



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Einfluss des Überdrucks auf wichtige Gärparameter sowie
analytische und sensorische Werte von Apfelmost

Barbara Sterkl

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 474

Studienrichtung lt. Studienblatt: Diplomstudium Ernährungswissenschaften

Betreuerin / Betreuer: Dipl. Ing. Karl Vogl

Danksagung

Diese Diplomarbeit wurde in der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau in Klosterneuburg durchgeführt.



WeinObstKlosterneuburg.at

Unser Wissen trägt Früchte.

Ich danke an dieser Stelle HR DI Karl Vogl für die Überlassung des Diplomarbeitsthemas. Weiters gilt mein großer Dank DI Dr. Manfred Gössinger, der mich immer geduldig auf die richtigen wissenschaftlichen Wege geführt hat. Weiters danke ich dem erfahrenen Team im Technikum der Obstverarbeitung, die mich mit Kraft und Wissen unterstützt haben.

Weiters möchte ich mich bei der Abteilung Mikrobiologie für die familiäre Aufnahme in ihr Team bedanken. Allen voran sind Mag. Dr. Karin Mandl und DI Karin Silhavy-Richter zu nennen, die mich immer mit ihrem Wissen und ihrer Hilfe unterstützt haben.

Mein Dank gilt auch der Abteilung Chemie und hier besonders Frau Ing. Veronika Schober und Herrn Ing. Reinhard Baumann.

Ein großes Dankeschön gilt meinen Eltern Ing. Friedrich und Hermine Sterkl, die mich immer unterstützt und aufgebaut haben und jederzeit hinter mir gestanden sind. Auch meine Geschwister brachten viel Geduld und Verständnis auf und hatten auch immer aufmunternde Worte für mich parat. Besonders danke ich meinem Freund Matthias, der jederzeit aufmunternde Worte für mich parat hatte.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XI
1 Einleitung und Fragestellung	1
2 Literaturübersicht	2
2.1 Allgemeine Informationen	2
2.2 Begriffsbestimmungen	3
2.2.1.1 Obstwein	3
2.2.1.2 Druck	3
2.2.1.3 Schwefelung	4
2.2.2 Herstellung des Apfelweins	4
2.3 Hefe	5
2.3.1 Natürlich vorkommende Hefen und Reinzuchthefen	5
2.3.2 Anwendung von Trockenhefepräparaten	6
2.4 Alkoholische Gärung	7
2.4.1 Entwicklung der Hefezellzahl während der Gärung	11
2.4.2 Löslichkeit von CO ₂ und Sättigung	13
2.4.3 Weinefehler und Weinkrankheiten	14
2.5 Einfluss der Temperatur auf die alkoholische Gärung	15
2.5.1 Einfluss höherer Temperatur	15
2.5.2 Einfluss niedrigerer Temperatur	15
2.6 Einfluss von Druck auf die alkoholische Gärung	16
2.7 Beeinflussung der Hefevitalität durch Druck und Temperatur	17
2.7.1 Beeinflussung des Alkoholgehalts	18
2.7.2 Sensorische Beurteilungen	18
3 Material und Methoden	20
3.1 Herkunft der Rohware/Apfelsäfte	20
3.2 Saftherstellung	20
3.3 Verwendete Gärbehälter	25

3.4	Versuchspläne.....	27
3.4.1	Versuchsplan 1 (VP1).....	29
3.4.2	Versuchsplan 2 (VP2).....	30
3.4.3	Versuchsplan 3 (VP3).....	31
3.4.4	Versuchsansatz.....	32
3.4.5	Trockenhefepräparate.....	33
3.5	Bestimmungsmethoden.....	35
3.5.1	Probenahme.....	35
3.5.2	FTIR.....	38
3.5.3	Bestimmung des Mostgewichts.....	40
3.5.4	Bestimmung der freien schwefligen Säure.....	41
3.5.5	Enzymatische Bestimmungen.....	41
3.5.5.1	Enzymatische Bestimmung von Glucose.....	41
3.5.5.2	Enzymatische Bestimmung von Fructose.....	41
3.5.5.3	Enzymatische Bestimmung von Saccharose.....	42
3.5.5.4	Enzymatische Bestimmungen von Gärungsnebenprodukten (Acetaldehyd und Glycerin).....	42
3.5.5.4.1	Enzymatische Bestimmung von Glycerin.....	42
3.5.5.4.2	Enzymatische Bestimmung von Acetaldehyd.....	43
3.5.6	Mikrobiologische Untersuchungen.....	44
3.5.7	Molekularbiologische Methoden.....	47
3.5.7.1	DNA-Extraktion.....	48
3.5.7.2	PCR-Ansatz und PCR.....	49
3.5.8	Elektrophorese.....	50
3.6	Schönung und Lagerung der vergorenen Apfelweine.....	52
3.7	Sensorische Beurteilungen.....	53
3.7.1	Dreieckstest.....	54
3.7.2	Prüfung mit unstrukturierter Skala.....	54
3.8	Statistische Auswertung der Daten.....	56
4	Ergebnisse und Diskussion.....	57
4.1	Bestimmung der Zuckergehalte im Rohsaft.....	57
4.2	Bestimmung der Hefezellzahl.....	58

4.3	Ergebnisse von VP1	61
4.3.1	VP1: Gärdauer.....	61
4.3.2	VP1: Druckverlauf.....	62
4.3.3	VP1: Maximal erreichter Druck im Tank	63
4.3.4	VP1: Unterschied zwischen Normaldruck und Überdruck	64
4.3.5	VP1: Zuckerabbau.....	64
4.3.6	VP1: Alkoholgehalt	66
4.3.7	VP1: Hefezellzahl	67
4.3.8	VP1: Endwerte der Gärung	68
4.3.9	Besonderheiten bei VP1: Cremanti	69
4.3.10	VP1: Sensorische Prüfungen mit erweitertem Dreieckstest	70
4.3.11	VP1: Bewertungen mit unstrukturierter Skala.....	73
4.4	Ergebnisse von VP2	74
4.4.1	VP2: Gärdauer.....	75
4.4.2	VP2/1.....	75
4.4.2.1	VP2/1: Zuckerabbau.....	75
4.4.2.2	VP2/1: Alkoholgehalt.....	77
4.4.2.3	VP2/1: Hefezellzahl	77
4.4.2.4	VP2/1: Vergleich Zuckerabbau und Druckaufbau und Zuckerabbau und Hefezellzahl.....	78
4.4.3	VP2/2.....	80
4.4.3.1	VP2/2: Zuckerabbau.....	80
4.4.3.2	VP2/2: Alkoholgehalt.....	81
4.4.3.3	VP2/2: Hefezellzahl	82
4.4.3.4	VP2/2: Vergleich Zuckerabbau und Druckaufbau und Zuckerabbau und Hefezellzahl.....	82
4.4.4	VP2: Endwerte der Gärung	85
4.4.5	VP2: Bewertung mit erweitertem Dreieckstest	85
4.4.6	VP2: Bewertungen mit unstrukturierter Skala.....	87
4.4.7	VP2/1-T1	88
4.5	Ergebnisse von VP3	94
4.5.1	VP3: Gärdauer.....	94

4.5.2	VP3: Druckverlauf.....	95
4.5.3	VP3: Maximal erreichter Druck im Tank	96
4.5.4	VP3: Unterschied zwischen Normaldruck und Überdruck	96
4.5.4.1	VP3: Zuckerabbau.....	96
4.5.4.2	VP3: Alkoholgehalt	98
4.5.4.3	VP3: Hefezellzahl	99
4.5.5	VP3: Endwerte der Gärung	100
4.5.6	VP3: Sensorische Prüfungen mit erweitertem Dreieckstest	100
4.5.7	VP3: Bewertungen mit unstrukturierter Skala.....	103
4.6	Glycerin und Acetaldehyd.....	104
4.6.1	VP1.....	105
4.6.2	VP2.....	106
4.6.3	VP3.....	106
4.7	PCR-Analysen	107
5	Schlussbetrachtung	110
6	Zusammenfassung	112
7	Summary	114
8	Literaturverzeichnis.....	116
9	Anhang	122
9.1	Geräteliste	122
9.2	Chemikalienliste	123
9.3	Materialienliste.....	125
9.4	Werte	126
9.5	Versuchsplan 1	126
9.5.1	Überdruck.....	126
9.5.2	Temperatur	127
9.6	Reduzierende Zucker laut FTIR.....	129
9.6.1	Mostgewicht	131
9.6.2	Alkoholgehalt.....	133
9.6.3	Hefezellzahl.....	135
9.7	Versuchsplan 2.....	137
9.7.1	Überdruck und Temperatur	137

9.7.2	Reduzierende Zucker laut FTIR.....	139
9.7.3	Mostgewicht	140
9.7.4	Alkoholgehalt.....	141
9.7.5	Hefezellzahl.....	142
9.8	Versuchsplan 3.....	143
9.8.1	Überdruck und Temperatur	143
9.8.2	Reduzierende Zucker	144
9.8.3	Mostgewicht	145
9.8.4	Alkoholgehalt.....	146
9.8.5	Hefezellzahl.....	147
9.9	Mittelwerte der Verkostung mit unstrukturierter Skala	148
9.10	VP1 – Merkmal Sauberkeit.....	148
9.10.1	VP1– Merkmal Geruch	148
9.10.2	VP1– Merkmal Mundgefühl	148
9.10.3	VP1– Gesamturteil	148
9.10.4	VP2– Merkmal Sauberkeit.....	149
9.10.5	VP2– Merkmal Geruch	149
9.10.6	VP2– Merkmal Mundgefühl	149
9.10.7	VP2– Gesamturteil	149
9.10.8	VP3– Merkmal Sauberkeit.....	150
9.10.9	VP3– Merkmal Geruch	150
9.10.10	VP3– Merkmal Mundgefühl.....	150
9.10.11	VP3– Gesamturteil.....	150
9.11	Werte für Glycerin, Acetaldehyd, Alkoholgehalt und SO ₂	150

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzipschema für die Herstellung von Obstwein.....	5
Abbildung 2: Alkoholische Gärung mit Bildung von Glycerin [DITTRICH et al., 2010].....	9
Abbildung 3: Ausschnitt aus der alkoholischen Gärung mit Bildung von Acetaldehyd, http://www.abiwissen.info/biologie_heterotrophe_assimilation.html#alkoholische_G%E4rung	10
Abbildung 4: Bildung von Acetaldehyd, Pyruvat und Ketoglutarat bei der Gärung von 600 L Most in 65 cm Höhe über dem Fassboden (Riesling, 69 °Oe) in einem 600 L-Fass (88 cm Innenhöhe) bei Praxisbedingungen [DITTRICH et al., 1973].....	11
Abbildung 5: Wachstumskurve einer Hefepopulation [WALKER, 1998].....	13
Abbildung 6: Becherelevator.....	21
Abbildung 7: Rätzmühle und Presse.....	21
Abbildung 8: Bandpresse.....	22
Abbildung 9: Saftauffangwanne	22
Abbildung 10: Dämpfen der Glasballons am Ballonwärmer.....	24
Abbildung 11: Lagerung des klaren Gärsubstrates in Glasballons.....	24
Abbildung 12: Drucktank 1 und 2 mit Manometer und Temperaturkontrolle	25
Abbildung 13: Getränkefass, 60 L, mit Gärspund	26
Abbildung 14: schematischer Verlauf des Überdrucks während der Gärung bei VP2/1	30
Abbildung 15: schematischer Verlauf des Überdrucks während der Gärung bei VP2/2	31
Abbildung 16: Versuchsansatz - Zusammenmengen der Bestandteile.....	32
Abbildung 17: Zufuhrleitung für Dampf, Druckluft, Kalt- und Warmwasser	33
Abbildung 18: Filtration der Probe mittels Faltenfilter.....	38
Abbildung 19: Codierung der Proben.....	39
Abbildung 20: Eingabe der Probedaten am Computer.....	40

