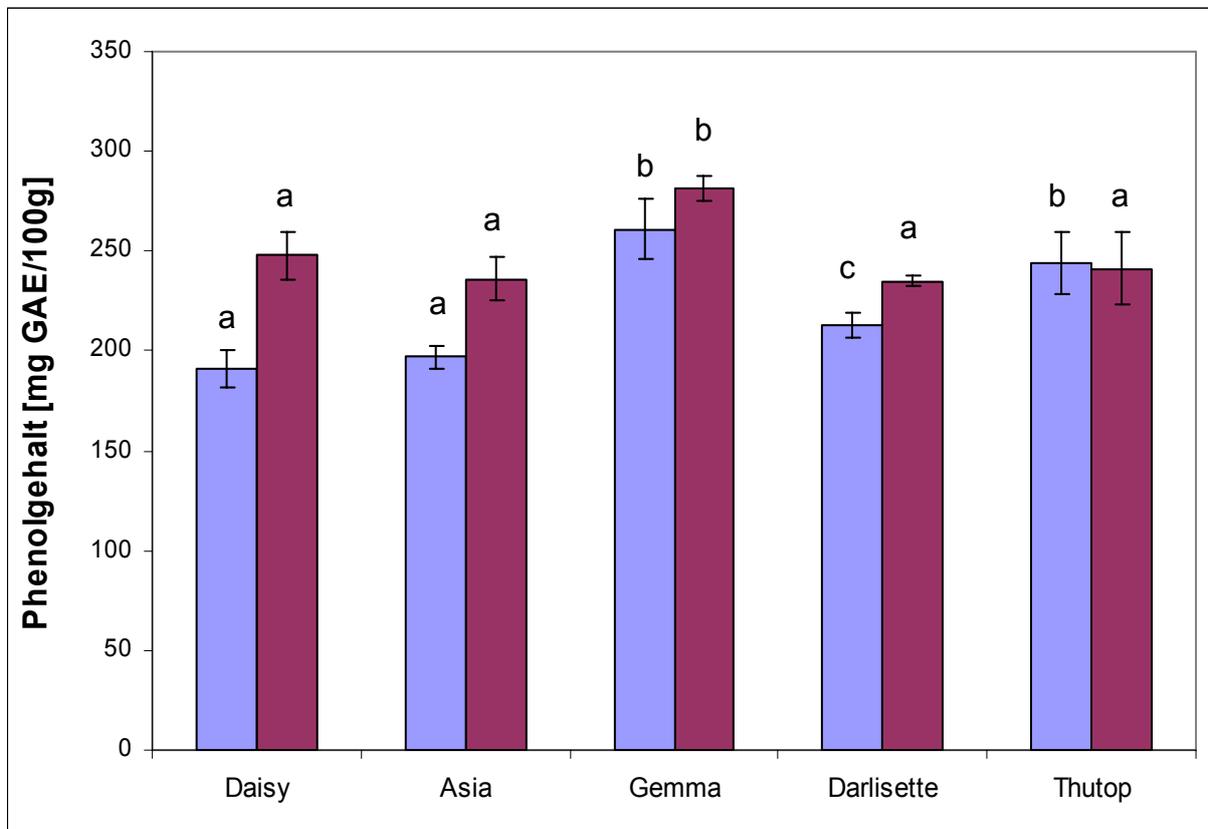


Abbildung 19: Phenolgehalt der untersuchten Erdbeersorten in Sion (blau) und Zürich (violett). (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 19 kann man feststellen, dass der Phenolgehalt für die in Sion angebaute Erdbeeren, mit Ausnahme der Sorte Thutop, jeweils höher ist als für Erdbeeren die in Zürich angebaut wurden. Dieser Unterschied beträgt für die Sorte Daisy (grösster Unterschied) 57 mg GAE/100g oder 23%, für die Sorte Gemma (kleinster

Unterschied) 21 mg GAE/100 g oder 7%. Der Unterschied für die Sorte Thutop, einzige Sorte mit einem höheren Phenolgehalt in Sion, ist der Unterschied sehr klein, nur gerade 4 mg GAE/100 g oder 1%.

Die Sorte Gemma besitzt mit 261 mg GAE/100 g bzw. 281 mg GAE/100 g die höchsten Werte für beide Standorte. Dieser Umstand korreliert mit den Werten für die antioxidative Kapazität der Erdbeeren. Den tiefsten Wert in Sion besitzt die Sorte Daisy mit 191 mg GAE/100 g, den tiefsten Wert in Zürich mit 235 mg GAE/100 g die Sorte Darlisette.

Für die in Zürich angebauten Erdbeeren ist nur die Sorte Gemma von den anderen signifikant verschieden, zwischen den Werten der anderen Sorten besteht kein Unterschied. In Sion gibt es drei unterschiedliche Gruppen; Daisy und Asia, Gemma und Thutop sowie die Sorte Darlisette, welche zu allen anderen Sorten unterschiedlich ist.

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Anthocyangehalt der einzelnen Erdbeersorten.

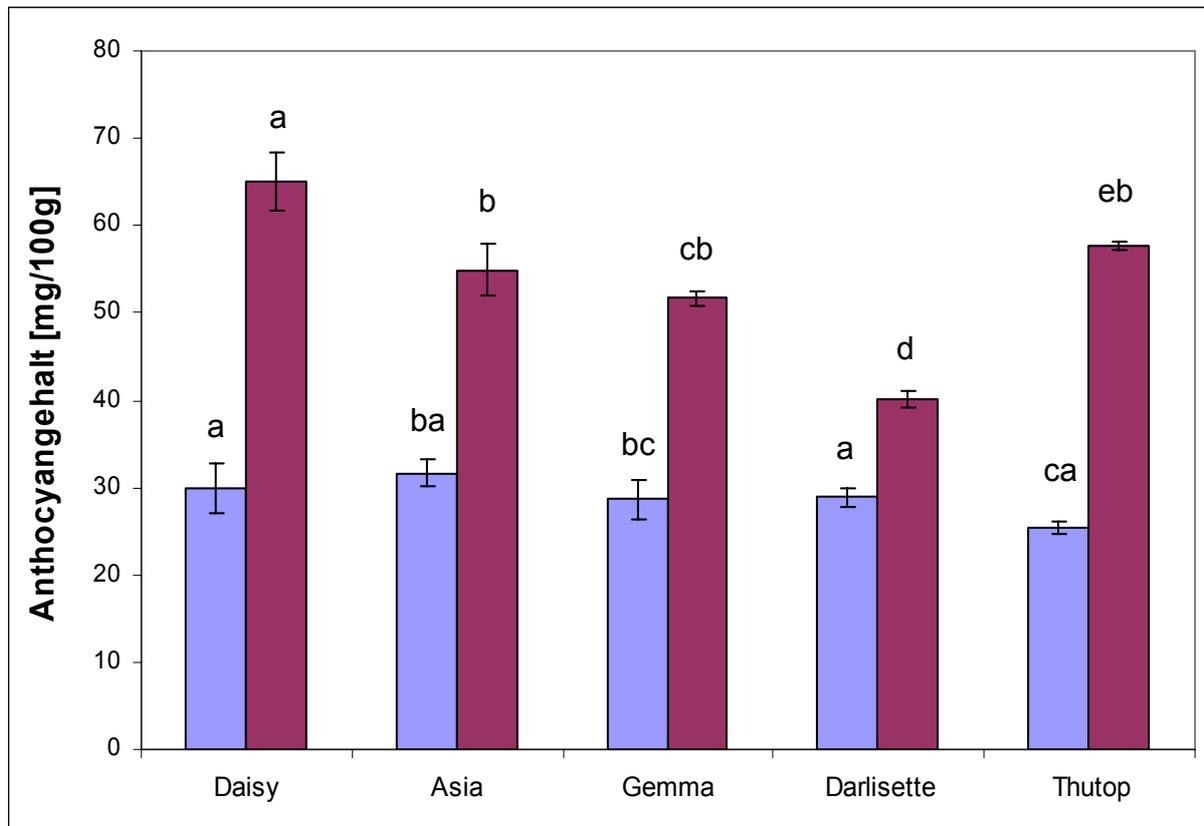


Abbildung 20: Anthocyangehalt der untersuchten Erdbeersorten in Sion (blau) und Zürich (violett). (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 20 ist zu erkennen, dass die Werte für den Anthocyanengehalt für alle untersuchten Erdbeersorten in Zürich viel höher sind als für Erdbeeren die in Sion angebaut und geerntet wurden. Dieser Unterschied liegt zwischen 28% für die Sorte Darlisette und 56% für die Sorte Thutop. Die anderen Unterschiede liegen allesamt über 40%.

Den höchsten Wert für den Anthocyanengehalt in Zürich besitzt mit 65 mg/100 g die Sorte Daisy, den tiefsten Wert mit 40 mg/100 g die Sorte Darlisette. In Sion ist der höchste Wert mit 32 mg/100 g derjenige der Sorte Asia und der tiefste Wert gehört mit 25 mg/100 g der Sorte Thutop.

Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Sorten sind in Sion ziemlich gross, in Zürich sind diese Unterschiede viel kleiner. So beträgt der Unterschied zwischen den Sorten Daisy und Darlisette in Zürich 38%, der Unterschied zwischen den Sorten Asia und Thutop in Sion mit 19% nur die Hälfte.

3.4.1.3 Übersicht der Sortenversuche

In diesem Abschnitt werden die erhaltenen Werte der drei Erdbeersorten Daisy, Asia und Thutop für die drei Anbauorte Conthey, Sion und Zürich sowie für die beiden Erntedaten in Conthey (12. Juni und 19. Juni) miteinander verglichen. Das Ziel ist, allfällige Tendenzen aufzuzeigen.

Dazu werden die verschiedenen Resultate einer Sorte nebeneinander gestellt und wie in den beiden vorhergehenden Kapiteln auf Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten überprüft. Auch in diesem Kapitel geben die über den Säulen stehenden Buchstaben einen allfälligen Unterschied der einzelnen Werte an. Gleiche Buchstaben bedeuten, dass kein signifikanter Unterschied besteht, bei unterschiedlichen Buchstaben besteht ein solcher Unterschied. Der erste Buchstabe gibt jeweils die Hauptgruppe an, d.h. zwei Werte (ein Buchstabe) mit unterschiedlichen ersten Buchstaben sind verschieden. Ausser in dem Fall wenn zwei Buchstaben für einen Wert angegeben sind. Dann ist ein Wert (zwei Buchstaben) mit unterschiedlichem Anfangsbuchstaben gleich einem anderen (ein Buchstabe), falls der zweite Buchstabe (**ba**) eines Wertes dem ersten Buchstaben des zweiten Wertes (**a**) entspricht. Zwei Werte (zwei Buchstaben) können jedoch die gleichen zweiten Buchstaben aufweisen, das bedeutet, dass die beiden Werte zwar untereinander unterschiedlich sind (**ba** und **da**) auf der anderen Seite jedoch gleich einem anderen Wert

(ac) mit gleichem Anfangsbuchstaben. Die Buchstaben gelten jeweils nur für eine Erdbeersorte.

Diese Abbildung zeigt die Zuckergehalte der drei Erdbeersorten Daisy, Asia und Thutop für alle Variationen (Anbauort und Erntedatum) an.

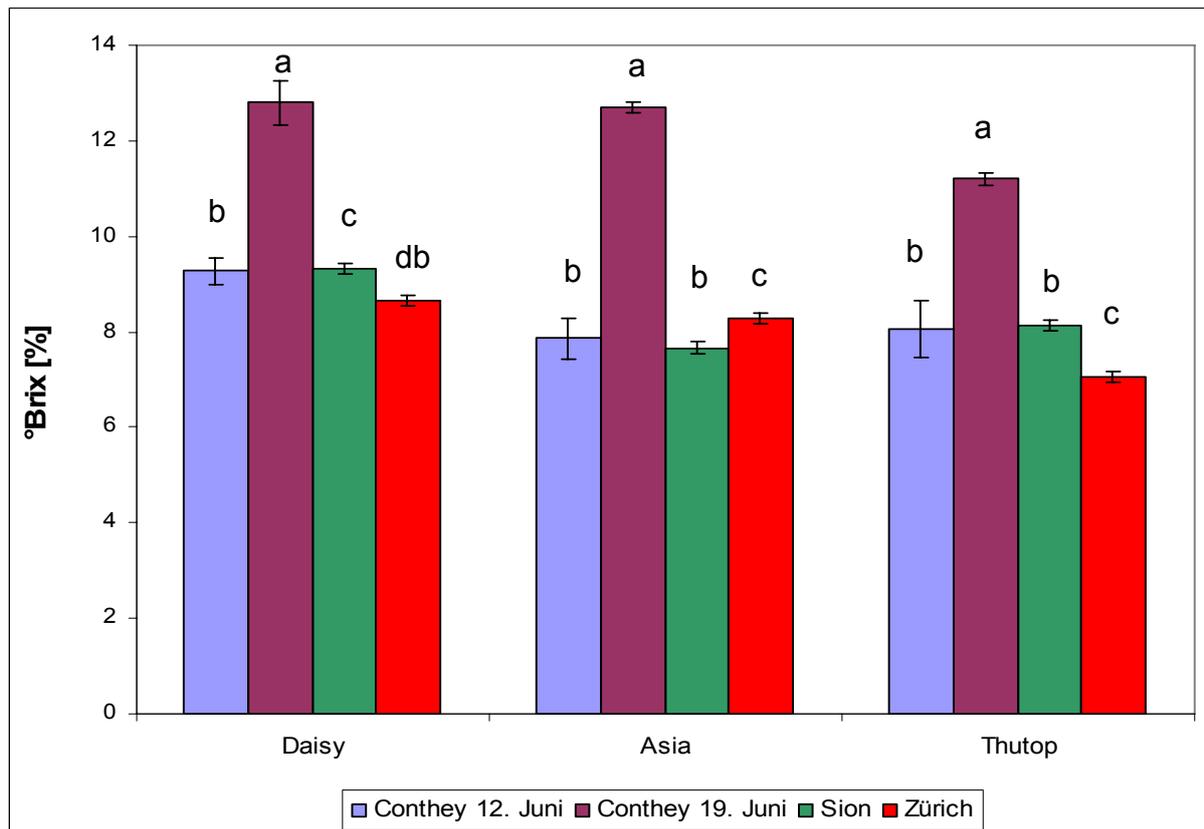


Abbildung 21: Zuckergehalt der Erdbeersorten Daisy, Asia und Thutop in Conthey, Sion und Zürich (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

Die Abbildung 21 zeigt, dass die Zuckergehalte für alle drei untersuchten Erdbeersorten in Conthey für das Erntedatum 19. Juni mit Abstand am höchsten sind. Diese Unterschiede zwischen höchstem und tiefstem Wert einer Sorte betragen für die Sorte Thutop 37%, für die Sorte Daisy 30% und für die Sorte Asia 39%. Die Unterschiede zwischen höchstem und zweithöchstem Wert betragen für die Sorte Thutop 28%, für die Sorte Daisy 26% und für die Sorte Asia 35%.

Weiterhin kann man erkennen, dass der Zuckergehalt für die Orte Conthey (am 12. Juni), Sion sowie Zürich nur sehr wenig voneinander abweicht. Die Werte sind mehr oder weniger gleich.

Es ist, mit Ausnahme des ersten Wertes (Conthey 19. Juni), also keine eindeutige Tendenz für die Entwicklung des Zuckergehaltes der drei verschiedenen Erdbeersorten erkennbar.

Die untenstehende Abbildung gibt einen Überblick über die erhaltenen Werte für den Säuregehalt der Erdbeeren.

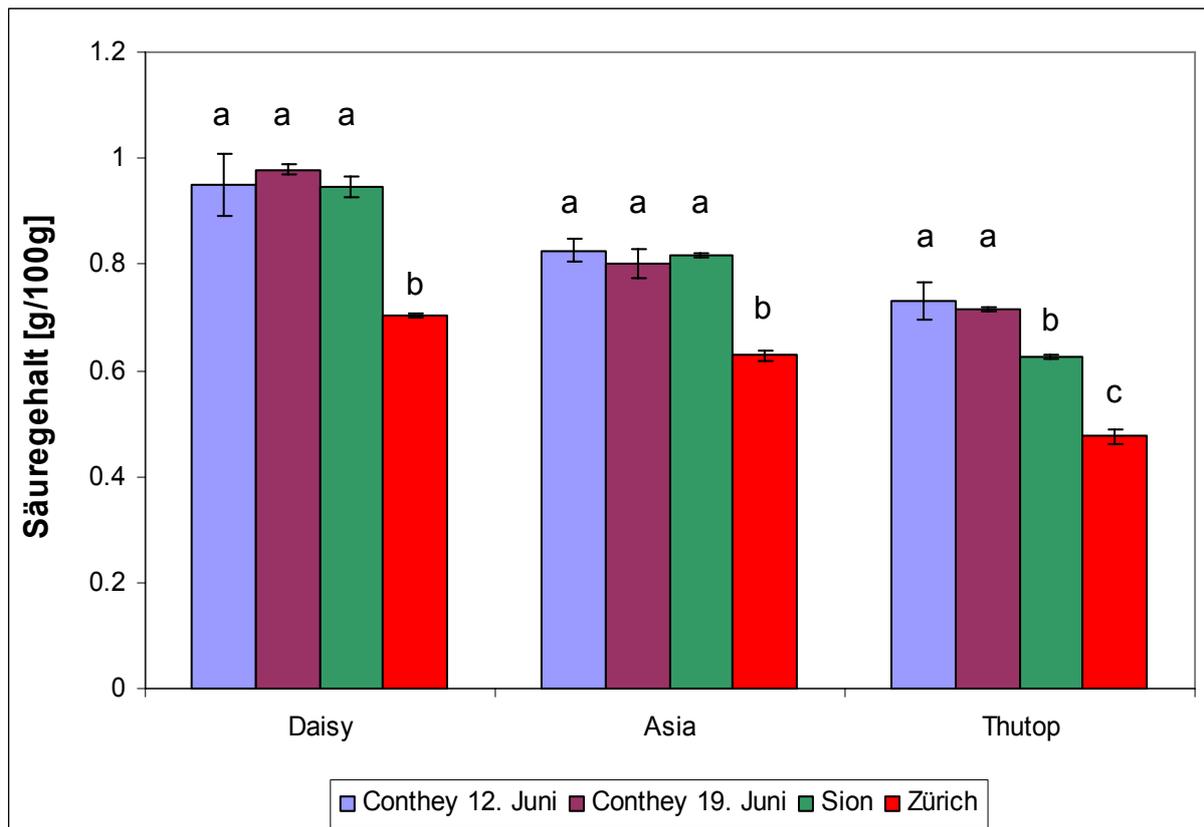


Abbildung 22: Säuregehalt der Erdbeersorten Daisy, Asia und Thutup in Conthey, Sion und Zürich (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

Aus der Abbildung 22 lassen sich keine eindeutigen Tendenzen ablesen. Man kann trotzdem erkennen, dass für alle drei Sorten die Werte in Zürich am tiefsten liegen und zwar um 29% für die Sorte Daisy, um 24% für die Sorte Asia und um 34% für die Sorte Thutup. Bei den anderen Werten lassen sich solche Tendenzen, wie bereits erwähnt, nicht erkennen.

Bei den Sorten Daisy und Asia sieht man, dass sich jeweils die ersten drei Werte (Conthey, an beiden Erntedaten sowie Sion) nicht voneinander unterscheiden. Andererseits unterscheiden sich die Werte für die Sorte Thutup für Conthey und Sion. Also

lässt sich auch hier keine eindeutige, bei allen untersuchten Erdbeersorten erkennbare, Tendenz feststellen.

In der folgenden Abbildung sind die erhaltenen Werte für die antioxidative Kapazität für die Erdbeersorten Daisy, Asia und Thutop in Conthey (12. Juni und 19. Juni), Sion und Zürich dargestellt.

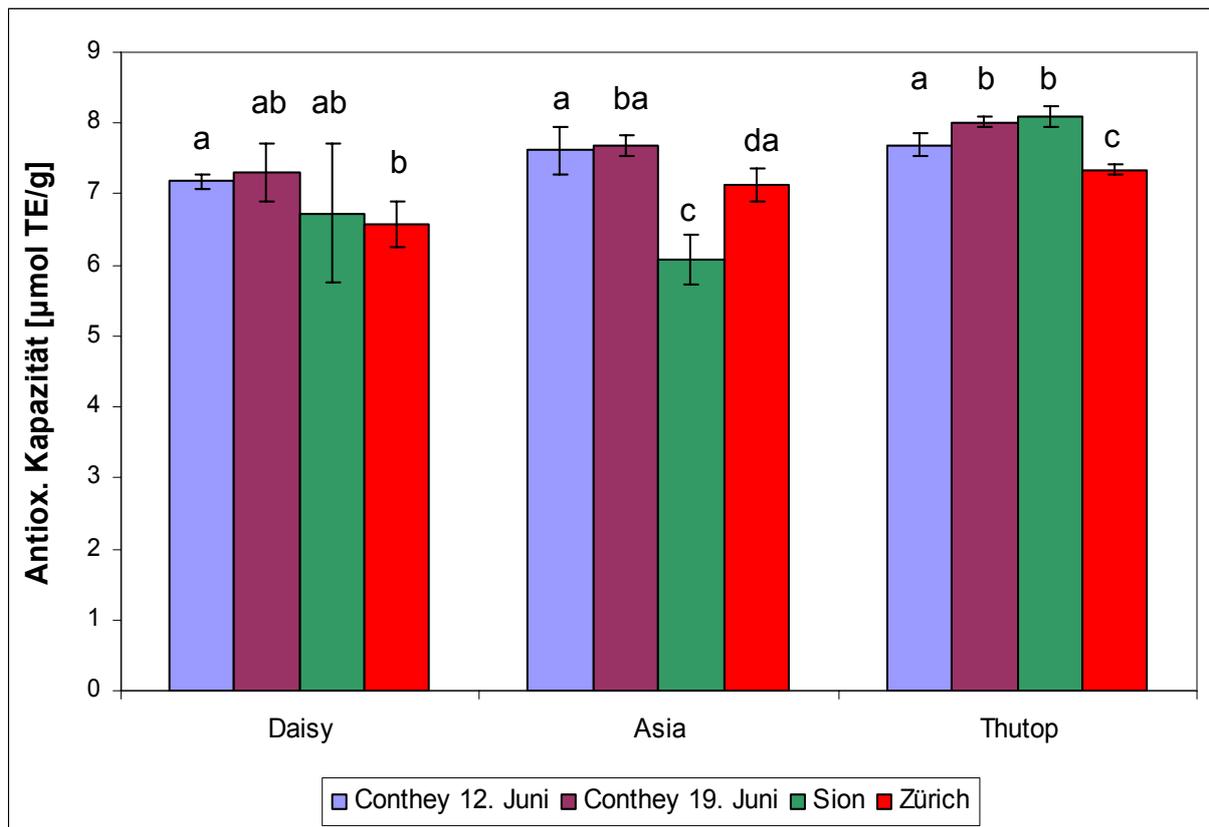


Abbildung 23: Antioxidative Kapazität der Erdbeersorten Daisy, Asia und Thutop in Conthey, Sion und Zürich (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 23 sind keine klaren Tendenzen bezüglich der Entwicklung der antioxidativen Kapazität der Erdbeeren erkennbar. Für die Erdbeersorten Daisy und Asia sind die Werte in Conthey (19. Juni höher als 12. Juni) die höchsten. Bei der Sorte Daisy liegt der Wert von Zürich am tiefsten. Bei der Sorte Asia liegt der Wert von Sion unter allen anderen. Bei der Sorte Thutop ist der Wert von Sion am höchsten. Man kann ausserdem erkennen, dass die Sorte Thutop allgemein die höchsten Werte für die antioxidative Kapazität der drei untersuchten Sorten aufweist.

Die folgende Abbildung zeigt die erhaltenen Werte für den Phenolgehalt der untersuchten Erdbeeren.