Abbildung 21: Platzierung der Proben am Probenteller und Aufsaugen der Probenflüssigkeit.....	40
Abbildung 22: WL Nutrient Agar, 75 g/L.....	45
Abbildung 23: WL-Agar nach Zugabe von H ₂ O dest.....	45
Abbildung 24: 10 ml der unfiltrierten 0-Probe entnommen von jedem Gärbehälter.....	46
Abbildung 25: Auszählen der Platten mittels Keimzählhilfe	47
Abbildung 26: Lagerung im Bag in Box.....	52
Abbildung 27: Filtrieren mit Rundfilter R22	53
Abbildung 28: Verkostung in den Kostkabinen	53
Abbildung 29: Prüfformular für den erweiterten Dreieckstest.....	54
Abbildung 30: Prüfformular für unstrukturierte Skala	55
Abbildung 31: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 0	59
Abbildung 32: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 0	59
Abbildung 33: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 2	59
Abbildung 34: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 2	59
Abbildung 35: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 3	59
Abbildung 36: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 3	59
Abbildung 37: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 4	60
Abbildung 38: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 4	60
Abbildung 39: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 5	60
Abbildung 40: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 5	60
Abbildung 41: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 6	60
Abbildung 42: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 6	60
Abbildung 43: Gärdauer VP1	62
Abbildung 44: VP1: Überdruck [bar].....	63
Abbildung 45: Vergleich der maximal erreichten Überdrucke von VP1/C-T, VP1/F-T, VP1/K-T und VP1/L-T	64
Abbildung 46: VP1: reduzierende Zucker [g/L]	65
Abbildung 47: VP1: Mostgewicht [°Oe]	65
Abbildung 48: VP1: Alkoholgehalt in %-vol.	66
Abbildung 49: VP1: Hefezellzahl in KBE/mL.....	68

Abbildung 50: ungleich große beige Teilchen - aufgebrochene Membrankapsel in der Probeflüssigkeit von VP1/C-B1	70
Abbildung 51: VP2: Gärdauer	75
Abbildung 52: VP2/1: reduzierende Zucker [g/L].....	76
Abbildung 53: VP2/1: Mostgewicht [°Oe]	76
Abbildung 54: VP2/1: Alkoholgehalt [%-vol.].....	77
Abbildung 55: VP2/1: Hefezellzahl [KBE/mL].....	78
Abbildung 56: VP2/1: Vergleich Mostgewicht und Überdruck bei VP2/1-T2	79
Abbildung 57: VP2/1: Vergleich Mostgewicht und Hefezellzahl bei VP2/1-T2 ..	79
Abbildung 58: VP2/2: reduzierende Zucker [g/L].....	80
Abbildung 59: VP2/2: Mostgewicht [°Oe]	81
Abbildung 60: VP2/2: Alkoholgehalt [%-vol.].....	81
Abbildung 61: VP2/2: Hefezellzahl [KBE/mL].....	82
Abbildung 62: VP2/2-T1: Vergleich Mostgewicht und Überdruck.....	83
Abbildung 63: VP2/2-T1: Vergleich Mostgewicht und Hefezellzahl.....	83
Abbildung 64: VP2/2-T2: Vergleich Mostgewicht und Überdruck.....	84
Abbildung 65: VP2/2-T2: Vergleich Mostgewicht und Hefezellzahl.....	84
Abbildung 66: VP2/2-T1: mikroskopische Aufnahme des bakterienkontaminierten gärenden Saftes nach Gram-Färbung	89
Abbildung 67: VP2/1-T1, Verdünnungsstufe 1, mit Bakterienkontamination (grüne Kolonien)	90
Abbildung 68: VP2/1-T1, Verdünnungsstufe 2, mit Bakterienkontamination (grüne Kolonien)	90
Abbildung 69: VP3: Gärdauer	94
Abbildung 70: VP3: Druckverlauf	95
Abbildung 71: VP3: Maximal erreichte Überdrucke der Tanks.....	96
Abbildung 72: VP3: Reduzierende Zucker [g/L]	97
Abbildung 73: VP3: Mostgewicht [°Oe]	97
Abbildung 74: VP3: Alkoholgehalt in %-vol.	98
Abbildung 75: VP3: Hefezellzahl in KBE/mL.....	100
Abbildung 76: PCR-Produkte Probe 1 bis 18 (GM = Größenmarker)	107

Abbildung 77: PCR-Produkte Probe 19 bis 30 (GM = Größenmarker, LW = Leerwert).....	108
Abbildung 78: PCR-Produkte Wiederholung von Probe 3, 7, 30 (GM = Größenmarker, LW = Leerwert).....	108

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Einheiten der physikalischen Größe Druck [BROCKHAUS, 1997]	4
Tabelle 2: Löslichkeitskoeffizient von CO ₂ bei unterschiedlichem Überdruck und unterschiedlicher Temperatur von Sekt [BACH et al., 2010]	14
Tabelle 3: Werte für den frisch gepressten Saft für die einzelnen Versuchspläne	22
Tabelle 4: verwendete Gärbehälter für die Versuchsdurchführungen der VP1 bis VP3	25
Tabelle 5: Beschreibung von Versuchsplan 1	27
Tabelle 6: Beschreibung von Versuchsplan 2	28
Tabelle 7: Beschreibung von Versuchsplan 3	29
Tabelle 8: Zusammenfassung der Eigenschaften der verwendeten Hefen, [Datenblätter Erbslöh AG, 2009]	34
Tabelle 9: Häufigkeit der Messungen der Parameter	37
Tabelle 10: Zutaten für 1x20 µL Mastermix-PCR Ansatz	50
Tabelle 11: Ausgangswerte der Rohsäfte für VP1, VP2 und VP3	57
Tabelle 12: Zucker-Werte für klares Gärsubstrat nach Zugabe von Zucker und Zitronensäure in g/L	57
Tabelle 13: VP1: Vergleich des Druckaufbaus in bar in den Drucktanks zwischen fünftem und neuntem Tag	63
Tabelle 14: VP1: Mostgewicht in °Oe zwischen fünftem und neuntem Tag	66
Tabelle 15: VP1: Vergleich des Alkoholaufbaus in %-vol. zwischen fünftem und neuntem Tag	67
Tabelle 16: Endwerte der Gärung von VP1	68
Tabelle 17: Teil 1 der Ergebnisse der sensorischen Prüfungen mittels erweitertem Dreieckstest von VP1, $\alpha=0,05$ (Wh.=Wiederholung, 0=nicht unterschiedlich, 1= unterschiedlich, K=Koster)	71

Tabelle 18: Teil 2 der Ergebnisse der sensorischen Prüfungen mittels erweitertem Dreieckstest von VP1, $\alpha=0,05$ (Wh.=Wiederholung, 0=nicht unterschiedlich, 1= unterschiedlich, K=Koster)	72
Tabelle 19: Ergebnis der Bewertung von VP1 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test ($\alpha=0,05$), Merkmal Sauberkeit.....	73
Tabelle 20: Ergebnis der Bewertung von VP1 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test ($\alpha=0,05$), Merkmal Geruch	74
Tabelle 21: Ergebnis der Bewertung von VP1 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test ($\alpha=0,05$), Merkmal Mundgefühl	74
Tabelle 22: Ergebnis der Bewertung von VP1 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test ($\alpha=0,05$), Gesamturteil	74
Tabelle 23: Endwerte der Gärung von VP2	85
Tabelle 24: Ergebnisse der sensorischen Prüfungen mittels erweitertem Dreieckstest von VP2, $\alpha=0,05$ (Wh.=Wiederholung, 0=nicht unterschiedlich, 1= unterschiedlich, K=Koster)	86
Tabelle 25: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP2 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal Sauberkeit.....	87
Tabelle 26: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP2 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal Geruch	87
Tabelle 27: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP2 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal Mundgefühl	88
Tabelle 28: Ergebnis der der sensorischen Prüfung von VP2 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Gesamturteil.....	88
Tabelle 29: Werte für einen Versuchsansatz von VP2, der wegen Bakterienkontamination abgebrochen wird	92
Tabelle 30: Werte für einen erneuten Versuchsansatz von VP2, der wegen Bakterienkontamination abgebrochen wird	93
Tabelle 31: VP3: Vergleich des Druckaufbaus in bar in den Drucktanks zwischen fünftem und neuntem Tag	95
Tabelle 32: VP3: Vergleich des Zuckerabbaus in °Oe zwischen fünftem und neuntem Tag.....	98

Tabelle 33: VP3: Vergleich des Alkoholgehalts in %-vol. zwischen fünftem und neuntem Tag.....	99
Tabelle 34: Endwerte der Gärung von VP3	100
Tabelle 35: Ergebnisse der sensorischen Prüfung mittels erweitertem Dreieckstest von VP3, $\alpha=0,05$ (0=nicht unterschiedlich, 1= unterschiedlich, Wh.=Wiederholung, K=Koster)	102
Tabelle 36: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP3 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal Sauberkeit.....	103
Tabelle 37: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP3 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal Geruch	103
Tabelle 38: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP3 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal	103
Tabelle 39: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP3 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Gesamturteil.....	104
Tabelle 40: VP1: Mittelwerte und Standardabweichungen für Glycerin, Alkoholgehalt, Acetaldehyd und zugesetztes SO_2 (SD = Standardabweichung)	105
Tabelle 41: VP2: Mittelwerte und Standardabweichungen für Glycerin, Alkoholgehalt, Acetaldehyd und zugesetzter SO_2 -Gehalt (SD = Standardabweichung)	106
Tabelle 42: VP3: Mittelwerte und Standardabweichungen für Glycerin, Alkoholgehalt, Acetaldehyd und SO_2 -Gehalt (SD = Standardabweichung).....	106

1 Einleitung und Fragestellung

Das zentrale Anliegen in dieser Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Qualitätsverbesserung von Obstwein bzw. Apfelmust. Hat die Gärung unter Überdruck positive Effekte auf den Geschmack? Wie wirkt sich der Einsatz von unterschiedlichen Hefearten auf die Sensorik von Obstwein aus? Der Einsatz von Kaltgärhefen und Sektheften könnte eine Verbesserung bringen. Temperaturgesteuerte Gärungen mit speziellen Kaltgärhefen wie OENOFERM® FREDDO haben bereits im Weinsektor sensorische und qualitative Verbesserungen des Endproduktes gebracht. [RÖHRIG, 2008] Ein Versuchsansatz beschäftigt sich mit dem Vergleich Gärung mit 20°C und Gärung mit 15°C.