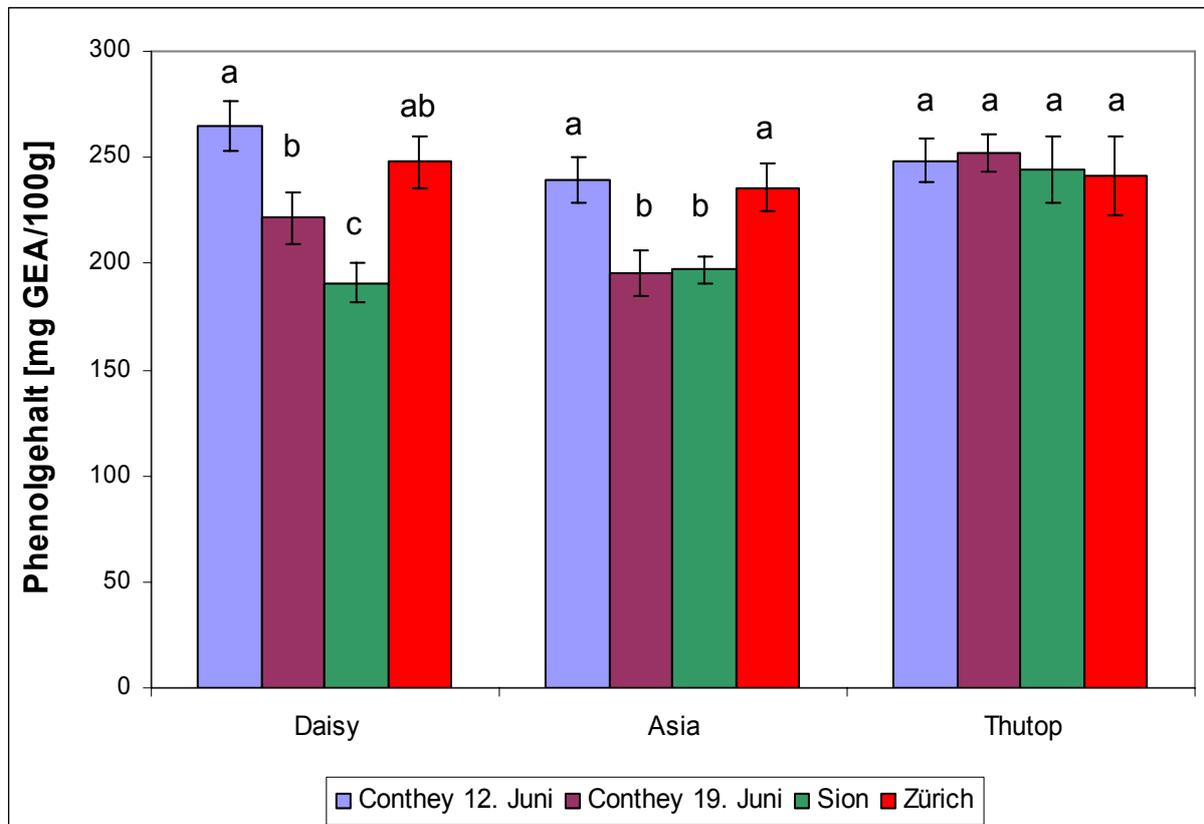


Abbildung 24: Phenolgehalt der Erdbeersorten Daisy, Asia und Thutop in Conthey, Sion und Zürich (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 24 kann man erkennen, dass für die beiden Sorten Daisy und Asia der Wert vom 12. Juni in Conthey jeweils am höchsten ist, gefolgt vom Wert für Zürich. Bei der Sorte Daisy ist der Wert vom 19. Juni in Conthey höher als der Wert für Sion. Bei der Sorte Asia ist dies nicht der Fall, die Werte für den 12. Juni in Conthey und für Sion sind statistisch gesehen gleich gross. Bei der Sorte Thutop sind alle erhaltenen Werte für den Phenolgehalt identisch.

Es ist also auch hier nicht möglich allgemein gültige Tendenzen festzustellen.

In der untenstehenden Abbildung sind die Werte für den Anthocyanengehalt für die Erdbeersorten Daisy, Asia sowie Thutop dargestellt.

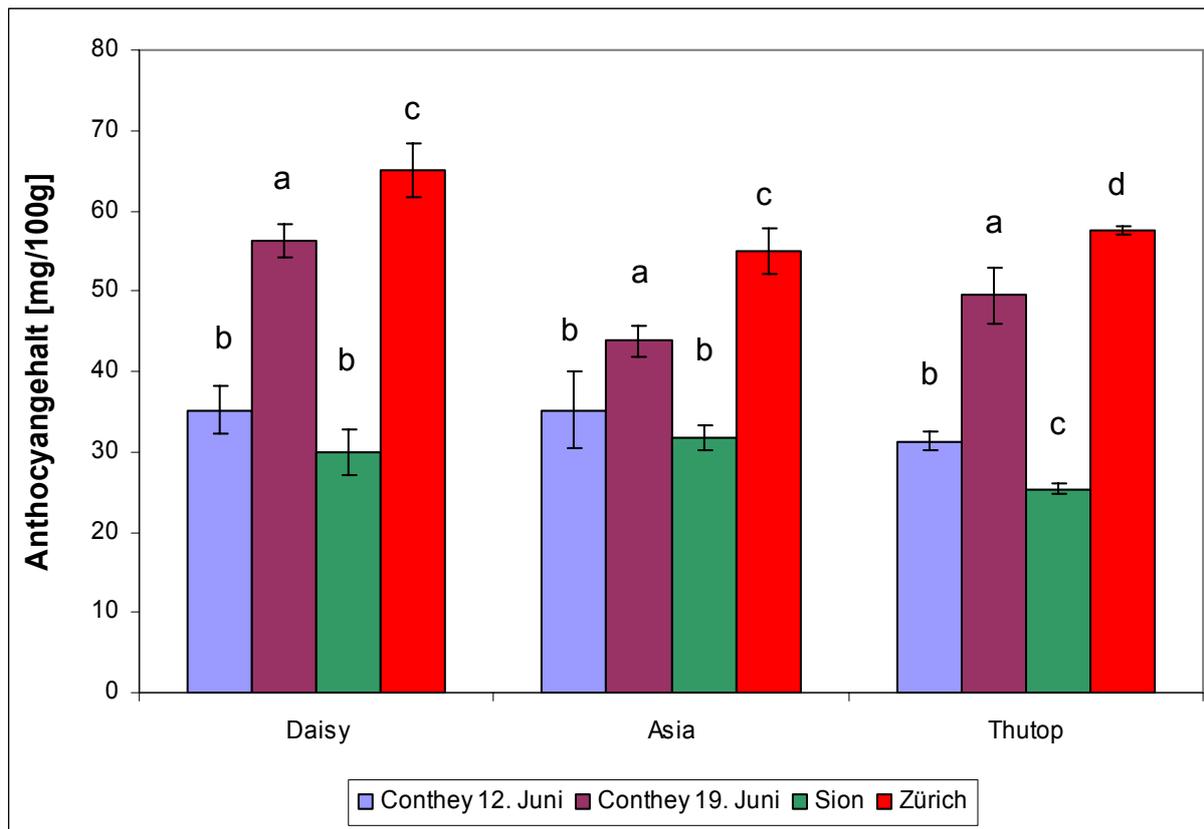


Abbildung 25: Anthocyangehalt der Erdbeersorten Daisy, Asia und Thutup in Conthey, Sion und Zürich (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

In der Abbildung 25 kann man eindeutige Tendenzen feststellen. Die Werte für den Anthocyangehalt sind jeweils bei den Erdbeerproben aus Zürich am höchsten. Die zweithöchsten Werte besitzen die am 19. Juni in Conthey geernteten Erdbeeren. Schliesslich sind die Werte der am 12. Juni geernteten Erdbeeren jeweils höher als für die aus Sion stammenden Erdbeeren. Die Erdbeeren in Sion besitzen also den tiefsten Anthocyangehalt.

Man kann also sagen, dass Erdbeeren aus Zürich mehr Anthocyane enthalten als Erdbeeren der gleichen Sorte aus Conthey oder Sion.

3.4.2 Einfluss des Erntedatums

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die erhaltenen Resultate bei den durchgeführten Sortenversuchen. Es wird der Einfluss des Erntedatums auf die untersuchten Parameter untersucht.

Wie unter Punkt 2.2.8 beschrieben wurde, wird in der grau hinterlegten Zeile angegeben, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten besteht oder nicht.

Tabelle 6: Analysenwerte der Bestimmung des Einflusses des Erntedatums auf die untersuchten Parameter von Erdbeeren (Mittelwert \pm SD, n = 3) in Conthey (unter Tunnel). Als Ertrag wird der Mittelwert aus den Werten der Woche vor dem angegebenen Datum verstanden.

Sorte	Ernte- datum	Ertrag [g/Pflanze]	Säuregehalt [g/100g]	°Brix [%]	Antiox. Kapazität [μ mol TE/g]	Phenolgehalt [mg GAE/100g]	Anthocyangehalt [mg/100g]
Daisy	12. Juni	224	0.94 \pm 0.06	9.3 \pm 0.5	6.8 \pm 0.7	265 \pm 12	35 \pm 2
	19. Juni	158	0.98 \pm 0.01	12.5 \pm 0.6	7.3 \pm 0.4	222 \pm 12	56 \pm 3
			ns	*	ns	*	*
Asia	12. Juni	254	0.83 \pm 0.02	7.9 \pm 0.1	7.7 \pm 0.3	240 \pm 11	35 \pm 2
	19. Juni	82	0.80 \pm 0.03	12.7 \pm 0.3	7.7 \pm 0.2	196 \pm 11	44 \pm 5
			ns	*	ns	*	*
Sonata	12. Juni	329	0.78 \pm 0.01	9.3 \pm 0.2	7.7 \pm 0.1	223 \pm 14	24 \pm 1
	19. Juni	132	0.83 \pm 0.01	12.5 \pm 0.3	8.0 \pm 0.1	215 \pm 5	27 \pm 3
			*	*	*	ns	ns
Yamaska	12. Juni	502	0.87 \pm 0.03	9.3 \pm 0.2	8.1 \pm 0.2	307 \pm 14	28 \pm 1
	19. Juni	349	0.94 \pm 0.03	9.9 \pm 0.6	8.1 \pm 0.2	287 \pm 9	41 \pm 2
			*	*	ns	*	*
Thutop	12. Juni	620	0.73 \pm 0.03	8.1 \pm 0.1	7.7 \pm 0.2	248 \pm 10	31 \pm 3
	19. Juni	413	0.71 \pm 0.01	11.2 \pm 0.6	8.0 \pm 0.1	252 \pm 8	49 \pm 3
			ns	*	ns	ns	*

Man sieht in der Tabelle 6, dass ein Einfluss des Erntedatums bei allen untersuchten Parametern festgestellt werden kann.

Beim Säuregehalt ist ein signifikanter Unterschied bei den Sorten Sonata und Yamaska feststellbar, bei den anderen Sorten hat das Erntedatum keinen Einfluss. Der Säuregehalt ist bei beiden Sorten (Sonata und Yamaska) jeweils am 19. Juni höher, der Unterschied beträgt für die Sorte Sonata 6% und für die Sorte Yamaska 7%.

Das Erntedatum hat bei allen untersuchten Sorten einen Einfluss auf den Zuckergehalt der Erdbeeren. Die Unterschiede reichen von 6% für die Sorte Yamaska bis hin zu 38% für die Sorte Asia.

Bei der antioxidativen Kapazität beschränkt sich ein signifikanter Unterschied auf die Sorte Sonata. Der Unterschied beträgt dabei 0.3 μ mol TE/g oder 4%. Die anderen Sorten weisen keinen Unterschied auf, die Werte für beide Erntedaten sind also statistisch gesehen gleich.

Beim Phenolgehalt gibt es einen signifikanten Unterschied für die Sorten Daisy, Asia und Yamaska, die Werte der beiden anderen Sorten Sonata und Thutop sind statistisch gesehen gleich. Die Werte sind, mit Ausnahme der Sorte Thutop, jeweils am 12. Juni höher. Es kann keine direkte Korrelation zwischen den Werten für die antioxidative Kapazität und den Phenolgehalt festgestellt werden.

Der Anthocyangehalt ist bei allen Sorten am 19. Juni höher. Das widerspricht dem, was beim Phenolgehalt beobachtet werden konnte. Es besteht, mit Ausnahme der Sorte Sonata, für alle Sorten ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Werten.

3.4.3 Einfluss des Anbauortes

Tabelle 7: Analysenwerte der Bestimmung des Einflusses des Anbauortes auf die untersuchten Parameter von Erdbeeren (Mittelwert ± SD, n = 3) in Sion und Zürich (Freiland)

Sorte	Anbauort	Säuregehalt [g/100g]	°Brix [%]	Antiox. Kapazität [µmol TE/g]	Phenolgehalt [mg GAE/100g]	Anthocyangehalt [mg/100g]
Daisy	Sion	0.95 ± 0.02	9.3 ± 0.1	6.7 ± 1.0	191 ± 9	30 ± 3
	Zürich	0.70 ± 0.01	8.7 ± 0.1	6.6 ± 0.3	248 ± 12	65 ± 3
		*	*	ns	*	*
Asia	Sion	0.82 ± 0.01	7.7 ± 0.1	6.1 ± 0.4	197 ± 6	32 ± 2
	Zürich	0.63 ± 0.01	8.3 ± 0.1	7.1 ± 0.2	236 ± 11	55 ± 3
		*	*	*	*	*
Gemma	Sion	0.99 ± 0.01	8.3 ± 0.1	8.3 ± 0.2	261 ± 15	29 ± 2
	Zürich	0.82 ± 0.01	10.0 ± 0.1	8.4 ± 0.2	281 ± 6	52 ± 1
		*	*	ns	ns	*
Darlissette	Sion	0.97 ± 0.01	9.9 ± 0.1	7.1 ± 0.1	213 ± 6	29 ± 1
	Zürich	0.51 ± 0.02	10.1 ± 0.1	7.1 ± 0.2	235 ± 3	40 ± 1
		*	ns	ns	*	*
Thutop	Sion	0.63 ± 0.01	8.1 ± 0.1	8.1 ± 0.2	244 ± 16	25 ± 1
	Zürich	0.48 ± 0.01	7.1 ± 0.1	7.4 ± 0.1	241 ± 18	58 ± 1
		*	*	*	ns	*

Man kann in der Tabelle 7 erkennen, dass der Anbauort einen signifikanten Einfluss auf den Säuregehalt aller untersuchten Erdbeersorten aufweist. Die Werte sind jeweils für Erdbeeren aus Sion höher als für Erdbeeren aus Zürich. Wie im Abschnitt 3.4.1.2 bereits erwähnt, liegen diese Unterschiede zwischen 17% für die Sorte Gemma und 56% für die Sorte Darlissette.

Beim Zuckergehalt lässt sich eine solche Tendenz, Werte in Sion jeweils höher als in Zürich, nicht feststellen. Die Sorten Daisy und Thutop besitzen einen höheren Wert in Sion, die Sorten Asia, Gemma und Darlisette in Zürich. Es besteht ein signifikanter Unterschied für die Sorten Daisy, Asia, Gemma und Thutop, nur die Werte der Sorte Darlisette sind statistisch gesehen gleich.

Ein Einfluss des Anbauortes auf die antioxidative Kapazität der untersuchten Erdbeeren kann zum Teil festgestellt werden. Die Sorten Asia und Thutop weisen einen signifikanten Unterschied auf, die Sorten Daisy, Gemma und Darlisette hingegen nicht. Es lässt sich keine eindeutige Tendenz feststellen, d.h. man kann nicht sagen, ob die Werte von Sion oder Zürich jeweils höher liegen. Die Sorten Daisy und Thutop besitzen höhere Werte für Sion, die Sorten Asia, Gemma und Darlisette für Zürich.

Der Phenolgehalt der Erdbeeren wird teilweise durch den Anbauort beeinflusst. Es gibt signifikante Unterschiede für die Sorten Daisy, Asia und Darlisette. Keinen statistischen Unterschied gibt es für die Sorten Gemma und Thutop. Man sieht, dass bis auf die Sorte Thutop, alle Sorten in Zürich höhere Werte aufweisen als in Sion. Für den Anbauort kann keine direkte Korrelation zwischen antioxidativer Kapazität und Phenolgehalt festgestellt werden.

Der Anbauort beeinflusst den Anthocyangehalt der untersuchten Erdbeeren teilweise sehr stark. Bei manchen Sorten wie Daisy und Thutop ist der Wert in Zürich mehr als doppelt so hoch. Bei allen Sorten kann ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten für Sion und Zürich festgestellt werden. Man kann erkennen, dass je höher der Phenolgehalt ist, desto höher ist auch der Anthocyangehalt.

3.5 Einfluss der Rezyklierung auf Qualitätsparameter von Erdbeeren

Bei den Rezyklierungsversuchen wurde insgesamt fünf Mal der Einfluss der verschiedenen Rezyklierungsverfahren auf Säure-, Zucker-, Phenol- und Anthocyangehalt sowie auf die antioxidative Kapazität untersucht. Die Erdbeeren wurden am 8. August bzw. 19. September (frisch) geerntet und bei -18 °C eingefroren. Die am 19. September eingefrorenen Erdbeeren wurden dann einerseits für die Einfrierversuche und andererseits für die Rezyklierungsversuche verwendet. Durch das mehrmalige Messen (nach 0, 5, 12 und 20 Tagen bzw. am 8. August geerntet und eingefroren) der einzelnen Parameter können allfällige Tendenzen bestätigt bzw. verworfen werden.

Die Begriffe bzw. Zahlen EL 1.5 und EL 0.8 stehen für die elektrische Leitfähigkeit der Nährlösungen.

Die untenstehende Tabelle zeigt nun die bei den verschiedenen Versuchen erhaltenen Resultate. Die ersten vier Abschnitte (jeweils drei Zeilen) zeigen die Versuche der am 19. September geernteten und eingefrorenen Erdbeeren, in der Reihenfolge 0, 5, 12 und 20 Tage Lagerung bei -18 °C. Der fünfte Abschnitt zeigt den Versuch mit den am 8. August geernteten und eingefrorenen Erdbeeren.

Tabelle 8: Erhaltene Analysenwerte für die Rezyklierungsversuche mit Erdbeeren (Mittelwert \pm SD, n = 3). Werte mit unterschiedliche Buchstaben sind signifikant verschieden ($\alpha = 0.05$).

Art der Rezyklierung	Säuregehalt [g/100g]	°Brix [%]	Antiox. Kapazität [μ mol TE/g]	Phenolgehalt [mg GAE/100g]	Anthocyangehalt [mg/100g]
EL 1.5 rezykliert	0.44 \pm 0.01a	5.1 \pm 0.1a	7.8 \pm 0.1	159 \pm 9a	38 \pm 3
EL 1.5 nicht rez.	0.49 \pm 0.01b	5.3 \pm 0.1b	7.6 \pm 0.1	195 \pm 9b	44 \pm 6
EL 0.8 nicht rez.	0.59 \pm 0.01c	5.8 \pm 0.1c	7.8 \pm 0.1	184 \pm 6b	38 \pm 3
	*	*	ns	*	ns
EL 1.5 rezykliert	0.44 \pm 0.01a	5.0 \pm 0.2a	7.5 \pm 0.1	152 \pm 3a	34 \pm 1a
EL 1.5 nicht rez.	0.53 \pm 0.01b	5.8 \pm 0.1b	7.5 \pm 0.1	177 \pm 2b	42 \pm 1b
EL 0.8 nicht rez.	0.62 \pm 0.01c	5.9 \pm 0.1b	7.4 \pm 0.1	189 \pm 12b	39 \pm 2c
	*	*	ns	*	*
EL 1.5 rezykliert	0.42 \pm 0.01a	5.0 \pm 0.1a	8.2 \pm 0.1	166 \pm 3a	38 \pm 1a
EL 1.5 nicht rez.	0.47 \pm 0.01b	5.1 \pm 0.1a	8.3 \pm 0.1	174 \pm 11a	40 \pm 1b
EL 0.8 nicht rez.	0.62 \pm 0.01c	5.9 \pm 0.1b	8.3 \pm 0.1	189 \pm 3ba	35 \pm 1c
	*	*	ns	*	*
EL 1.5 rezykliert	0.45 \pm 0.01a	5.0 \pm 0.2a	8.3 \pm 0.2	208 \pm 5	37 \pm 1
EL 1.5 nicht rez.	0.48 \pm 0.02b	5.2 \pm 0.2a	8.2 \pm 0.2	209 \pm 9	37 \pm 2
EL 0.8 nicht rez.	0.62 \pm 0.02c	6.2 \pm 0.2b	8.2 \pm 0.3	217 \pm 9	36 \pm 1
	*	*	ns	ns	ns
EL 1.5 rezykliert	0.52 \pm 0.02a	6.3 \pm 0.3a	7.3 \pm 0.1	215 \pm 10	49 \pm 3
EL 1.5 nicht rez.	0.57 \pm 0.02b	6.9 \pm 0.1b	7.4 \pm 0.1	216 \pm 8	53 \pm 3
EL 0.8 nicht rez.	0.69 \pm 0.03c	8.1 \pm 0.3c	7.2 \pm 0.2	219 \pm 9	52 \pm 3
	*	*	ns	ns	ns

Man kann in der Tabelle 8 erkennen, dass eine Rezyklierung der Nährlösung sowie ein Unterschied in der elektrischen Leitfähigkeit der Nährlösung einen zum Teil grossen Einfluss auf die untersuchten Parameter aufweisen.

Der Säuregehalt der Erdbeeren wird durch die Rezyklierung bzw. Leitfähigkeitsänderung beeinflusst. Bei allen durchgeführten Untersuchungen konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Weiter kann man erkennen, dass die Werte für die Gruppe EL 1.5 rezykliert am tiefsten, die Werte für die Gruppe EL 0.8 nicht rezykliert am höchsten liegen. Der Unterschied liegt zwischen 25% und 32%. Die Werte der Gruppe EL 1.5 nicht rezykliert liegen dazwischen. Eine Rezyklierung besitzt also einen negativen Einfluss auf den Säuregehalt. Ebenso werden mit einer höheren Ionenkonzentration tiefere Werte erhalten.

Der Zuckergehalt wird ebenfalls teils stark beeinflusst, Unterschiede konnten bei allen durchgeführten Untersuchungen festgestellt werden. Die Gruppe EL 1.5 rezykliert weist jeweils die tiefsten, die Gruppe EL 0.8 nicht rezykliert jeweils die höchsten Werte auf. Der Unterschied reicht hier von 12% bis zu 22%. Die Werte für die Gruppe EL 1.5 nicht rezykliert liegen manchmal näher bei der Gruppe EL 1.5 rezykliert und manchmal näher bei der Gruppe EL 0.8 nicht rezykliert. Man stellt also fest, dass eine Rezyklierung der Nährlösung einen negativen Einfluss auf den Zuckergehalt aufweist, zudem sind die Zuckerwerte höher je tiefer die elektrische Leitfähigkeit der Nährlösung ist. Das entspricht der Tendenz beim Säuregehalt.

Eine Rezyklierung oder Änderung der Ionenkonzentration (Leitfähigkeit) hat keinerlei Einfluss auf die antioxidative Kapazität der untersuchten Erdbeeren. Es lassen sich auch keine Tendenzen feststellen.

Der Phenolgehalt hingegen wird beeinflusst. Bei drei der fünf Untersuchungen konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Man kann erkennen, dass bei allen Untersuchungen die Werte für die Gruppe EL 1.5 rezykliert am kleinsten sind. Sie liegen zwischen 4% und 19% tiefer als die jeweiligen höchsten Werte. Bis auf eine Untersuchung weist die Gruppe EL 0.8 nicht rezykliert die höchsten Werte auf. Das bedeutet, dass eine Rezyklierung einen negativen Einfluss auf den Phenolgehalt besitzt.

Ein Einfluss der Rezyklierung bzw. der Ionenkonzentration konnte bei zwei der fünf Untersuchungen bestätigt werden. Man kann jedoch nicht, wie das beim Säure- und Zuckergehalt der Fall ist, von der Gruppe auf den Anthocyanengehalt der Erdbeeren schliessen. Es kann keine direkte Korrelation zwischen antioxidativer Kapazität, Phenol- und Anthocyanengehalt festgestellt werden.

4 Diskussion

4.1 Einfluss des Einfrierens auf Qualitätsparameter von Erdbeeren

Zur Untersuchung des Einflusses des Einfrierens und einer anschliessenden Lagerung bei -18 °C wurden die Erdbeeren auf ihren Zucker-, Säure-, Phenol- und Anthocyangehalt sowie auf ihre antioxidative Kapazität hin untersucht. Für jeden der eben erwähnten Parameter wird nun die Entwicklung während der Lagerung näher betrachtet.

Der Zuckergehalt der Erdbeeren wird durch den Einfriervorgang und die Lagerung nicht beeinflusst. Für die Entwicklung des Zuckergehaltes ($^{\circ}\text{Brix}$) bei einer Lagerung bei -18 °C wurden keine Referenzwerte gefunden, die meisten Artikel behandeln den Einfluss einer Lagerungstemperatur von 0 °C oder höher, so zum Beispiel Ayala-Zavala et al. (2004) [21]. Dieser Artikel zeigt eine stetige Abnahme des Zuckergehaltes während der Lagerung bei 0 °C . Diese Werte können jedoch nicht mit den in diesen Versuchen erhaltenen verglichen werden, da die Temperatur viel tiefer liegt. Bei einer Temperatur von -18 °C ist die Atmung praktisch stillgelegt, es kommt zu keiner Änderung in der Konzentration der Kohlenhydrate.

Wie der Zuckergehalt wird auch der Säuregehalt durch das Einfrieren und die Lagerung nicht beeinflusst. Dieser Umstand entspricht den erhaltenen und publizierten Resultaten von Han et al. (2004) [22] mit eingefrorenen Erdbeeren der Sorte Totem. Sahari et al. (2003) [23] haben hingegen in ihren Versuchen einen signifikanten Unterschied für die titrierbare Säure bei einer Lagerung von 15 Tagen bei -18 °C festgestellt. Auch der Gehalt an Säure in den Erdbeeren wird durch die tiefe Temperatur von -18 °C während der Lagerung mehr oder weniger konstant gehalten.

Die antioxidative Kapazität der untersuchten Erdbeeren wird durch die Lagerung ebenfalls nicht beeinflusst. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Anfangs- und den Endwerten festgestellt werden. Man konnte jedoch eine Tendenz beobachten, die besagt, dass die Endwerte jeweils höher liegen als die Anfangs- bzw. Ausgangswerte (keine signifikanten Unterschiede). Eine Abnahme der antioxidativen Kapazität während der Lagerung wurde bereits von Wicklund et al. (2005) [24] publiziert. Die Versuche wurden jedoch bei einer Lagerungstemperatur von 4 °C durchgeführt und sind somit kaum miteinander vergleichbar. Andererseits wurde von Ayala-Zavala et al. (2004) [21] gezeigt, dass die antioxidative Kapazität der Erdbeeren für eine Lagerungstemperatur von 0 °C

praktisch gleich bleibend ist. Die gleich bleibende antioxidative Kapazität kann zum Teil mit der tiefen Aktivität der Enzyme PPO (Polyphenoloxidase) und POD (Polyphenolperoxidase) erklärt werden, die einen Abbau von Polyphenolen zur Folge haben. Diese Polyphenole sind, neben Vitamin C und E, zu einem grossen Teil für die antioxidative Kapazität der Erdbeeren verantwortlich [25].