Ein Vergleich von vier verschiedenen Hefen (OENOFERM® FREDDO, OENOFERM® KLOSTERNEUBURG, LITTOLEVURE CHA® und CREMANTI®) soll Aufschluss über die Auswirkungen auf das Endprodukt Most geben.

Ein maximaler Überdruck von 15bar soll in diesem Versuch zeigen, ob die Hefe ihre Tätigkeit bei dem Überdruck einstellt oder ob sie noch leistungsfähig ist. Weiters sollen die Versuche zeigen, ob eine Gärsteuerung mittels Druckregulierung möglich ist. Verlangsamt sich die Hefevermehrung und der Zuckerabbau? Eine weitere Fragestellung, die sich im Laufe des Projektes ergeben hat, ist wie sich die Morphologie der Hefe unter Druck entwickelt.

2 Literaturübersicht

2.1 Allgemeine Informationen

Im österreichischen Sprachgebrauch gibt es keine einheitliche Bezeichnung für Apfelwein. Begriffe wie Apfelmost, Most, Apfelwein sind alle gleichbedeutend laut österreichischem Weingesetz. Bekannte Gegenden in Österreich für die Herstellung von Apfelwein sind das südliche Industrieviertel und Mostviertel in Niederösterreich, das angrenzende Oberösterreich und im Süden Österreichs - die südliche und östliche Steiermark und das Kärntner Lavanttal.

[LUKAS, 2007]

In den oben angegebenen Regionen boomt die Mostproduktion in den letzten Jahren. Durch die Erhöhung der Qualitätsstandards sowohl bei der Rohware als auch bei der Verarbeitung werden qualitativ hochwertigere Moste erzeugt.

[ENNSER, 2007]

Die durchschnittliche Gärdauer beträgt 15 bis 20 Tage bei 17 bis 20°C.

[ENNSER, 2007]

Zugluft oder Temperaturschwankungen durch den Tag-Nacht-Wechsel sind möglich und können zu Gärstockungen führen. Zu niedrige Temperaturen haben eine verzögerte Angärung zur Folge und somit eventuell Oxidation oder Bildung von Kahlhefen oder Schimmelpilzen. Zu niedrige Temperaturen begünstigen die Entwicklung von Mikroorganismen, die unerwünschte Nebenwirkungen auf die Endqualität haben können. [HOFMANN, 2002]

Auch kontrollierte, also temperaturgesteuerte, Gärung ist immer öfter in Gebrauch. Es werden rein oder mehrsortige Moste, aber auch Mischmoste aus Äpfeln und Birnen erzeugt. [ENNSER, 2007]

2.2 Begriffsbestimmungen

2.2.1.1 Obstwein

Das österreichische Weingesetz in der gültigen Fassung definiert Obstwein im §35. Aus Obstpresssaft oder Maische entsteht durch alkoholische Gärung Obstwein. Dafür wird Kern-, Stein-, Beeren- oder sonstiges Obst verwendet. Das dadurch entstandene alkoholische Getränk muss einen Mindestgehalt an Alkohol von 1,2 %-vol. aufweisen. Im §37 ist die Bezeichnung für Obstweine geregelt. Die vorgeschriebene Bezeichnung für Kernobstwein soll „Obstwein“ oder „Obstmost“ oder „Most“ sein. Es darf ein Jahrgang angegeben werden, wenn das verwendete Obst zu mindestens 85% in dem angegebenen Jahr geerntet wurde. [ANONYM, 1999]

Im März 2011 wurde im Lavanttal in Kärnten erstmalig die Bezeichnung VMCC (Vinum ex malis carinthia controllatum) für sortenreinen österreichischen Apfelwein vergeben. Damit soll ein Gütesiegel für Qualitätsapfelweine entwickelt werden. [WOLF, 2011]

Obstwein weist einen niedrigeren Alkoholgehalt als Weine aus Trauben auf. Ist der Zuckergehalt des Ausgangsmaterials so niedrig, dass Zucker zugesetzt werden muss, darf der Alkoholgehalt 8 %-vol. nicht überschreiten. Wenn kein Zucker hinzugefügt wird, sind Alkoholgehalte von 7 bis 10 %-vol. erlaubt. [ANONYM, 1999]

2.2.1.2 Druck

Physikalisch wird der Druck (p) als der Quotient aus dem Betrag einer senkrecht auf eine ebene Fläche wirkenden (gleichmäßig verteilten) Kraft F und der einer Fläche A bezeichnet ($p=F/A$). In der Wissenschaft übliche Messeinheiten für Druck sind Pascal (Pa) und Bar (bar). [FIGURA, 2004]

Als SI-Einheit wird Pascal als Einheit für Druck verwendet. Die Einheit atm steht für physikalische Atmosphäre. Als physikalischer Norm-Druck gilt ein Druck von 101325 Pa. Im Vergleich dazu ist Überdruck jener Druck, der den normalen Atmosphärendruck übersteigt, das heißt die Differenz zwischen

Atmosphärendruck und dem herrschenden Druck. [BROCKHAUS, 1997]
[FIGURA, 2004]

Tabelle 1: Übersicht über die Einheiten der physikalischen Größe Druck [BROCKHAUS, 1997]

	Pascal (Pa)	Bar (bar)
1 Pa	1	$1,0000 \cdot 10^{-5}$
1 bar	$1,0000 \cdot 10^5$	1
1 at	$9,8067 \cdot 10^4$	$9,8067 \cdot 10^{-1}$
1 atm	$1,0133 \cdot 10^5$	$1,0133 \cdot 10^0$

2.2.1.3 Schwefelung

Man unterscheidet zwischen freiem und gesamtem SO_2 . Die freie schweflige Säure liegt je nach pH-Wert als SO_2 , H_2SO_3 , HSO_3^- und SO_3^{2-} vor. Die gesamte schweflige Säure wird als die Summe der freien und der mit Aldehyd- oder Ketogruppen gebundenen schwefligen Säure bezeichnet. Gesetzliche Vorgaben beschränken freie schweflige Säure auf ein Maximum von 50mg/L. Als Obergrenze für den Gehalt an gesamte schweflige Säure im Obstwein sind 300 mg SO_2/L durch die Weinverordnung vorgegeben. [ANONYM, 1999]

2.2.2 Herstellung des Apfelweins

In Abbildung 1 ist die Herstellung des Apfelweins dargestellt.



Abbildung 1: Prinzipschema für die Herstellung von Obstwein

2.3 Hefe

2.3.1 Natürlich vorkommende Hefen und Reinzuchthefen

Es gibt zwei Arten von Hefe, einerseits natürlich vorkommende und andererseits gezüchtete Hefestämme. Diese werden im Folgenden näher beschrieben:

Einerseits gibt es die stark gärenden Hefearten, die eine hohe Alkoholbildungsrate aufweisen und positive Nebenprodukte produzieren. Zu

diesen zählen die Stämme der Arten *Saccharomyces cerevisiae* und auch *Saccharomyces bayanus*. Andererseits gibt es auch die gärschwachen Hefestämme (so genannte Wildhefen), die im frisch gepressten Saft in höherer Zellzahl vorkommen. Sie können die Gärung einleiten, werden aber im Laufe der Gärung immer weniger. Hierzu zählen hauptsächlich *Kloeckera apiculata*, *Candida Metschnikowia* und *Torulaspota delbrueckii*. Eine große Gruppe der natürlich vorkommenden Hefen sind die Apiculatus-Hefen, die bereits auf der Fruchtoberfläche zu finden sind. Im frisch gepressten Saft sind etwa 90 bis 99,5% der Hefen Apiculatus-Hefen zu finden. [DITTRICH et al., 2010]

Im ursprünglichen Gärverfahren bei der Weinbereitung wird auf die Zugabe von Reinzuchthefer verzichtet. Die Biodiversität der natürlichen Hefen ist von folgenden Faktoren abhängig: Traubensorte, Reifegrade bei der Ernte, Art der Pflanzenschutzmitteln, Klimabedingungen des jeweiligen Jahres. [SAPIS-DOMERQ, 1980] [PRETORIUS et al., 1999]

Um qualitativ hochwertige Produkte zu erzeugen, ist es unbedingt notwendig Reinzuchthefer zu verwenden. Deswegen werden je nach gewünschten Eigenschaften des Endprodukts spezielle Hefestämme zugesetzt. Beim Einsatz von Reinzuchthefer entwickeln sich weniger flüchtige Säuren und dies führt in weiterer Folge zu einem reintonigerem und saubererem Most. Sie werden vor der Spontangärung zugesetzt, um so das Wachstum der wilden Hefe zu hemmen. [MANGOLD, 2003]

Hefe, spezielle jene der Gattung *Saccharomyces cerevisiae*, werden seit jeher für die Lebensmittelherstellung verwendet. Grundbedingung für die Zellvermehrung und –wachstum sind ein Wassergehalt von mindestens 15% und ein pH-Wert zwischen 3,0 und 4,0 (beim Wein). [JANOVSKY et al., 1995] [BECKER, 2010]

2.3.2 Anwendung von Trockenhefepräparaten

Die Trockenreinzuchthefer muss für die Herstellung von Obstwein rehydratisiert werden, also durch Zugabe von Wasser werden die inaktivierten Hefezellen wieder aktiviert. Die Hefen werden industriell erzeugt und mit speziellen

Verfahren unter Anwendung von Kälte, Wärme und Vakuum sehr schonend entwässert und getrocknet und im Handel als Trockenreinzuchthefer angeboten.

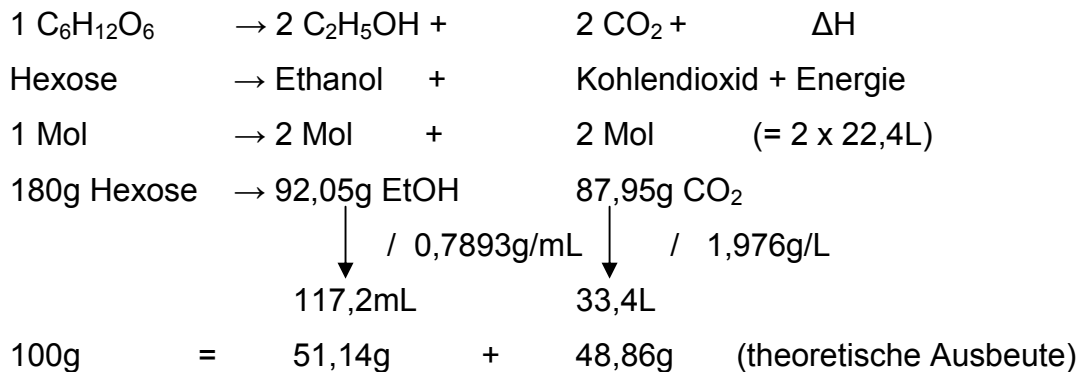
Der Vorteil dieser Handelsform ist verlängerte Haltbarkeit. [BACH, 2010]

Die Rehydratisation laut Datenblatt der Fa. Erbslöh Geisenheim AG der Reinzuchtheferpräparaten OENOFERM® KLOSTERNEUBURG, OENOFERM® FREDDO und LittoLevure CHA ist gleich. In Leitungswasser mit einer Temperatur von etwa 35 bis 40°C wird laut Mengenangabe auf der Verpackung die Hefe langsam untergerührt und für 20 min quellen gelassen. Üblicherweise tritt eine leichte Schaumbildung auf. Die Suspension wird dann mit dem Rohsaft vermischt. Die beiden Flüssigkeiten (Rohsaft und Hefesuspension) sollten eine maximale Temperaturdifferenz von 8°C aufweisen. Ist dies nicht der Fall, so kann es zu einem Hefeschock kommen und so werden viele Hefezellen beschädigt. Nach etwa 10min soll ein Hefenährsalz hinzugegeben werden – in der gleichen Menge wie die Hefe. Bei Verwendung der verkapselten und immobilisierten Hefe CREMANTI® wird vom Hersteller kein zusätzlicher Nährstoff wie Hefenährsalz empfohlen, da dies zu Trübungen führen könnte. [ERBSLÖH GEISEINHEIM AG, 2009]

Die Vorteile bei der Anwendung einer immobilisierten Hefe zeigen sich in der Sektindustrie in einer erheblichen Kostenersparnis, weil das Rütteln nicht mehr notwendig ist. Weiters entfällt der Schritt der Rehydrierung und es können auch Sonderformen der Flaschen gewählt werden. [BACH, 2010]

2.4 Alkoholische Gärung

Die Grundreaktion (Gärungsgleichung nach Louis Joseph Gay-Lussac, 1810) der Fermentation ist jene, dass Zucker anaerob in Ethylalkohol, Kohlensäure und Energie in Form von Wärme umgewandelt wird.



So entsteht aus 180 g Zucker 92 g Ethanol und 88 g Kohlendioxid. Praktisch gesehen liegt die Alkoholausbeute nur bei 94 bis 96% der theoretischen Ausbeute, weil die Hefe auch Nährstoffe benötigt und Nebenprodukte gebunden werden. Die Hefe kann nur Glucose und Fructose vergären, wird also Saccharose zugesetzt, so wird sie zuerst in Monosaccharide gespalten. Der Alkoholgehalt wird in %-vol. oder g/L angegeben. 1 %-vol. Ethanol entspricht 7,89 g/L Alkohol. Es können bis zu 144 g/L Alkohol gebildet werden, höhere Konzentrationen würden die Hefe schädigen. [DITTRICH et al., 2010]

Die Alkoholverluste sind abhängig von der Größe des Gärvolumens. Größere Behälter werden wärmer, in weiterer Folge wird mehr CO₂ erzeugt. Das bewirkt eine schnellere Gärung und weiters eine geringere Alkoholausbeute. [VOGL, 2008] [DITTRICH et al., 2010]

Laut Gärungsgleichung wird Alkohol und Kohlendioxid in annähernd gleicher Menge gebildet werden. Da CO₂ als Gas entweicht, wird vom Gewicht auf Liter umgerechnet. Das Molekulargewicht von CO₂ beträgt 44 g, welche 22,4 L CO₂ (bei Normalbedingungen) einnehmen. Bezogen auf 1 Mol Hexose entstehen somit zirka 2 Mol CO₂ welches ein Volumen von etwa 44,8 g hat.

Die alkoholische Gärung beinhaltet drei Reaktionsfolgen: Glykolyse-Weg, Embden-Meyerhof-Weg, Fructose-1,6-bisphosphat-Weg. [DITTRICH et al., 2010]

Im Verlauf der Gärung entstehen primäre und sekundäre Nebenprodukte. Acetaldehyd und Glycerin zählen zu den primären Nebenprodukten.

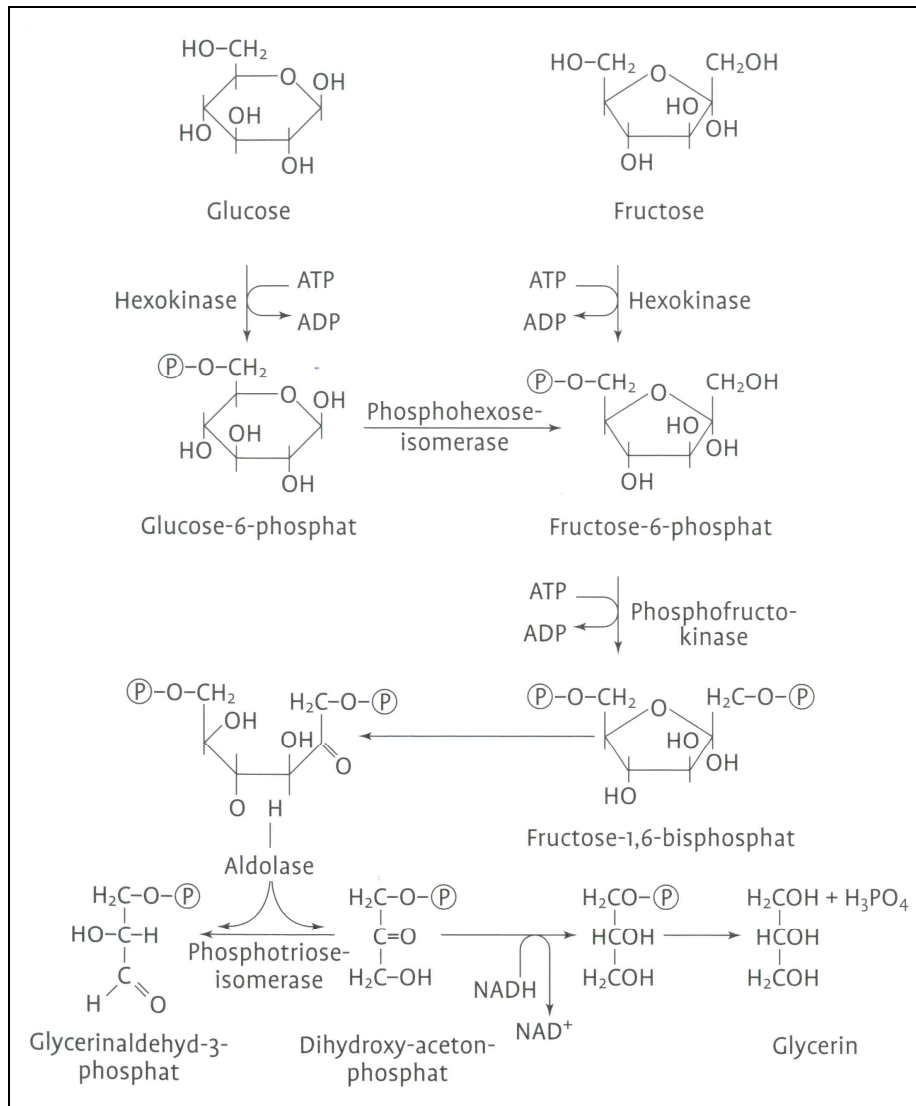


Abbildung 2: Alkoholische Gärung mit Bildung von Glycerin [DITTRICH et al., 2010]

Glycerin ist ein dreiwertiger Alkohol (Abbildung 2), der eine farblos und geruchlos süßlich schmeckende Flüssigkeit ist. Glycerin ist das gewichtigste Nebenprodukt und es ist etwa zu 5 bis 9 g/L im Wein enthalten. Glycerin entsteht durch Hydrierung von Dihydroxyacetonphosphat. Die Glycerinbildung ist abhängig von der Zuckerkonzentration. Wenn die Gärungsintensität abnimmt, so steigt die Bildung von Glycerin noch an. Unter Zusatz von *Saccharomyces cerevisiae* ist zu erwarten, dass bis zu 4% des Zuckers in Glycerin umgewandelt werden. [DITTRICH et al., 2010]

Höhere Mosttemperaturen erhöhen die Bildung von Glycerin. [OUGH et al., 1972]

Die Erhöhung des Glycerins liegt bei 17% (1 g/L) wenn die Gärtemperatur von 15 auf 25°C angehoben wird. Durch eine erhöhte Glycerinproduktion der Hefe kommt es zu einer reduzierten Synthese von Ethanol. [SCHNEIDER, 2001]

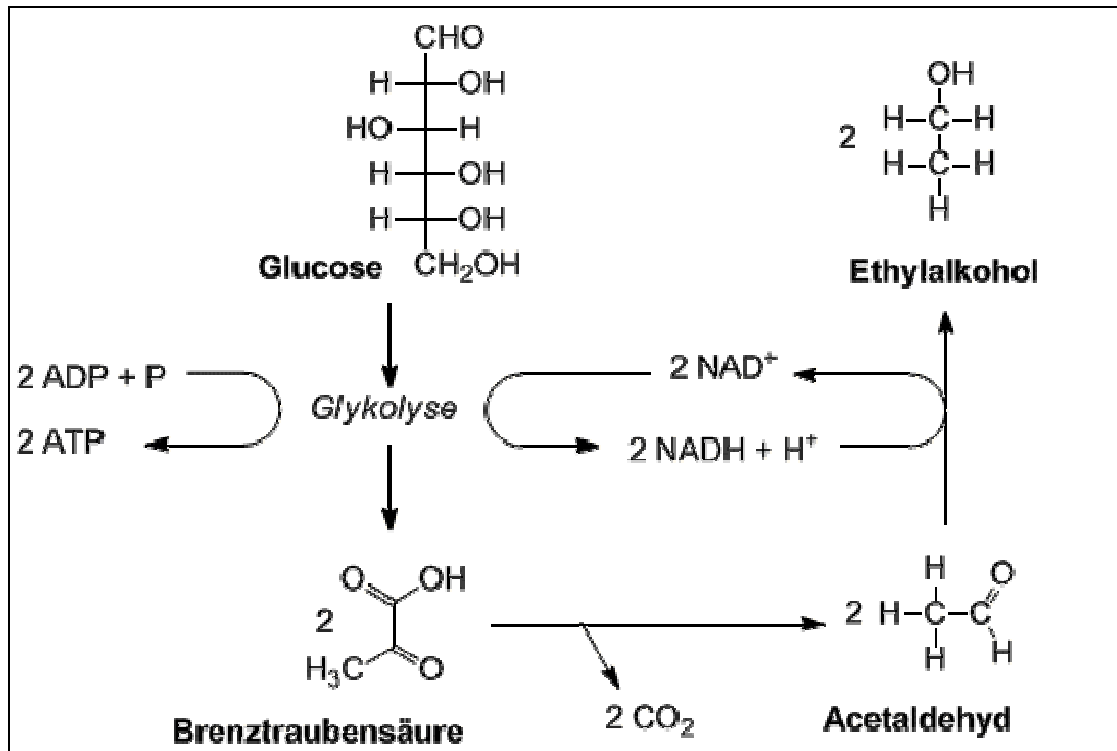


Abbildung 3: Ausschnitt aus der alkoholischen Gärung mit Bildung von Acetaldehyd, [http://www.abiwissen.info/biologie_heterotrophe_assimilation.html#alkoholische G%E4 rung](http://www.abiwissen.info/biologie_heterotrophe_assimilation.html#alkoholische_G%EA4rung)