Anders als bei den anderen Parametern wurde bei zwei der vier durchgeführten Versuche ein Einfluss des Einfrierens und der Lagerung bei -18 °C während 20 Tagen auf den Phenolgehalt der Erdbeeren beobachtet. Die Endwerte liegen hierbei, wie auch bei der antioxidativen Kapazität, höher als die entsprechenden Anfangswerte. Diese Unterschiede reichen von 5% bis 23%. Publikationen von Kalt et al. (1999) [26] und von Ayala-Zavala et al. (2004) [21] zeigen, dass kein Unterschied im Phenolgehalt für eine Lagerung bei 0 °C besteht. Eine mögliche Erklärung für die Zunahme des Phenolgehaltes in den Erdbeeren könnte die unterschiedliche Aktivität der drei Enzyme PAL (Phenylalaninammoniumlyase), PPO und POD sein. Das Enzym PAL ist ein wichtiges Enzym im Polyphenolstoffwechsel, Bildung von Polyphenolen, und die beiden Enzyme POD und PPO sind für einen Abbau derselben verantwortlich. Diese Vorgänge spielen vor allem beim Auftauvorgang eine Rolle [25].

Der Anthocyangehalt der Erdbeeren wird durch das Einfrieren und die Lagerung nicht beeinflusst. Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ausgangs- und den Endwerten. Es ist jedoch ersichtlich, dass die Endwerte jeweils tiefer liegen als die Anfangswerte. Dies entspricht nicht dem was Sahari et al. (2004) [23] beobachtet haben. Sie haben in ihrer Publikation einen signifikanten Unterschied (Abnahme des Anthocyangehaltes) für eine Lagerung während 15 Tagen bei -18 °C festgestellt. Diese Tendenz konnte in den durchgeführten Analysen bestätigt werden, die Endwerte liegen jeweils tiefer als die entsprechenden Anfangswerte. Sie sind jedoch, wie bereits erwähnt, nicht signifikant verschieden.

Allgemein kann gesagt werden, dass das Einfrieren und die anschliessende Lagerung bei -18 °C für die untersuchte Lagerungsdauer von 20 Tagen mit Ausnahme des Phenolgehaltes (nur einzelne Versuche) keinen Einfluss auf die untersuchten Parameter hat. Das bedeutet, dass Erdbeerproben bis zu ihrer Analyse bei tiefen Temperaturen (-18 °C oder tiefer) gelagert werden können.

4.2 Einfluss der Behandlung gegen Milben auf Qualitätsparameter von Erdbeeren

Bei den durchgeführten Versuchen handelte es sich um Versuche gegen Spinnmilben, d.h. die Erdbeeren wurden mit zwei verschiedenen Akariziden (Zenar und Envidor, jeweils 400 g/ha) behandelt, um unterschiedlichen Stress der Milben auf die Erdbeerpflanze zu untersuchen. Ziel dieser Versuche war es, den Einfluss der Behandlung gegen Milben auf die ausgewählten Qualitätsparameter (Zucker-, Säure-, Phenol- und Anthocyangehalt sowie antioxidative Kapazität) der Erdbeeren zu bestimmen. Für jeden der oben erwähnten Parameter wird nun der Einfluss der Behandlung näher betrachtet.

Eine Behandlung gegen Milben hat keinerlei Einfluss auf den Zuckergehalt der untersuchten Erdbeeren. Der Säuregehalt wird durch die Behandlung ebenfalls nicht beeinflusst. Es besteht auch kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten für die antioxidative Kapazität der behandelten und der unbehandelten Erdbeeren. Über den Einfluss von Pestiziden oder Stress (durch die Spinnmilben) auf den Zucker- oder Säuregehalt ist wenig bekannt. Lindner et al. (2003) [27] haben jedoch gezeigt, dass der Zuckergehalt nicht beeinflusst wird. Man kann in diesem Versuch feststellen, dass die Behandlung mit den oben erwähnten Pestiziden keinen Einfluss auf den Gehalt an Zucker oder Säure der Erdbeeren aufweist. Auch die antioxidative Kapazität wird durch ihren Einsatz nicht beeinflusst, weder positiv noch negativ.

Beim Phenolgehalt der Erdbeeren kann ein Einfluss der Behandlung gegen Milben festgestellt werden. Ein solcher Einfluss wurde erwartet, da die Erdbeeren, welche nicht behandelt werden, sich gegen die Milben wehren, d.h. sie bilden chemische Schutzsubstanzen gegen die Milben. Tomás-Barberán et al. (2001) [25] geben in ihrem Artikel verschiedene Beispiele für einen Einfluss verschiedener Pestizide auf den Phenolgehalt an. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die drei wichtigen Enzyme PAL, PPO und POD durch einen Einsatz von Pestiziden beeinflusst werden. So wird das Enzym zur Synthese von Polyphenolen PAL durch einige Pestizide positiv, durch andere negativ beeinflusst. Die beiden für einen Abbau verantwortlichen Enzyme PPO und POD werden teilweise ebenfalls positiv beeinflusst. Sie können jedoch auch, je nach Pestizid, negativ beeinflusst werden, d.h. ihre Aktivität wird kleiner. Mit diesen Vorgängen lässt sich die Abnahme des Phenolgehaltes nach einer Behandlung mit den oben erwähnten Pestiziden erklären. Die Enzyme besitzen durch den unterschiedlichen Stress (Milbenbefall oder nicht) unterschiedliche Aktivitäten.

Der Anthocyangehalt wird durch eine Behandlung mit Pestiziden, im Gegensatz zum Phenolgehalt, positiv beeinflusst, d.h. die behandelten Erdbeeren weisen einen höheren Anthocyangehalt als die unbehandelten auf. Normalerweise korrelieren die Werte für den Polyphenolgehalt und den Anthocyangehalt (Untergruppe der Polyphenole) ziemlich gut. Der Unterschied in diesem Fall kann vielleicht dadurch erklärt werden, da die Anthocyane nur einen Teil der Phenole ausmachen (Thielen 2006 [3], Rechner 2000 [12]). So kann es sein, dass der Anthocyangehalt zwar ansteigt, auf der anderen Seite jedoch andere Phenole abnehmen.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass eine Behandlung der Erdbeeren mit den verwendeten Pestiziden, und dadurch der unterschiedliche Stress durch die Milben, die chemische Zusammensetzung der Erdbeeren nur geringfügig verändert. Die erhaltenen Resultate lassen darauf schliessen, dass die Behandlung positiv verlaufen ist. Sie hat dazu geführt, dass praktisch keine Milben mehr auf den Blättern vorhanden waren. Beim unbehandelten Verfahren war die Spinnmilbenreputation zum Zeitpunkt der Ernte sehr hoch (100% besetzte Blätter). Milben saugen Nährstoffe aus den Blättern der Erdbeerpflanze und können so das Wachstum negativ beeinflussen. Die Qualität der Erdbeeren wird durch diese Behandlung nicht offensichtlich negativ beeinflusst. Unter dem Gesichtspunkt, dass sich eine Behandlung gegen einen Befall durch Spinnmilben positiv auf den Ertrag auswirken kann, ist eine Behandlung allgemein betrachtet von Vorteil.

4.3 Einfluss verschiedener Substrate auf Qualitätsparameter von Erdbeeren

Bei den Versuchen zur Bestimmung des Einflusses des Substrates auf verschiedene Qualitätsparameter von Erdbeeren wurden sechs verschiedene Substrate untersucht. Dazu wurden die Erdbeeren von zwei unterschiedlichen Ernten analysiert. So können allfällige Tendenzen bestätigt oder verworfen werden.

Bei der Auswertung der erhaltenen Resultate wurde festgestellt, dass das Substrat keinen signifikanten Einfluss auf den Zucker-, Säure- und Anthocyangehalt sowie auf die antioxidative Kapazität aufweist. Dies war bei beiden Ernten (14. August und 10. Oktober) der Fall. Der Säuregehalt der Erdbeeren ändert sich, wie auch der Anthocyangehalt und die antioxidative Kapazität, praktisch überhaupt nicht. Der Zuckergehalt wird durch die einzelnen Substrate stärker, wenn auch nicht signifikant, beeinflusst. So liegt der Gehalt bei der zweiten Ernte vom 10. Oktober 2006 für das Substrat Puzzolane höher als für alle

anderen Substrate. Dieser Umstand lässt sich für die erste Ernte vom 14. August 2006 so jedoch nicht bestätigen. Der Zuckergehalt von Erdbeeren, die im Substrat Puzzolane angebaut wurden gehört auch hier zu den höchsten, er ist aber nicht mehr höher als alle anderen. Die beiden Substrate Florentaise und Palmeco weisen für beide Ernten die tiefsten Werte auf.

Als einziger Parameter wird durch die Verwendung unterschiedlicher Substrate der Phenolgehalt der Erdbeeren beeinflusst. Eine solche Beeinflussung wurde bereits von Tomás-Barberán et al. (2001) [25], Anttonen et al. (2006) [28] sowie Wang et al. (2003) [29] publiziert. So besitzt die Zusammensetzung des Substrates (mineralische und organische Inhaltsstoffe) einen Einfluss auf den Gehalt an Polyphenolen. Zudem spielt die Wasserverfügbarkeit eine wichtige Rolle. Anttonen et al. (2006) [28] zeigen, dass ein Substrat mit mehr organischen Bestandteilen bei den meisten untersuchten Erdbeersorten einen positiven Effekt auf den Gehalt an verschiedenen Polyphenolen besitzt. Wang et al. (2003) [29] zeigen einen positiven Effekt auf den Polyphenolgehalt durch ein Substrat aus 100% Kompost im Gegensatz zu normaler Erde. Eine Mischung aus 50% Kompost und 50% Erde ergibt einen tieferen Gehalt an Phenolen als ein Substrat aus 100% Kompost. Bei den durchgeführten Versuchen konnte festgestellt werden, dass die beiden Substrate Puzzolane sowie eine Mischung aus Torf und Kompost für beide Ernten hohe Werte an Polyphenolen ergeben. Ein Substrat aus 100% Torf ergab für die erste Ernte (14. August) den höchsten Wert, für die Ernte vom 10. Oktober hingegen einen der tiefsten Werte. Bei der ersten Ernte vom 14. August wurde für ein Substrat aus 100% Kompost der mit Abstand tiefste Wert (23% tiefer als der zweittiefste Wert) für den Phenolgehalt gemessen. Bei der zweiten Ernte lag der Wert jedoch auf dem gleichen Level wie für die anderen Substrate. Es ist also schwer, irgendwelche Tendenzen aufzuzeigen. Einzig die hohen Werte von Puzzolane und von einer Mischung aus Torf und Kompost sowie die tieferen Werte für 100% Kompost, Florentaise und Palmeco lassen sich für beide Ernten bestätigen.

Die Art bzw. die Zusammensetzung des Substrates hat nur einen Einfluss auf den Phenolgehalt der Erdbeeren. Alle anderen untersuchten Parameter werden durch das Substrat nicht beeinflusst.

Bei der Wahl des geeigneten Substrates müssen verschiedene Parameter berücksichtigt werden. Die chemische Zusammensetzung der erhaltenen Erdbeeren wurde in diesen Versuchen untersucht. Sie ändert sich praktisch nicht, d.h. von der Qualität der Erdbeeren

her sind keine Substrate auszuschliessen bzw. zu bevorzugen. Andererseits sind, aufgrund von ökologischen Gründen, Substrate mit tiefen Torfanteilen zu bevorzugen. Der Trend geht heute weg von Torfsubstraten, hin zu Substraten aus verschiedenen Arten von Kompost [30]. Ein weiterer wichtiger Punkt sind natürlich die einzelnen Erträge der Substrate. Die Erträge sind für das Substrat aus 100% Kompost für die Daten 9. August bzw. 14. August (1. Ernte) die zweithöchsten, höher sind nur die Erträge für das Substrat Palmeco. An dritter Stelle liegen die Erträge für eine Mischung aus Torf und Kompost. Für die Daten 12. und 15. Oktober (2. Ernte) liegen die Erträge für ein reines Kompost-Substrat ziemlich tief. Die höchsten Werte besitzt die Mischung aus Torf und Kompost. Aufgrund dieser Zahlen und aus den oben genannten Gründen ist eine Mischung aus Torf und Kompost die beste Lösung.