Acetaldehyd (Abbildung 3) wird ebenfalls zu den Gärungsnebenprodukten gezählt und es entsteht bis zu 60 mg/L Ethanol. Acetaldehyd, oder auch Ethanal genannt, entsteht durch Decarboxylierung (= aeroben Abbau) von Pyruvat - katalysiert von Pyruvatdecarboxylase. Acetaldehyd hat Bedeutung als stärkster Bindungspartner von SO_2 – 1 mg bindet 1,45 mg SO_2 . [DITTRICH et al., 2010]

Der SO_2 -Wert ist gesetzlich begrenzt und deswegen soll bei der Weinbereitung möglichst wenig an Acetaldehyd entstehen. Gute Voraussetzungen für einen niedrigen Acetaldehyd-Gehalt sind ein zügiger Gärverlauf, vollständige Zuckervergärung und der Einsatz von Reinzuchthefer. [MEIDINGER et al., 1984] Sein Maximum erreicht der Acetaldehyd-Gehalt bereits während der Angärung (Abbildung 4), dieser nimmt aber rasch wieder ab. Bei zu kalten Gärungen bleibt viel Ethanal im Wein zurück weil die Hefe vorzeitig sedimentiert und so

das Acetaldehyd, das anfangs ausgeschieden wird, nur noch teilweise wieder aufgenommen werden kann. [DITTRICH et al., 2010]

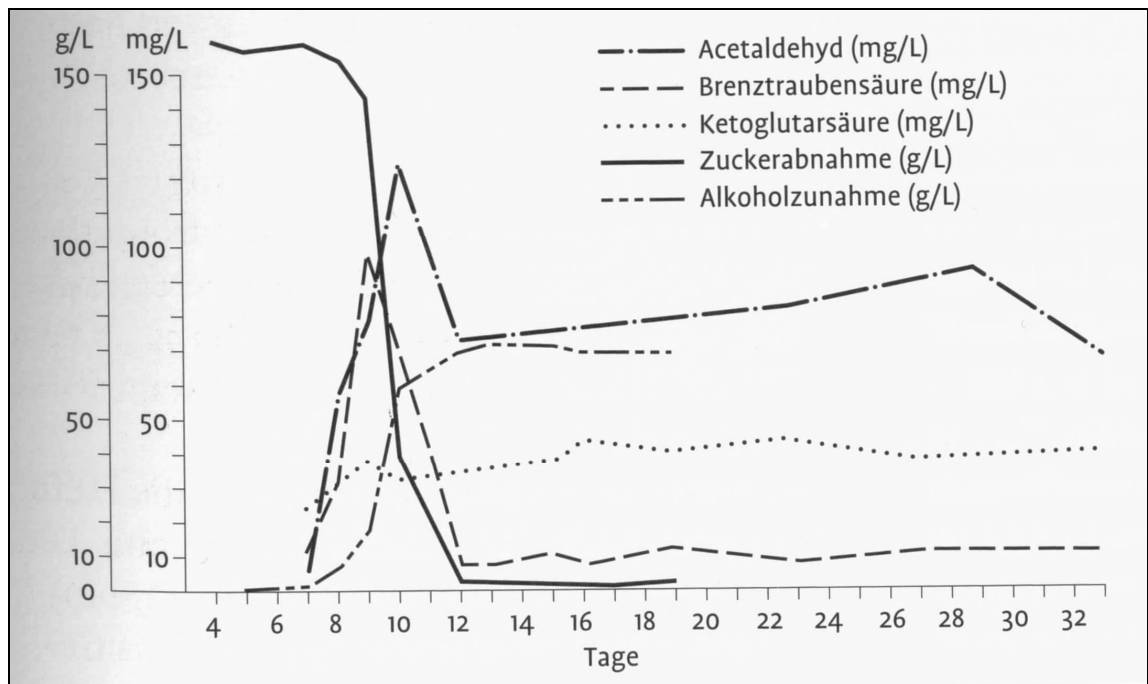


Abbildung 4: Bildung von Acetaldehyd, Pyruvat und Ketoglutarat bei der Gärung von 600 L Most in 65 cm Höhe über dem Fassboden (Riesling, 69 °Oe) in einem 600 L-Fass (88 cm Innenhöhe) bei Praxisbedingungen [DITTRICH et al., 1973]

Aufgrund von diesen Nebenprodukten kann aus einer Gärung aus dem Edukt Hexose mit 94 bis 96% an theoretisch maximalem Alkoholgewinn gerechnet werden. Als Umrechnungsfaktor kann man Folgendes heranziehen:

16,83 g/L Zucker produziert 1 %-vol. an Ethanol. [RIBÉREAU-GAYON et al., 2000]

Bei der Vergärung von 1 L Most mit 180 g Zucker (85°Oe) entstehen 197,4 kJ (54,6 W) Wärmeenergie. [MEIDINGER et al., 1984]

2.4.1 Entwicklung der Hefezellzahl während der Gärung

Werden die Hefezellen einer Nährlösung hinzugegeben, in der alle lebensnotwendigen Stoffe vorhanden sind, so beginnen sie sich zu vermehren (Sprossung). Wenn dies in einem geschlossenen System vor sich geht, dann ist die Wachstumsgeschwindigkeit der Hefepopulation nicht linear und konstant, sondern wird in einzelne Phasen eingeteilt. [WALKER, 1998]

- A) Lag-Phase: In der Lag-Phase wird der Stoffwechsel der Hefezelle aktiviert. Sie wird auch als Anlaufphase oder Latenzphase bezeichnet. Sie ist von der Vorkultur, dem Alter des Impfmaterials und der Eignung der Nährlösung abhängig.
- B) Beschleunigungsphase: In der Beschleunigungsphase beginnen sich die ersten Zellen zu teilen und die Teilungsgeschwindigkeit nimmt zu.
- C) Exponentielle Phase: Die exponentielle Phase wird auch logarithmische Phase genannt und ist durch eine konstante maximale Vermehrungsgeschwindigkeit gekennzeichnet.
- D) Verzögerungsphase: Der Abschluss der exponentiellen Phase ist die Verzögerungsphase. Weil sich die Nährstoffmenge verringert, nimmt auch das Hefewachstum ab. Weitere minimierende Wachstumsfaktoren können sein: hohe Populationsdichte, niedriger Sauerstoff-Partialdruck und Anreicherung toxischer Stoffwechselprodukte.
- E) Stationäre Phase: Aufgrund des Gleichgewichtes zwischen Absterben der Zellen und Zellteilung ist in der stationären Phase eine konstante Zellzahl zu bemerken. Durch das Absinken der Nährstoffkonzentrationen und der parallelen Zunahme der toxischen Stoffwechselprodukte setzt die nächste Phase, die Absterbephase, ein. In der Absterbephase nimmt die Lebendzellzahl ab.

[FOCKE, 2009] [DITTRICH et al. 2010]

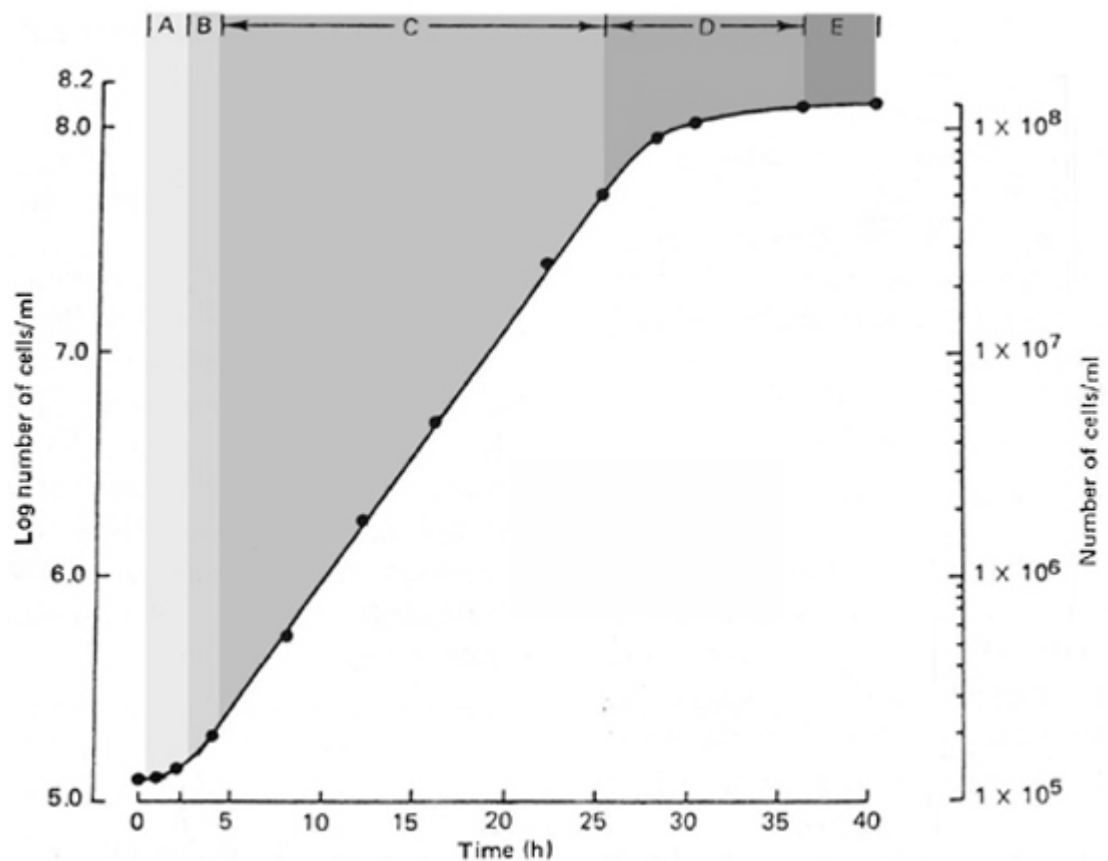


Abbildung 5: Wachstumskurve einer Hefepopulation [WALKER, 1998]

2.4.2 Löslichkeit von CO₂ und Sättigung

Gas oder auch CO₂ kann sich nur in begrenzter Menge in Flüssigkeiten lösen. Ist die Flüssigkeit gesättigt mit Gas, so ist die Löslichkeitsgrenze erreicht. Wenn man in einem druckfesten Gefäß zu einer Flüssigkeit noch weiteres Gas hinzufügt, obwohl die Flüssigkeit gesättigt ist, so entweicht das überschüssige Gas aus der Flüssigkeit und sammelt sich im Kopfraum. Das Gas staut sich und es entsteht Überdruck. Die Gasmoleküle im Kopfraum rücken enger zusammen und es besteht so lange ein Austausch der Gasmoleküle bis ein dynamisches Gleichgewicht in der Flüssigkeit und im Kopfraum erreicht ist. Die Löslichkeit des Gases ist von Temperatur und Druck abhängig. Der Zusammenhang von Gas, Kohlendioxid, und Flüssigkeit ist besonders in der Sektproduktion von Bedeutung. Je niedriger die Temperatur der Flüssigkeit ist, desto mehr Kohlendioxid kann gelöst werden. Alle Angaben in der Sekt- und Weinanalytik beziehen sich auf die Temperatur von 20°C. Die Löslichkeit von CO₂ in reinem