4.4 Einfluss der Erdbeersorte auf Qualitätsparameter von Erdbeeren

4.4.1 Vergleich der einzelnen Erdbeersorten

Bei diesen Versuchen wurden verschiedene Erdbeersorten (Daisy, Asia, Gemma, Darlisette, Sonata, Yamaska und Thutop) in verschiedenen Anbauorten (Conthey, Sion und Zürich) sowie an verschiedenen Erntedaten (Conthey: 12. Juni und 19. Juni, Sion: 2. Juni, Zürich: 30. Juni) miteinander verglichen.

Verschiedene Autoren, Cordenunsi et al. (2002, 2003, 2004) [31, 32, 33], Nunes et al. (2006) [1], Wang et al. (2002) [34], Pelayo-Zaldivar et al. (2005) [35] und Määttä-Riihinen (2004) [36], haben einen zum Teil sehr grossen Einfluss der Erdbeersorte auf Qualitätsparameter (Zucker-, Säure-, Phenol- und Anthocyanengehalt sowie antioxidative Kapazität) festgestellt.

4.4.1.1 Sortenversuche in Conthey

In diesem Kapitel werden die erhaltenen Resultate für die beiden Erntedaten 12. Juni und 19. Juni der Sorten Daisy, Asia, Sonata, Yamaska und Thutop diskutiert.

Die erhaltenen Zuckerwerte zwischen 7.9% und 12.7% der einzelnen Sorten entsprechen dem was Cordenunsi et al. (2002, 2003) [31, 32], Nunes et al. (2006) [1] und Wang et al. (2002) [34] publiziert haben. Gemäss Cordenunsi et al. (2003) [32] ist für einen akzeptablen Geschmack der Erdbeeren ein Zuckergehalt von mindestens 7% und ein

Säuregehalt von maximal 0.8% notwendig. Der Zuckergehalt der untersuchten Erdbeersorten liegt für alle Sorten über diesem Minimum von 7%.

Die Werte für den Säuregehalt zwischen 0.71% (0.71 g/100 g) und 0.98% stimmen mit den von Wang et al. (2002) [34] publizierten Werten für verschiedene Erdbeersorten überein. Der Säuregehalt liegt für die Sorten Daisy und Yamaska an beiden Erntedaten über einem Gehalt von 0.8%, die Werte der Sorte Asia liegen genau um 0.8%. Ausgehend von Cordenunsi et al. (2003) [32] besitzen die Sorten Daisy und Yamaska einen etwas zu hohen Säuregehalt. Andererseits wird im Nachschlagewerk: Die Zusammensetzung der Lebensmittel [37], ein durchschnittlicher Wert von 1.05% für den Säuregehalt angegeben.

Beim Vergleich der erhaltenen Werte für die antioxidative Kapazität mit Literaturwerten ist immer auf die verwendete Methode zu achten. Die gefundenen Werte sind jeweils kleiner als die in der Literatur erwähnten (Wicklund et al. 2005 [24] und Anttonen et al. 2006 [28]). Die tieferen Werte können mit der unterschiedlichen Methode (Wicklund et al.) oder mit einer anderen Extraktionszeit (Anttonen et al.) erklärt werden. Die Sorte Daisy besitzt mit 6.8 bzw. 7.3 $\mu\text{mol TE/g}$ die tiefsten Werte für beide Erntedaten, Yamaska mit jeweils 8.1 $\mu\text{mol TE/g}$ die höchsten. Es kann also festgestellt werden, dass nur die antioxidative Kapazität der Sorte Daisy zu den anderen unterschiedlich ist, die Werte der anderen Erdbeersorten sind gleich. Der Einfluss der Sorte spielt hier also eine kleinere Rolle als bei den anderen Parametern.

Der Phenolgehalt der Erdbeeren ist ebenfalls sehr stark von der Sorte abhängig. Dieser Umstand konnte mit den durchgeführten Versuchen bestätigt werden. Die Werte reichen von 223 mg GAE/100 g für die Sorte Sonata bis zu 307 mg GAE/100 g für die Sorte Yamaska am 12. Juni und von 196 mg GAE/100 g für die Sorte Asia bis zu 287 mg GAE/100 g für die Sorte Yamaska am 19. Juni. Die Sorte Yamaska besitzt die höchsten Werte für den Phenolgehalt aller untersuchten Sorten. Die gefundenen Werte entsprechen den in verschiedenen Artikeln, Cordenunsi et al. (2002) [31], Klopotek et al. (2005) [38] und Anttonen (2006) [28] publizierten.

Beim Anthocyanengehalt konnte ebenfalls ein Einfluss der Sorte festgestellt werden. Die Sorte Sonata besitzt für beide Erntedaten die tiefsten Werte. Die Werte am 12. Juni liegen teilweise gerade Mal halb so hoch wie die Werte am 19. Juni. Die Werte liegen allgemein ziemlich hoch. Cordenunsi et al. (2002) [31], Määttä-Riihinen (2004) [36] und Wang et al. (2002) [34] haben jedoch teilweise noch höhere Werte für einzelne Sorten publiziert. Es besteht eine gewisse Korrelation zwischen Phenol- und Anthocyanengehalt für die

durchgeführten Versuche. Cordenunsi et al. (2002) [31] haben für sechs verschiedene Sorten gezeigt, dass eine direkte Korrelation zwischen dem Gehalt an Phenolen und Anthocyanen nur bedingt besteht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Sorte einen grossen Einfluss auf die untersuchten Qualitätsparameter aufweist. Bei der Wahl der geeigneten Erdbeersorten müssen jedoch noch viele andere Parameter, wie Ertrag, Geschmack, Aussehen, Reifezeit, Ernteperiode und Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten, berücksichtigt werden. Die Sorten Yamaska und Thutop besitzen die höchsten Erträge für die untersuchten Erntedaten. Die Sorte Thutop erscheint aufgrund vieler Faktoren, Ertrag, hohe Werte für Phenol- und Anthocyanengehalt sowie einen Zuckergehalt grösser 7% und einen Säuregehalt kleiner 0.8%, als optimale Sorte bei den untersuchten Bedingungen. Es muss jedoch immer ein Kompromiss zwischen den einzelnen Parametern, der chemischen Zusammensetzung, dem Geschmack, dem Ertrag usw. gefunden werden.

4.4.1.2 Sortenversuche in Sion und Zürich

Für diese Versuche wurden die Erdbeersorten Daisy, Asia, Gemma, Darlisette und Thutop für die beiden Anbauorte Sion und Zürich miteinander verglichen.

Für den Zuckergehalt reichen die Werte von 7.7% für die Sorte Asia bis zu 9.9% für die Sorte Darlisette (in Sion) sowie von 7.1% für die Sorte Thutop bis zu 10.1% für die Sorte Darlisette (in Zürich). Der Zuckergehalt der Sorte Darlisette ist für beide Standorte gleich. Diese Werte entsprechen den von Cordenunsi et al. (2002, 2003) [31, 32], Nunes et al. (2006) [1] und Wang et al. (2002) [34] publizierten.

Der Säuregehalt ist für alle Sorten in Sion teils viel höher als in Zürich. Die Erdbeeren in Zürich wurden jedoch rund drei Wochen später geerntet. Für einen höheren Reifegrad sinkt der Säuregehalt (Ménager et al. 2004 [39] und Olsson et al. 2004 [40]). Die Sorten Daisy, Gemma und Darlisette besitzen einen Säuregehalt grösser 0.8% (Cordenunsi et al. 2003 [32]).

Die antioxidative Kapazität ändert sich für die beiden Anbauorte praktisch nicht. Nur für die Sorten Asia und Thutop wurde ein signifikanter Unterschied festgestellt. Eine eindeutige Tendenz konnte jedoch nicht erkannt werden. Die höchsten Werte weist die Sorte Gemma mit 8.3 bzw. 8.4 $\mu\text{mol TE/g}$ auf. Die Werte liegen im Bereich der Werte für die in Conthey angebauten Erdbeeren.

Beim Phenolgehalt der Erdbeeren sind klare Tendenzen feststellbar. Bis auf die Sorte Thutop liegen die Werte in Sion jeweils tiefer als die Werte in Zürich. Die Unterschiede reichen von 7% für die Sorte Gemma bis zu 21% für die Sorte Daisy. Zwischen den Werten für die Sorten Gemma und Thutop besteht kein signifikanter Unterschied. Die erhaltenen Werte stimmen mit den von Cordenunsi et al. (2002) [31], Klopotek et al. (2005) [38] und Anttonen (2006) [28] publizierten überein.

Dieselbe Tendenz ist beim Anthocyangehalt feststellbar. Die Werte liegen hier in Zürich jeweils deutlich höher als in Sion. Mögliche Gründe für diese Unterschiede können das unterschiedliche Erntedatum oder, was wahrscheinlicher ist, das unterschiedliche Wetter (v.a. Sonnenschein und Temperatur) sein. Viel Sonne und eine hohe Temperatur fördert die Bildung von Anthocyanen (Tomás-Barberán et al. 2001 [25] und Wang et al. 2001 [41]). Bei diesen Versuchen lässt sich also eine Korrelation zwischen dem Phenol- und dem Anthocyangehalt belegen.

Die Sorte besitzt auch bei diesen Versuchen einen grossen Einfluss auf die verschiedenen Qualitätsparameter der Erdbeeren. Die Wahl der geeigneten Sorte ist auch hier wieder ein Kompromiss zwischen verschiedenen Parametern (Ertrag, Kosten, Widerstandsfähigkeit oder Geschmack).

4.4.1.3 Übersicht der Sortenversuche

Dieser Abschnitt ist eine Zusammenfassung der beiden obigen Abschnitte. Es ist ein Vergleich der beiden Sortenversuche (Conthey und Sion/Zürich). Hier werden nur allfällige Tendenzen aufgezeigt. Die Auswertung der erhaltenen Resultate wurde bereits in den obigen Abschnitten durchgeführt.

Die Erdbeeren aus Conthey (12. Juni) besitzen die mit Abstand am höchsten liegenden Werte für den Zuckergehalt. Für die drei anderen Proben (Conthey 19. Juni, Sion und Zürich) kann keine eindeutige Tendenz festgestellt werden. Man kann sagen, dass die Erdbeeren aus Conthey (unter Tunnel) die höchsten Zuckergehalte, für das optimale Erntedatum, ergeben.

Beim Säuregehalt konnte festgestellt werden, dass die Erdbeeren aus Zürich den jeweils tiefsten Gehalt an Säure aufweisen. Weiter sieht man, dass die Sorte Daisy die höchsten Werte besitzt, gefolgt von der Sorte Asia. Die Sorte Thutop besitzt die kleinsten Werte für den Säuregehalt.

Für die antioxidative Kapazität können keine eindeutigen Tendenzen festgestellt werden. Man erkennt jedoch, dass die Werte für Erdbeeren der Sorte Thutop jeweils zu den tiefsten gehören.

Für den Phenolgehalt der einzelnen Erdbeersorten kann man festhalten, dass sich der Phenolgehalt für Erdbeeren der Sorte Thutop für die unterschiedlichen Erntedaten und Anbauorte nicht ändert. Für die Sorten Daisy und Asia ist jeweils der Wert am 12. Juni am höchsten, gefolgt vom Wert in Zürich.

Der Anthocyanengehalt folgt ebenfalls eindeutigen Tendenzen. Hier liegen jedoch die Werte aus Zürich am höchsten, gefolgt von den Werten aus Conthey (12. Juni > 19. Juni). Die tiefsten Werte besitzen jeweils die Erdbeeren aus Sion.

Zusammenfassend kann man für die Sortenversuche sagen, dass sich die Werte sowohl für die einzelnen Erdbeersorten als auch für die verschiedenen Probenahmeorten (Conthey, Sion und Zürich) teilweise stark voneinander unterscheiden. Das hat verschiedene Gründe. Ein wichtiger Grund ist sicherlich das unterschiedliche Erntedatum, dieser Umstand konnte bei den Versuchen in Conthey bestätigt werden. Ein Einfluss des Anbauortes konnte mit den Versuchen in Sion und Zürich ebenfalls bestätigt werden. Hier spielt jedoch auch das unterschiedliche Wetter an den verschiedenen Standorten eine entscheidende Rolle. Dabei war die durchschnittliche Temperatur in Zürich höher als in Conthey. Zudem wurden die Erdbeeren in Conthey unter einem Tunnel und die Erdbeeren in Zürich normal angebaut. Auch diese Umstände beeinflussen die untersuchten Parameter mehr oder weniger stark.

4.4.2 Einfluss des Erntedatums

Das Erntedatum (12. bzw. 19 Juni) hat einen zum Teil recht grossen Einfluss auf die untersuchten Qualitätsparameter der Erdbeeren. Die einzelnen Parameter werden nun näher betrachtet. Da sich bei den verschiedenen Proben nur ein einziger Parameter ändert (das Erntedatum), kann ein allfälliger Unterschied diesem Parameter zugeschrieben werden.

Der Zuckergehalt der Erdbeeren liegt für alle untersuchten Sorten am 19. Juni deutlich höher als am 12. Juni. Diese Tendenz entspricht dem, was Nunes et al. (2006) [1], Olsson et al. (2004) [40], Ménager et al. (2004) [39] und Carlen et al. (2003, 2005) [42, 43]

publiziert haben. Der Zuckergehalt steigt während der Reifung kontinuierlich an. Das konnte mit diesen Versuchen für alle untersuchten Erdbeersorten bestätigt werden.

Bei der Entwicklung des Säuregehaltes kann, anders als für den Zuckergehalt, keine eindeutige Tendenz festgestellt werden. Die Sorten Daisy, Sonata und Yamaska weisen für den 12. Juni einen tieferen Säuregehalt auf, die Sorten Asia und Thutop einen höheren. Normalerweise nimmt der Gehalt an Säure während des Wachstums bzw. der Reife kontinuierlich ab. Der Gehalt ist jedoch immer abhängig vom Reifegrad der Erdbeeren. Es konnte festgestellt werden, dass nur bei den Sorten Asia und Thutop ein signifikanter Unterschied für die beiden Erntedaten besteht. Das sind die Sorten die dem normalen Prozess, Abnahme des Säuregehaltes, folgen. Dieser Vorgang wurde von Nunes et al. (2006) [1] Ménager et al. (2004) [39] und Carlen et al. (2005) [43] publiziert.

Die antioxidative Kapazität wurde durch das Erntedatum nur bei der Sorte Sonata beeinflusst. Allgemein kann also gesagt werden, dass das Erntedatum für die untersuchten Sorten einen eher geringen Einfluss hat.

Der Phenolgehalt wird für die Sorten Daisy, Asia und Yamaska durch das Erntedatum signifikant beeinflusst. Bis auf die Sorte Thutop liegen die Werte für die Phenolgehalt am 12. Juni jeweils höher als am 19. Juni. Der Phenolgehalt nimmt mit zunehmendem Reifegrad stetig ab. Dies publizierten Ménager et al. (2004) [39] und Wang et al. (2000) [44]. Diese Tendenz konnte, bis auf Erdbeeren der Sorte Thutop, bestätigt werden.

Der Anthocyanengehalt der untersuchten Erdbeeren wurde vom Erntedatum stark beeinflusst. Alle Werte lagen für den 19. Juni deutlich höher als für den 12. Juni. Der Gehalt an Anthocyanen steigt mit zunehmendem Reifegrad, was auch Nunes et al. (2006) [1] und Wang et al. (2000) [44] in ihren Versuchen gefunden haben. Diese Tendenz konnte hier ebenfalls bestätigt werden.

Allgemein kann also gesagt werden, dass der Erntezeitpunkt (späteres Erntedatum) die Qualität der untersuchten Erdbeeren positiv beeinflusst. Auf der anderen Seite sieht man, dass die Erträge am 19. Juni viel tiefer liegen als am 12. Juni.

4.4.3 Einfluss des Anbauortes

Bei der Bestimmung des Einflusses von zwei verschiedenen Anbauorten (Sion und Zürich) ändert sich mehr als ein Parameter. Es ändern sich der Anbauort sowie das Erntedatum (2. Juni in Sion und 30. Juni in Zürich). So können die einzelnen Werte zwar miteinander

verglichen werden, eine Aussage bezüglich des entscheidenden Parameters für die Unterschiede ist jedoch nicht möglich. Wie in Abschnitt 4.4.2 festgestellt wurde, hat das Erntedatum alleine oft schon einen grossen Einfluss. Ausserdem ändern sich für die unterschiedlichen Anbauorte Sonnenscheindauer und Temperatur, diese beiden Parameter besitzen ebenfalls einen Einfluss auf die untersuchten Qualitätsparameter (Wang et al. (2001) [41]). Zudem kann von unterschiedlichen Zusammensetzungen des Bodens, des Substrates usw. an beiden Anbauorten ausgegangen werden.

Beim Zuckergehalt konnte keine eindeutige Tendenz festgestellt werden. Die Sorten Daisy und Thutop weisen in Sion einen höheren Gehalt auf, die Sorten Asia und Gemma in Zürich (alle Unterschiede sind signifikant). Die Erdbeeren weisen also zum Teil stark unterschiedliche Zuckerwerte für beide Anbauorte auf. Hier kann das unterschiedliche Erntedatum (unterschiedlicher Reifegrad) eine Rolle spielen.

Bei der Bestimmung des Säuregehaltes der verschiedenen Erdbeersorten konnte festgestellt werden, dass alle Erdbeeren, die in Sion angebaut wurden, einen viel höheren Gehalt an Säure aufweisen als solche aus Zürich. Dieser Unterschied beträgt je nach Sorte zwischen 17% und 56%. Ein möglicher Grund für die höheren Werte in Sion könnte sein, dass die Erdbeeren noch nicht zu 100% reif sind und somit noch einen etwas hohen Säuregehalt, in Bezug auf den Säuregehalt der in Zürich angebauten Erdbeeren, aufweisen.

Die Untersuchung der antioxidativen Kapazität der Erdbeeren zeigte keine Tendenz auf. Zwei der fünf untersuchten Sorten (Daisy und Thutop) weisen einen höheren Wert, die zwei Sorten Asia und Gemma einen tieferen Wert in Sion auf. Die antioxidative Kapazität der Sorte Darlisette ist für beide Anbauorte identisch. Von den eben erwähnten Unterschieden sind nur jene für die Sorten Asia und Thutop signifikant. Das bedeutet, dass keinerlei Aussage darüber gemacht werden kann, ob Erdbeeren in Sion oder in Zürich höhere antioxidative Kapazitäten aufweisen.

Der Phenolgehalt von vier der fünf Sorten (Daisy, Asia, Gemma und Darlisette) liegt in Zürich höher als in Sion. Bei der Sorte Thutop besteht jedoch kein signifikanter Unterschied, die Werte für Sion und Zürich sind also nicht verschieden. Auch hier kann der unterschiedliche Erntezeitpunkt ein Grund für die festgestellten Unterschiede sein. Bei der Sorte Thutop liegt das Ernteoptimum wahrscheinlich im Bereich der beiden Erntedaten. Ein anderer Grund ist das unterschiedliche Wetter (v.a. Sonnenschein und Temperatur) in Sion und Zürich.

Der Anthocyanengehalt in Zürich liegt jeweils sehr viel höher als in Sion. Das entspricht dem was beim Phenolgehalt festgestellt werden konnte. Hier ist vor allem das Wetter, oder besser gesagt, die Sonnenscheindauer und die Temperatur, dafür verantwortlich.

Man konnte feststellen, dass sich die untersuchten Qualitätsparameter teilweise sehr stark unterscheiden, ja nachdem ob die Erdbeeren in Sion oder Zürich angebaut werden. Wie bereits erwähnt, spielen bei diesen Unterschieden jedoch verschiedene Parameter, wie Anbauort, Erntedatum oder Wetter, eine entscheidende Rolle.

4.5 Einfluss der Rezyklierung auf Qualitätsparameter von Erdbeeren

Zur Bestimmung des Einflusses einer Rezyklierung der Nährlösung sowie einer unterschiedlichen Ionenkonzentration (nicht rezykliert) derselben wurden die Erdbeeren (Rezyklierungsversuch, geerntet am 19. September) einmal frisch und drei Mal eingefroren (-18 °C, nach 5, 12 und 20 Tagen) analysiert. Zusätzlich dazu wurde noch ein Versuch einer zweiten Ernte (8. August) mit eingefrorenen Erdbeeren durchgeführt. Somit lassen sich allfällige Tendenzen besser bestätigen oder verwerfen. Die einzelnen, untersuchten Parameter werden nachstehend näher behandelt.

Der Zuckergehalt der Erdbeeren wird durch eine Rezyklierung ebenso wie durch eine unterschiedliche Ionenkonzentration beeinflusst. Die Werte liegen für die tiefste elektrische Leitfähigkeit (0.8) jeweils am höchsten, gefolgt von den Werten für Erdbeeren, bei denen die Nährlösung nicht rezykliert wurde. Die elektrische Leitfähigkeit liegt beinahe doppelt so hoch (1.5), d.h. die Lösung enthält mehr Ionen.

Der Säuregehalt wird ebenfalls stark beeinflusst, durch eine unterschiedliche Ionenkonzentration stärker als durch eine Rezyklierung der Nährlösung. Die gleiche Tendenz (EL 0.8 > EL 1.5 nicht rezykliert > EL 1.5 rezykliert) kann festgestellt werden.

Bei der antioxidativen Kapazität konnte, wie bei fast allen durchgeführten Versuchen in dieser Arbeit, keinerlei Einfluss festgestellt werden.

Der Phenolgehalt der untersuchten Erdbeeren ändert sich bei drei der fünf Versuche signifikant, es kann also von einem Einfluss ausgegangen werden. Mit einer Ausnahme, Versuch ohne signifikanten Unterschied, liegen die Werte für eine elektrische Leitfähigkeit von 0.8 jeweils am höchsten, gefolgt von einer Leitfähigkeit von 1.5. Die Werte für die rezyklierte Nährlösung liegen jeweils am tiefsten. Anttonen et al. (2006) [28] zeigen, dass

der Phenolgehalt je höher liegt desto tiefer die elektrische Leitfähigkeit, also die Ionenkonzentration. Dieser Umstand konnte mit diesem Versuch bestätigt werden.

Es kann ebenfalls ein Einfluss der Rezyklierung bzw. der Änderung in der elektrischen Leitfähigkeit auf den Anthocyangehalt bei drei der fünf durchgeführten Versuche festgestellt werden. Die beiden Versuche für die kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte, sind die gleichen die beim Phenolgehalt keinen Unterschied gezeigt haben. Im Gegensatz zum Phenolgehalt kann beim Anthocyangehalt keine Aussage bezüglich Höhe der Werte und Ionenkonzentration bzw. Rezyklierung gemacht werden. Es sind keine eindeutigen Tendenzen feststellbar.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass eine tiefere Ionenkonzentration einen positiven Einfluss auf die untersuchten Parameter hat. Es macht keinen Sinn, die Nährlösung mit Mineralien zu übersättigen. Es muss für jede Anwendung die optimale Zusammensetzung gefunden werden. Eine Rezyklierung der Nährstofflösung hat einen negativen Einfluss auf die analysierten Qualitätsparameter. Dieser Vorgang hat jedoch auch seine Vorteile, es muss auch hier ein Kompromiss zwischen Qualität und Kosten bzw. Aufwand gefunden werden. Zudem müssen immer auch die jeweiligen Erträge für die unterschiedlichen Verfahren berücksichtigt werden.

5 Schlussfolgerung und Perspektiven

Der Einfluss des Einfrierens kann vernachlässigt werden, einzig der Phenolgehalt der Erdbeeren wird dadurch leicht verändert. Man kann also sagen, dass das Einfrieren bei einer Temperatur von -18 °C eine gute Möglichkeit ist, um Erdbeeren bis zu einer allfälligen Analyse zu lagern. Die erhaltenen Resultate werden den wirklichen Werten (in den frischen Erdbeeren) entsprechen. Andererseits sind Erdbeeren zum direkten Verzehr bestimmt, eingefrorene und anschliessend wieder aufgetaute Erdbeeren sind von ihrer Qualität (Aussehen und vor allem Konsistenz) her nicht mit frischen Erdbeeren vergleichbar. So lassen sich also eingefrorene Erdbeeren nur für Konfitüren und ähnliches, jedoch nicht zum direkten Verzehr verwenden.

Eine Behandlung gegen Milben (bzw. ein Befall mit Spinnmilben) beeinflusst die Qualität der Erdbeeren ebenfalls nur geringfügig. Der Phenolgehalt sinkt und der Anthocyangehalt steigt für behandelte Erdbeeren. Durch den veränderten Anthocyangehalt verändert sich ein visuelles Merkmal der Erdbeeren, nämlich ihre Farbe. Diese Veränderung kann einen direkten Einfluss auf den Konsumenten haben. Allgemein kann gesagt werden, dass sich eine Behandlung gegen einen Milbenbefall sicherlich positiv auf die Ertragsleistung der Erdbeeren auswirkt, indem weniger Pflanzen durch die Milben angegriffen und beschädigt werden. Dabei spielt natürlich auch immer der Kostenaufwand eine entscheidende Rolle. Können die Kosten für eine Behandlung mit dem gesteigerten Ertrag ausgeglichen werden oder nicht. Durch den Vorteil der höheren Erträge sowie durch die intensivere Farbe (höherer Anthocyangehalt) ist eine Behandlung allgemein gesehen sicherlich von Vorteil.