Ethanol (Alkohol) ist höher als in reinem Wasser, aber in einer Mischung der beiden ist die Löslichkeit von CO₂ niedriger als in reinem Ethanol. Bis zu einem Gehalt von 30 %-vol. nimmt die Löslichkeit ab und anschließend steigt sie bis zu 100 %-vol. an. Der Zuckergehalt hat verminderten Einfluss auf die Löslichkeit des CO₂. Hingegen verhält sich der Druck proportional zur Temperatur bezüglich Löslichkeit von CO₂ im Wein. So ist die Löslichkeit bei niedrigen Temperaturen wesentlich höher, somit ist der Druck geringer. [BACH et al., 2010]

Der Löslichkeitskoeffizient in Wasser beträgt bei 10°C 2,28 g CO₂/kg Wasser/bar und bei 20°C 1,67 g CO₂/kg Wasser/bar. [D'ANS-LAX, 1967]

Weitere Angaben zur Löslichkeit von CO₂ im Sekt bei unterschiedlichen Temperaturen sind in Tabelle 2 angegeben. Je höher der Überdruck desto größer ist die Differenz des Löslichkeitskoeffizienten zwischen 15 und 20°C. [BACH et al., 2010]

Tabelle 2: Löslichkeitskoeffizient von CO₂ bei unterschiedlichem Überdruck und unterschiedlicher Temperatur von Sekt [BACH et al., 2010]

Überdruck	bei 15°C	bei 20°C
0 bar	1,7 g/L CO ₂	1,5 g/L CO ₂
1 bar	3,4 g/L CO ₂	2,9 g/L CO ₂
2 bar	5,0 g/L CO ₂	4,4 g/L CO ₂
3 bar	6,5 g/L CO ₂	5,8 g/L CO ₂
5 bar	9,5 g/L CO ₂	8,4 g/L CO ₂

2.4.3 Weinfehler und Weinkrankheiten

Essigsäure kann primär durch Essigsäurebakterien gebildet werden und zum sogenannten Essigsäurestich im Wein führen. Auch Wildhefen und Milchsäurebakterien können Essigsäure bilden. Essigsäure ist eine saure und flüchtige Säure. Wenn sie sich mit Ethanol verestert, entsteht Essigsäurethylester. Diese Verbindung ist für den typischen „Uhton“ verantwortlich. Durch das ungehemmte Wachstum der Kahmhefe (aerobe Wildhefe) kann der Wein „kahmig“ werden. Die Hefen kommen auf vielen

Früchten vor. Sie vermehren sich zu Beginn der Gärung. Die typische Kahmhaut kann sich aber erst bilden, wenn der Wein mit Luft in Kontakt kommt. Ein Bockser lässt sich sensorisch am besten mit einem Geruch nach faulen Eiern oder Schwefelwasserstoff beschreiben. Der Milchsäurestich wird durch Milchsäurebakterien verursacht. Die chemische Verbindung Diacetyl ist verantwortlich für den buttrigen Geschmack des Weines, der durch eine Infektion mit Milchsäurebakterien zustande kommen kann. [DITTRICH et al., 2010] [SCHOBINGER, 2001]

2.5 Einfluss der Temperatur auf die alkoholische Gärung

Die Temperatur ist der wichtigste Einflussfaktor während der Gärung. Es kann zwischen kühlen, gezügelten und stürmischen Gärungen unterschieden werden. Eine kühle Gärung dauert 15 bis 20 Tage bei Temperaturen von 13 bis 17°C. Die gezügelte Gärung hat eine Gärdauer von 8 bis 10 Tage bei 17 bis 22°C. Die stürmische Gärung kann bereits nach 2 bis 3 Tagen bei über 25°C beendet sein. Durch hohe Gärtemperaturen und kurze Gärzeiten werden die Verluste an Alkohol erhöht und die Zusammensetzung des Weines verändert. [DITTRICH et al., 2010] [JANOVSKY et al., 1995]

2.5.1 Einfluss höherer Temperatur

Die optimale Temperatur der Gärung ist nicht gleich die passende Temperatur für die Vermehrung der Hefe. Bei Temperaturen über 30°C verlangsamt sich die Gärung nach und nach. Dies tritt bei etwa 5 bis 8%-vol. Alkohol ein und so bleibt unvergorener Zucker zurück. Durch erhöhte Temperatur nimmt auch die hemmende Wirkung des Alkohols zu und schädigt die Hefezellen. Durch den Austritt von CO₂ kann zwar Wärme entfernt werden, so treten aber auch Bukettstoffe so wie Alkohol aus. [DITTRICH, 1985]

2.5.2 Einfluss niedrigerer Temperatur

Eine Vergärung bei niedrigen Temperaturen von 13 bis 18°C wird als Kaltgärung bezeichnet. Bei einer kühlen Gärung kommt es zu

Mosttemperaturen von 20 bis 22°C. Wird die Mosttemperatur von 25 auf 20°C abgesenkt so wird die Gärdauer von 5 auf 8,5 Tage verlängert. [MICHEL, 1991] [FRANZ, 2005]

Solch niedrige Temperaturen vermindern das Leistungsvermögen der Hefezellen und somit können auch eventuell Zuckerreste im unvergorenen Wein verbleiben. Auch die Hefezellzahl ist geringer als bei höheren Gärtemperaturen. Die Wildhefen benötigen höhere Temperaturen um sich zu vermehren, so kann man bei niedrigen Gärtemperaturen eine geschmackliche Beeinflussung durch z.B. Apiculatus-Hefen ausschließen. Da bei höheren Gärtemperaturen Alkohol entweichen kann, ist bei kühlen Gärungen ein höherer Alkoholgehalt möglich. Durch verminderte CO₂-Abscheidung ist ein kühl gegorener Wein auch CO₂-reicher. [DITTRICH et al., 2010]

Bei der gekühlten Gärung ist die Ausbeute an Alkohol höher, ebenso wie die der Aromastoffe. [BÖHRINGER et al., 1955]

2.6 Einfluss von Druck auf die alkoholische Gärung

Während der Gärung entsteht CO₂, das sich aber im Gärssaft nur begrenzt löst. Kann die Kohlensäure nicht schnell genug freigesetzt werden, so führt das zu einer Verzögerung der Gärung, eventuell auch zu einem Gär-Stopp. CO₂ wirkt sich negativ auf die Vermehrung der Hefe und Alkoholbildung aus. Bei einem Druck von 7,2 bar (=15 g/L CO₂ bei 15°C) und mehr bei 15°C stellt die Hefezelle ihre Vermehrung ein, das entspricht 15 g/L CO₂. Nicht mehr lebensfähig sind die Hefezellen bei 30bar. Apiculatus-Hefen sind bereits ab 5 bar im Wachstum gehemmt. Die Bildung von Alkohol ist bei 30 g/L CO₂ nicht mehr möglich. So ist bei 15 g/L CO₂ eine Hefevermehrung nicht mehr möglich, sehr wohl aber noch Alkoholbildung. [DITTRICH et al., 2010] [KUMADA et al., 1979]

Passecker zeigte beim Vergleich der Gärung von Normal- und Überdruck von Bier, dass Überdruck-Bier langsamer gärt als unter Atmosphärendruck. [PASSECKER, 1931]

1995 publiziert Schmidt Ergebnisse im Bereich der Bierherstellung, die besagen, dass Druckgärung aufgrund von hohen Temperaturen zu einer

verkürzten Gärdauer führt. Jedoch muss die Angärung unbedingt drucklos erfolgen. [SCHMIDT, 1995]

2.7 Beeinflussung der Hefevitalität durch Druck und Temperatur

Durch den Einfluss von Druck wird der Stoffwechsel der Hefe im Traubenmost verlangsamt, jedoch durch Druckentlastung kann die Tätigkeit der Hefe wieder angeregt werden. [PRILLINGER, 1952]

Die Permeabilität der Hefezellwand für neutrale und hydrophobe Moleküle wie CO₂ ermöglicht die Einwanderung von Kohlendioxid in die Zelle. So reichert sich bei Druckgärungen CO₂ in der Zelle an und ist somit verantwortlich für die Veränderung des Hefestoffwechsels. [ZUFALL et al., 2000]

Untersuchungen von Passecker im Jahre 1931 mit Bier beschreiben die Morphologie der Hefezellen ein wenig genauer. Es wurden 4 Hefestämme verwendet – 2 Bierhefen, 1 Weinhefe und 1 Spiritushefe. Es zeigte sich, dass die unterschiedlichen Höhen des Drucks (0; 0,1 und 0,5 atm) keinen merklichen Einfluss auf das Verhalten der Hefezellen hatten. Somit wurde der Schluss gezogen, dass die Kohlensäure, die anaerobe Bedingungen schafft, bei der Druckgärung jene Komponente ist, die Wirkung auf den Hefeorganismus ausübt. Die Druckhefe zeigte eine raschere Angärung als die Normalhefe, was sich aber im Verlauf der Gärung wieder ausglich. Das Bier unter Überdruck enthielt eine geringere Hefemenge als das Bier bei Normaldruck. Dies gilt sowohl für den Zeitraum der Gärung als auch für das Ende der Gärung. Jene Zellen, die unter Druck gewachsen sind, zeigten eine stärkere Gärkraft als die Zellen unter Normaldruck. Unter dem Mikroskop betrachtet, zeigte sich folgender Unterschied: Bei Überdruck sind die Hefezellen größer und zeigen gesünderes Aussehen als jene bei Normaldruck. Die Zellwanddicke ist durchschnittlich gleich groß. Druckhefzellen weisen eine stärkere Längen- und Breitenzunahme auf als Normalzellen. [PASSECKER, 1931]

2.7.1 Beeinflussung des Alkoholgehalts

Der Alkoholgehalt ist unter Druck um etwa 2 bis 5 g/L höher als bei einer Normalgärung. Der Alkoholgehalt bei einer Vergärung unter Druck im Vergleich zu einer Normalvergärung liegt um etwa 1 bis 2% höher. [BÖHRINGER et al., 1955] [LEMPERLE et al., 1992]

2.7.2 Sensorische Beurteilungen

Es wurde Bier im Normal- und Druckverfahren (0; 1,0; 1,8 atü – atü = at Überdruck) hergestellt. Bei der Geschmacksprüfung wurden die Biere bei höheren Temperaturen und unter Überdruck besser beurteilt als jene, die warm und ohne Druck vergoren wurden. Das Bier, das mit 18°C und 1,8 atü vergoren wurde, lieferte die besten Verkostungsergebnisse. [KUMADA et al., 1979]

Bei der Verkostung von unter Überdruck (4bar) vergorenem Rotwein wurden vier von fünf Weinen als signifikant besser beurteilt. [LEMPERLE et al., 1992]