Bei den Sortenversuchen wurde festgestellt, dass die Sorte den grössten Einfluss auf die untersuchten Parameter aufweist. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Erdbeersorten sind teilweise sehr hoch. Ebenso spielt das Erntedatum für den gleichen Anbauort und für die gleichen Anbaubedingungen eine entscheidende Rolle. Dadurch wird klar, wie wichtig der richtige Erntezeitpunkt ist. Die Erdbeeren müssen vollständig reif sein, nur so können sich die verschiedenen Aromastoffe vollständig ausbilden. Auch der Gehalt an Zucker und an Säure, wichtige Qualitätsparameter, wird durch den Erntezeitpunkt beeinflusst. Bei überreifen Erdbeeren kann es zu einer zu intensiven Farbe (höherer Anthocyangehalt) kommen, was für den Kunden einen negativen Einfluss haben kann. Wie das Erntedatum hat auch der Anbauort einen grossen Einfluss auf die Qualität der Erdbeeren. Bei diesem Einfluss spielen auch das Wetter (Temperatur und

Sonnenscheindauer) und die Zusammensetzung des Bodens eine wichtige Rolle. Bei der Auswahl von geeigneten Erdbeersorten müssen die unterschiedlichen Eigenschaften der Erdbeeren berücksichtigt werden. Die wichtigsten sind sicherlich der Geschmack, der Ertrag, die Anbaubedingungen (Nährstoffansprüche, Pflegebedarf, Sensibilität gegenüber schwankenden Temperaturen und Nährstoffgaben), die Beliebtheit bei den Kunden, das Aussehen, die Ernteperiode und der Erntezeitpunkt sowie die Resistenz gegenüber Krankheiten und Insektenbefall. Mit diesen Angaben muss für den gewählten Standpunkt die für die herrschenden Bedingungen optimale Sorte gefunden und ausgewählt werden.

Bei den Versuchen bezüglich einer Rezyklierung der Nährlösung oder einer Änderung der Ionenkonzentration in der Nährlösung wurde ein negativer Einfluss der Rezyklierung auf die untersuchten Qualitätsparameter der Erdbeeren festgestellt. Ausserdem ergaben tiefere Ionenkonzentrationen die höheren Werte in Bezug auf den Zucker-, Säure- und Phenolgehalt. Bei der antioxidativen Kapazität konnte kein Unterschied festgestellt werden, die unterschiedlichen Anthocyangehalte folgen keiner eindeutigen Tendenz. Um eine Aussage darüber zu treffen, ob eine Rezyklierung Sinn macht oder nicht, müssen auch immer andere Überlegungen miteinbezogen werden. Ebenso verhält es sich mit einer Aussage über die optimale Ionenkonzentration der Nährlösung. Die Konzentration an Ionen beeinflusst, neben den untersuchten chemischen Parametern, auch agronomische Parameter. Dazu gehört neben dem Ertrag auch das Wachstum der Erdbeeren. Für ein optimales Wachstum braucht die Pflanze verschiedene Mineralien in unterschiedlichen Konzentrationen. Diese Konzentrationen hängen auch immer vom Entwicklungsstand der Erdbeerpflanze ab. Es muss hier ein Kompromiss zwischen chemischer Zusammensetzung, Ertrag sowie Wachstumsbedingungen gefunden werden. Dazu kommen der Kostenpunkt sowie die Behandlung der Nährlösung bei einer allfälligen Rezyklierung. Eine Rezyklierung senkt die Kosten, es muss nicht jedes Mal neue Nährlösung hergestellt werden. Andererseits hat eine Rezyklierung auch einen negativen Einfluss auf die chemische Zusammensetzung. Hier muss abgewogen werden, welche Vorteile überwiegen.

Bei der Untersuchung der verschiedenen Substrate konnte festgestellt werden, dass das Substrat einzig auf den Phenolgehalt Einfluss nimmt. Die anderen Qualitätsparameter bleiben für die einzelnen Substrate gleich. Man kann also vom chemischen Standpunkt aus die Ansicht vertreten, dass das optimale Substrat das kostengünstigste ist. Bei der Wahl spielen aber noch viele andere Parameter eine entscheidende Rolle. So müssen



immer die einzelnen Erträge der verschiedenen Substrate berücksichtigt werden. Weiter spielen noch ökologische Überlegungen eine Rolle, die Tendenz führt weg von reinen Torfsubstraten hin zu Substraten aus Kompost. Auch die chemische Zusammensetzung des Substrates sowie die Wasseraufnahmefähigkeit spielen eine wichtige Rolle bei der Auswahl eines geeigneten Substrates. Es gibt so für die unterschiedlichen Anwendungen immer ein optimales Substrat, das durch Versuche gesucht und gefunden werden muss.

6 Bibliographie

- [1] M. C. N. Nunes, J. K. Brecht, A. M. M. B. Morais, S. A. Sargent, Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage, *J. Sci. Food Agric.*, Vol. 86, 2006, S. 180-190
- [2] S. Lunkenbein, Reifekorrelierte Enzyme des Sekundärstoffwechsels von Erdbeeren (*Fragaria x ananassa*), Dissertation, Technische Universität München, 2006
- [3] C. Thielen, Auswahl und Verarbeitung von Früchten zur Steigerung der Gehalte an phenolischen Antioxidantien in Fruchtsäften, Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern, 2006
- [4] Beeren-Info 1/2005, Fachstelle Gemüse und Beeren, 2005
- [5] R. Neuweiler, L. Michalek, P. Schäti, Publikation: Neuer Erdbeersorten mit guten Perspektiven, *Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil, Schweiz. z. Obst-Weinbau*, Nr. 14/03, 2003
- [6] Proplant[®], Sortenbeschreibungen
- [7] Handbuch Beeren, herausgegeben vom Schweizerischen Obstverband, Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil, Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau, 2002
- [8] M. C. Alamanni, M. Cossu, Radical scavenging activity and antioxidant activity of liquors of myrtle, *Ital. J. Food Sci.*, n. 2, Vol. 16, 2004, S. 197-208
- [9] W. B. Brand-Williams, M. E. Cuperlier, C. Berset, Use a free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensm.-Wiss. u. -Technol.* Vol. 28, 1995, S. 25-30
- [10] M. S. P. Nikfardjam, Polyphenole in Weissweinen und Traubensäften und ihre Veränderung bei der Herstellung, Dissertation, Justus von Liebig-Universität, 2002
- [11] P. C. Hollman, Evidence for health benefits of plant phenols: local or systematic effects, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 81, 2001, S. 842-852
- [12] A. Rechner, Einfluss der Verarbeitungstechnik auf Polyphenole und antioxidative Kapazität von Apfel- und Beerenobstsäften, Dissertation, Justus von Liebig-Universität, Gießen, 2000
- [13] R. Eder, Farbstoffe in Obst, Wein und Gemüse, in vielerlei Hinsicht wertvoll, HBLA u. BA für Wein- und Obstbau, ALVA Jahrestagung, 2002, S. 147-149

- [14] R. E. Wrolstad, R. W. Durst, J. Lee, Tracking color and pigment changes in anthocyanin products, *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 16, 2005, S.423-428
- [15] Schweizerisches Lebensmittelbuch (SLMB), Kapitel: 28A, Bundesamt für Gesundheit (BAG), Bern, Juli 2000
- [16] Schweizerisches Lebensmittelbuch (SLMB), Kapitel: 30A, Bundesamt für Gesundheit (BAG), Bern, April 2001
- [17] L. Gao, G. Mazza, Characterization, quantitation and distribution of anthocyanins and colorless phenolics in sweet cherries, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 43, 1995, S. 343-346
- [18] T. Siriwoharn, R. E. Wrolstad, C. E. Finn, C. B. Pereira, Influence of cultivar, maturity, and sampling on blackberry (*Rubus L. Hybrids*) anthocyanins, polyphenolics, and antioxidant properties, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 52, No. 26, 2004, S. 8021-8030
- [19] M. Giusti, R. E. Wrolstad, Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy, *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, Unit F 1.2, 2001
- [20] A-F. Grogg, Vorlesungsunterlagen, Kurs Angewandte Statistik, HEV's, Sion, 2001
- [21] J. F. Ayala-Zavala, S. Y. Wang, C. Y. Wang, G. A. Gonzalez-Aguilar, Effect of storage temperature on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit, *Lebens. -Wiss. u. -Technol.*, Vol. 37, 2004, S. 687-695
- [22] C. Han, Y. Zhao, S. W. Leonard, M. G. Traber, Edible coatings to improve storability and enhanced nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*), *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 33, 2004, S. 67-78
- [23] M. A. Sahari, F. Mohsen Bostani, E. Zoreh Hamidi, Effect of low temperature on the ascorbic content and quality characteristics of frozen strawberry, *Food Chemistry*, Vol. 86, 2003, S. 357-363
- [24] T. Wicklund, H. J. Rosenfeld, B. K. Martinsen, M. W. Sundfor, P. Lea, T. Bruun, R. Blomhoff, K. Haffner, Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions, *Lebens. -Wiss. u. -Technol.*, Vol. 38, 2005, S. 387-391

- [25] F. A. Tomás-Barberán, J. C. Espín, Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 81, 2001, S. 853-876
- [26] W. Kalt, C. F. Forney, A. Martin, R. L. Prior, Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 47, 1999
- [27] C. Lindner, C. Carlen, C. Mittaz, Nuisibilité de l'acarien jaune *Tetranychus urticae* Koch et stratégies de lutte dans les cultures de fraisiers précoces, *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, Vol. 35, 2003, S. 235-240
- [28] M. J. Anttonen, K. I. Hoppula, R. Nestby, M. J. Verheul, R. O. Karjalainen, Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 54, 2006, S. 2614-2620
- [29] S. Y. Wang, H-S. Lin, Compost as a soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbance capacity in strawberries, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 51, 2003, S. 6844-6850
- [30] R. Neuweiler, C. Krebs, P. Züllig, Publikation: Eignung von Torfersatzsubstraten für den Erdbeeranbau im Folienhaus, *Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil, Schweiz. z. Obst-Weinbau*, Nr. 7/99, 1999
- [31] B. R. Cordenunsi, J. R. O. Nascimento, M. I. Genovese, F. M. Lajolo, Influence of cultivar parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in brazil, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 50, 2002, S. 2581-2586
- [32] B. R. Cordenunsi, J. R. O. Nascimento, F. M. Lajolo, Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage, *Food Chemistry*, Vol. 83, 2003, S. 167-173
- [33] B. R. Cordenunsi, M. I. Genovese, J. R. O. Nascimento, N. M. A. Hassimotto, R. J. dos Santos, F. M. Lajolo, Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars, *Food Chemistry*, Vol. 91, 2004, S. 113-121
- [34] S. Y. Wang, W. Zheng, G. J. Galletta, Cultural systems affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberries, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 50, 2002, S. 6534-6542

- [35] C. Pelayo-Zaldivar, S. E. Ebeler, A. A. Kader, Cultivar and harvest date effects on flavor and other quality attributes of california strawberries, *Journal of Food Quality*, Vol. 28, 2005, S. 78-97
- [36] K. R. Määttä-Riihinen, A. Kamal-Edin, A. R. Törrönen, Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (Family Rosaceae), *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 52, 2004, S. 6178-6187
- [37] F. Senser, H. Scherz, Souci, Fachmann, Kraut, Die Zusammensetzung der Lebensmittel, Nährwerttabellen, Medpharm Scientific Publishes, Kapitel: Beeren, Stuttgart, 2000, S. 871
- [38] Y. Klopotek, K. Otto, V. Böhm, Processing strawberries to different products alters contents of vitamin c, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant activity, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 53, 2005, S. 5640-5646
- [39] I. Ménager, M. Jost, C. Aubert, Changes in physicochemical characteristics and volatile constituents of strawberry (Cv. Cigaline) during maturation, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 52, 2004, S. 1248-1254
- [40] M. E. Olsson, J. Ekvall, K-E. Gustavsson, J. Nilsson, D. Pillai, I. Sjöholm, U. Svensson, B. Åkesson, M. G. L. Nyman, Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberries (*fragaria x ananassa*): effects of cultivar, ripening and storage, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 52, 2004, S. 2490-2498
- [41] S. Y. Wang, W. Zheng, Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 49, 2001, S. 4977-4982
- [42] C. Carlen, A. Ancay, Measurement of the sensory quality of strawberries, *Acta Horticulturae* 604, 2003, S. 353-355
- [43] C. Carlen, A. M. Potel, C. Bellon, A. Ançay, Qualité des fraises : effets de la variété, du rapport feuille/fruit, de la période de récolte et du stade de maturité, *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, Vol. 37, 2005, S. 87-93
- [44] S. Y. Wang, H-S. Lin, Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 48, 2000, S. 140-146



7 Anhänge

1. Pflichtenheft der Diplomarbeit
2. Arbeitsplan der Diplomarbeit
- 3a. Übersicht der Erdbeerproben (1)
- 3b. Übersicht der Erdbeerproben (2)
- 4a. Formelblatt Berechnungen (1)
- 4b. Formelblatt Berechnungen (2)
5. Übersicht Milbenversuche
6. Übersicht Rezyklierungsversuche