Im Jahre 2008 wurde von Schattauer et al. ein Versuch mit Fokus auf die Gäreigenschaften von 25 in Österreich erhältlichen Weinhefepräparaten und ihren Einfluss auf Obstwein am LFZ Klosterneuburg durchgeführt. Die Gärtemperatur lag bei durchschnittlich 18°C. Bei der anschließenden Verkostung wurden die Apfelmoste zuerst in einer offenen Diskussionsrunde beurteilt und weiters bei einer gedeckten Verkostung in Kabinen hinsichtlich Geruch, Geschmack, Harmonie, Abgang und Typizität beurteilt. Die Weine unterschieden sich nur minimal bezüglich Geschmack, Typizität und Harmonie. Klare Differenzen waren beim Geruch bemerkbar. Es wurden u.a. die Hefesorten OENOFERM® KLOSTERNEUBURG und OENOFERM® FREDDO eingesetzt, die auch bei dieser Diplomarbeit eingesetzt wurden. Zu OENOFERM® KLOSTERNEUBURG wurden bei der Verkostung folgende Attribute genannt: fruchtiger Geschmack nach grünem Apfel und Zitrus. [SCHATTAUER et al., 2008]

Fischer führte im Zuge seiner Diplomarbeit eine sensorische Prüfung der unter Überdruck vergorenen Destillate durch. Diese Varianten wurden unter Atmosphärendruck und unter jeweils 1 und 2 bar Überdruck vergoren. Die Ergebnisse der Rangordnungsprüfung zeigten, dass die unter Überdruck

vergorenen Varianten signifikant unterscheidbar zu den Normaldruck-Varianten waren. Durch den Überdruck konnten geschmacklich negative Komponenten verringert werden und führten somit zu einer Qualitätsverbesserung. [FISCHER, 2006]

3 Material und Methoden

3.1 Herkunft der Rohware/Apfelsäfte

Bei Versuchsplan 1 (VP1) und 3 (VP3) wird Rohsaft verwendet, der am 30. September 2009 gepresst wurde. Für Versuchsplan 2 (VP2) wird Presssaft verwendet, der bereits im Jahr 2008 hergestellt wurde. Weil unterschiedliches Grundmaterial verwendet wird, ist der Zusatz von Zucker und Zitronensäure unterschiedlich.

Für die Rohsafterstellung für VP1 und VP3 wird eine Mischung aus verschiedenen Apfelsorten verwendet, dazu zählen hauptsächlich die Sorten Kronprinz und Kaiser William. Die Rohware wird vom Versuchsgut Haschhof, LFZ Klosterneuburg, angeliefert.

3.2 Safftherstellung

Die Äpfel werden gewaschen und über den Becherelevator zur Rätzmühle (Abbildung 6 und Abbildung 7) und dann zur Bandpresse (Abbildung 8) transportiert.



Abbildung 6: Becherelevator

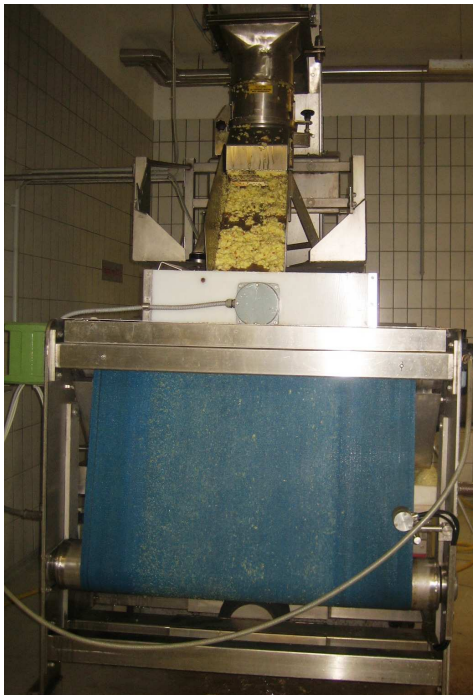


Abbildung 7: Rätzmühle und Presse



Abbildung 8: Bandpresse



Abbildung 9: Saftauffangwanne

Die Werte für den frisch gepressten Saft für die einzelnen Versuchspläne sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Werte für den frisch gepressten Saft für die einzelnen Versuchspläne

	VP1 und VP3	VP2
Säure [g/L]	5,2	4,3
Mostgewicht [°Oe]	40,0	42,0
pH-Wert	3,3	3,7

Der gewonnene Saft (Abbildung 9) wird mit folgenden Schönungsmitteln versetzt:

1. Von Kieselsol wird 100 mL/hL hinzugefügt. Es wird in 1 L Saft aufgelöst und dann der gesamten Menge hinzugegeben. Anschließend wird 15 min gerührt.

2. Dann erfolgt die Zugabe von Gelatine mit 50 mL/hL. Es wird in 1 L Saft aufgelöst und dann der gesamten Menge hinzugefügt. Dann wird wieder 15 min gerührt.

3. Es folgt 1 Stunde Wartezeit. Anschließend wird Bentonit mit 2 g/L hinzugegeben. Bentonit wird in 1 L Saft aufgelöst und muss vor der Zugabe zur Gesamtmenge sechs Stunden vorquellen. Nun wird wieder 15 Minuten mit einem Rührwerk gerührt.

Nach 24 Stunden wird der Saft abgezogen und mit Tiefenfilterschichten filtriert. Am nachfolgenden Tag wird das Gärsubstrat bei 85°C pasteurisiert und weiters in Glasballons (Inhalt von etwa 25 L) abgefüllt. Hierfür wird der Röhrenpasteur verwendet. Die Glasballons werden auf einem Ballonwärmer vorgedämpft (Abbildung 10) und dann wird der Saft mit einer Temperatur von mindestens 80°C abgefüllt. Als Verschluss dient eine Gummikappe. Bis zur weiteren Verwendung wird der klare Apfelsaft bei Raumtemperatur gelagert (Abbildung 11).



Abbildung 10: Dämpfen der Glasballons am Ballonwärmer



Abbildung 11: Lagerung des klaren Gärsubstrates in Glasballons

3.3 Verwendete Gärbehälter

Tabelle 4: verwendete Gärbehälter für die Versuchsdurchführungen der VP1 bis VP3



Abbildung 12: Drucktank 1 und 2 mit Manometer und Temperaturkontrolle

Für die Gärung unter Überdruck werden zwei Drucktanks (Abbildung 12) verwendet, die einen maximalen Überdruck von 16 bar erlauben. Sie haben ein maximales Volumen von 262 L. Die Drucktanks werden mit je 100 L Gärsubstrat und Gärzusätzen befüllt. Die Temperatur wird mittels Temperaturregler geregelt. Mit Kalt- und Warmwasserzuflüssen (blaue Schläuche, Abbildung 12) wird die Temperatur konstant gehalten. Der Druck kann über ein Manometer abgelesen werden.



Abbildung 13: Getränkefass, 60 L, mit Gärspund

Für die Gärung unter Atmosphärendruck werden 2 Getränkefässer (Abbildung 13) mit einem Maximalvolumen von 60 L verwendet. Die Getränkefässer werden mit je 45 L Apfelpresssaft und Gärzusätzen befüllt. Die Gärbehälter werden im Gärkeller aufgestellt und die Temperatur wird täglich gemessen.

3.4 Versuchspläne

Tabelle 5: Beschreibung von Versuchsplan 1

Versuchsplan 1			
Gärtemperatur:	20°C		
Gärsubstrat:	100 L	je Tank	
	60 L	je Getränkefass	
<u>Gärzusätze:</u>			
Trockenhefepräparat	25 g/hL	CREMANTI®: 250 g/hL	
Hefenähresalz	50 g/hL	CREMANTI®: 0	
Saccharose	5 kg/hL		
Zitronensäure	50 g/hL		
VP1/F	OENOFERM® FREDDO		
je 2 Wiederholungen	im	Tank	VP1/F-T1 und VP1/F-T2
je 2 Wiederholungen	im	Getränkefass	VP1/F-B1 und VP1/F-B2
VP1/K	OENOFERM® KLOSTERNEUBURG		
je 2 Wiederholungen	im	Tank	VP1/K-T1 und VP1/K-T2
je 2 Wiederholungen	im	Getränkefass	VP1/K-B1 und VP1/K-B2
VP1/C	CREMANTI®		
je 2 Wiederholungen	im	Tank	VP1/C-T1 und VP1/C-T2
je 2 Wiederholungen	im	Getränkefass	VP1/C-B1 und VP1/C-B2
VP1/L	LITTOLEVURE CHA®		
je 2 Wiederholungen	im	Tank	VP1/L-T1 und VP1/L-T2
je 2 Wiederholungen	im	Getränkefass	VP1/L-B1 und VP1/L-B2
Ziel: Wie wirkt sich der Einsatz von unterschiedlichen Trockenhefepräparaten (Kaltgärhefe, Sekthefer, ...) auf die Sensorik bei unterschiedlichen Drücken von Obstwein aus?			

Tabelle 6: Beschreibung von Versuchsplan 2

Versuchsplan 2			
Trockenhefepräparat:		OENOFERM® FREDDO	
Gärtemperatur:		20°C	
Gärsubstrat:		100 L	je Tank
		60 L	je Getränkefass
<u>Gärzusätze:</u>			
Trockenhefepräparat		25 g/hL	
Hefenährsalz		50 g/hL	
Saccharose		3 kg/hL	
VP2/1		Start bei 10 bar, Wechsel zwischen 15 und 7,5 bar	
je 2 Wiederholungen	im	Tank	VP2/1-T1 und VP2/1-T2
je 2 Wiederholungen	im	Getränkefass	VP2/1-B1 und VP2/1-B2
VP2/2		Angärung: 3-5 Tage, 15 bar bis sich der Zuckerabbau einstellt	
je 2 Wiederholungen	im	Tank	VP2/2-T1 und VP2/2-T2
je 2 Wiederholungen	im	Getränkefass	VP2/2-B1 und VP2/2-B2
Ziel: Ein maximaler Überdruck von 15 bar soll in diesem Versuch zeigen, ob die Hefe ihre Tätigkeit bei dem Überdruck einstellt oder ob sie noch leistungsfähig ist. Ist eine Gärsteuerung mittels Druckregulierung möglich? Verlangsamt sich die Hefevermehrung und der Zuckerabbau?			

Tabelle 7: Beschreibung von Versuchsplan 3

Versuchsplan 3			
Trockenhefepräparat: OENOFERM® FREDDO			
Gärsubstrat:	100 L	je Tank	
	60 L	je Getränkefass	
<u>Gärzusätze:</u>			
Trockenhefepräparat	25 g/hL		
Hefenähersalz	50 g/hL		
Saccharose	5 kg/hL		
Zitronensäure	50 g/hL		
VP3/15	Gärtemperatur 15°C		
je 2 Wiederholungen	im	Tank	VP3/15-T1 und VP3/15-T2
je 2 Wiederholungen	im	Getränkefass	VP3/15-B1 und VP3/15-B2
VP3/20 = VP1/F	Gärtemperatur 20°C		
je 2 Wiederholungen	im	Tank	VP3/20-T1 und VP3/20-T2
je 2 Wiederholungen	im	Getränkefass	VP3/20-B1 und VP3/20-B2
Ziel: Mit welcher Gärtemperatur wird sensorisch das beste Ergebnis erzielt?			

3.4.1 Versuchsplan 1 (VP1)

Im VP1 werden die vier verschiedenen Reinzuchtheferpräparate für die Gärung in Drucktanks und Getränkefässern verwendet. Die Drucktanks werden durch den Temperaturregler auf 20°C gehalten. Die Temperatur in den Getränkefässern mit Gärspund liegt bei 20 ± 3°C. Der in den Druckbehältern entstehende Druck wird nicht geregelt.

3.4.2 Versuchsplan 2 (VP2)

Der Druck ist ein Parameter, der je nach Gärverlauf verändert wird. Bei VP1/1-T1 und VP1/1-T2 wird der Überdruck – sobald der Tank mit Rohware gefüllt und verschlossen ist – durch CO₂-Zufuhr auf 10 bar angehoben. Nach einigen Tagen wird der Überdruck auf 15 bar angehoben und nach Gärungsstillstand - aufgrund des hohen Drucks - auf 7,5 bar gesenkt und dann wird zwischen 15 und 7,5 bar Überdruck periodisch gewechselt (Abbildung 14).

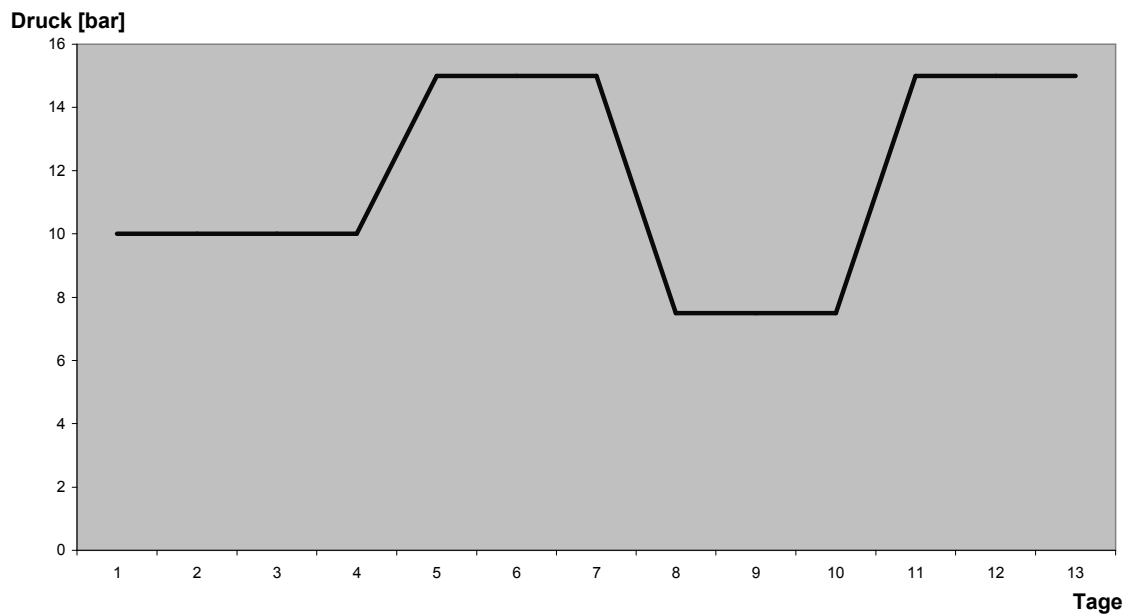


Abbildung 14: schematischer Verlauf des Überdrucks während der Gärung bei VP2/1

Bei VP2/2-T1 und VP2/2-T2 gären die Gärsubstrate drei bis fünf Tage an, in Abhängigkeit von Zuckerabbau und Alkoholentwicklung an, und anschließend wird auf 15 bar Überdruck erhöht und der Druck so lange gehalten bis sich der Zuckerabbau eingestellt hat (Abbildung 15). Die Temperatur im VP2 wird konstant bei 20°C gehalten.

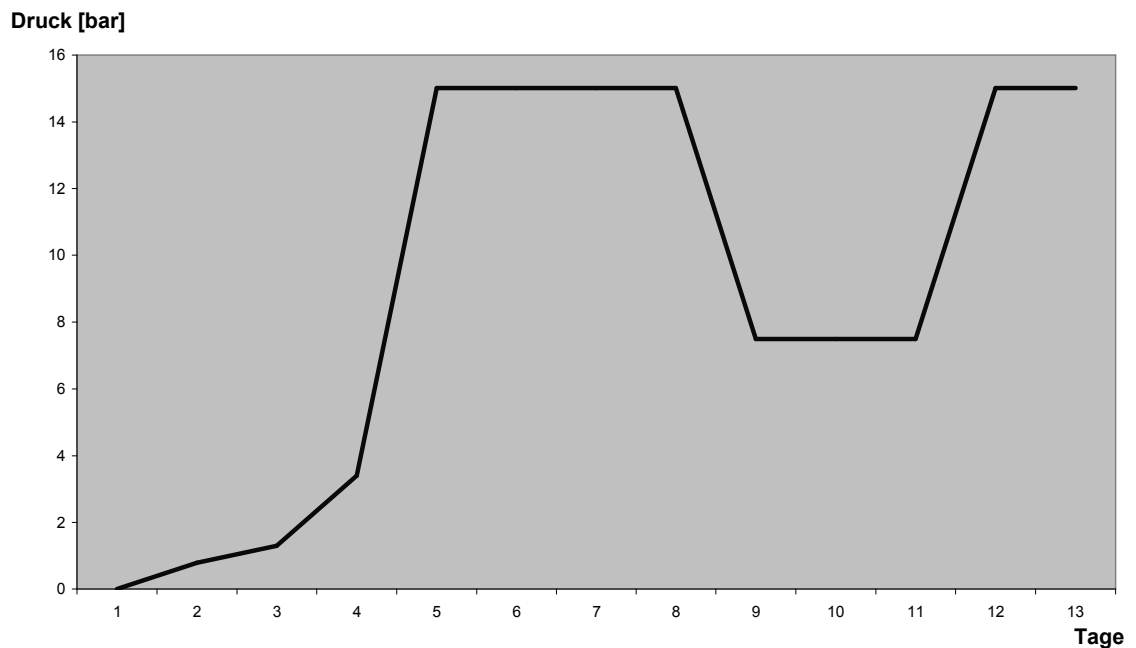


Abbildung 15: schematischer Verlauf des Überdrucks während der Gärung bei VP2/2

Da es nicht möglich ist die Drucktanks vollständig abzudichten, wird der Druck täglich neu durch CO₂-Zugabe eingestellt.

3.4.3 Versuchsplan 3 (VP3)

Im VP3 liegt das Hauptaugenmerk auf dem Parameter Temperatur. Es wird mit einer Temperatur von 15°C vergoren. Die Getränkefässer werden in einem Kühlraum bei 14°C gelagert. Die Temperatur des Gärsubstrates im Drucktank wird durch den Temperaturregler auf eine Temperatur von 15°C eingestellt. Der VP3 ist identisch mit VP1/F.

3.4.4 Versuchsansatz



Abbildung 16: Versuchsansatz - Zusammenmengen der Bestandteile

In einem Tank von 200 L wird der Gäransatz zusammengemengt. Es wird die jeweilige Menge (je nachdem ob Drucktank oder Getränkefass gefüllt wird) an Gärsubstrat von den Glasballons in den Tank überführt. (Abbildung 16). Die 200 L (für Drucktanks) oder 60 L (für Getränkefässer) werden nach Hinzufügen der Gärzusätze auf die zwei Drucktanks oder Getränkefässer 1:1 aufgeteilt. Druck und Temperatur werden je nach Versuchsplan eingestellt. Eine Erhöhung auf 9 bar ist mittels Druckluft (Abbildung 17) im Technikum des LFZ Klosterneuburg möglich.



Abbildung 17: Zufuhrleitung für Dampf, Druckluft, Kalt- und Warmwasser

Um 15 bar Überdruck zu ermöglichen wird zusätzlich eine CO₂-Flasche angeschlossen und über diese der noch notwendige Überdruck eingestellt.

3.4.5 Trockenhefepräparate

Alle Hefen werden von der Firma Erbslöh Geisenheim AG, Deutschland geliefert.

Gemäß den Herstellerangaben lässt sich folgendes über die verwendeten Reinzuchthefen sagen (Tabelle 8):

Tabelle 8: Zusammenfassung der Eigenschaften der verwendeten Hefen, [Datenblätter Erbslöh AG, 2009]

Hefebezeichnung	OENOFERM® KLOSTERNEUBURG	OENOFERM® FREDDO	CREMANTI®	LITTOLEVURE® CHA
Hefestamm	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> LW 415-58	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (<i>bayanus</i>) LW 317-30	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (<i>bayanus</i>)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (<i>bayanus</i>)
Dosage	20-30 g/100 L (für Most)	Bei 13-17°C: 20 g/100 L Ab 10°C: 25-30 g/100 L (für Most)	1,75 g je 0,75 L Flasche (für Sekt)	20-40 g/100 L (für Schaumwein)
Empfohlener Temperaturbereich	15-22°C	13-17°C	Angärung: 18-20°C danach 15°C	14-26°C
Alkoholtoleranz	bis 14 %-vol.	bis 15 %-vol.	bis 11,5 %-vol.	bis 16 %-vol.
Weitere Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • Flaschengärung von Schaumweinen • rasche Angärung • gute Endvergärung • geringstmögliche Schaumentwicklung • geringstmögliche Gehalte an Gärungsnebenprodukten • wird auch bei hohem osmotischem Druck empfohlen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kaltgärhefe • auch bei tiefen Temperaturen aktiv • wird auch bei Gärstörungen empfohlen 	<ul style="list-style-type: none"> • Flaschengärung von Sekt • keine Trübungen während der Gärung (Verkapselung) • sehr gute Angärleistung, auch bei niedrigen Gärtemperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> • kurze Adaptionzeit • schnelle und regelmäßige Kinetik • geringe Bildung von Gärungsnebenprodukten • Glycerinbildung 5-7 g/L

Die Reinzuchtheife CREMANTI® ist eine immobilisierte Hefe.

Die Hefezelle wurde in ein Trägermaterial eingebracht und somit immobilisiert. Als Trägermaterial für die Mikromembrankapsel werden Polysaccharid-Derivate, im genaueren Alginate, verwendet. Durch technische Prozesse wurde eine mehrschichtige Kapsel erzeugt, die eine semipermeable Haut bildet. Über die halbdurchlässige Membran ist es möglich, dass Zucker, Alkohol und Kohlensäure in das Innere gelangen, jedoch bleibt Hefezelle selbst im Inneren. Setzt man die Hefe für die Vergärung von Gärsubstrat ein, so läuft die Gärung schneller ab als bei der Weinherstellung. Eigentlich wird die Hefe CREMANTI® für die Sektherstellung genutzt – im speziellen für die Flaschensektvergärung. Ein großer Vorteil ist der Wegfall des Rüttelprozesses während der Sektgärung. Weiters kann sie ohne vorheriges Rehydrieren – also trocken – zugesetzt werden und es werden keine weiteren Gärhilfsstoffe benötigt. [BILL et al., 2006]

3.5 Bestimmungsmethoden

3.5.1 Probenahme

Die Probenahme erfolgt täglich (außer Samstag, Sonntag und Feiertag) – immer zwischen 7 und 9 Uhr in der Früh.

Bei den Getränkefässern wird der Deckel abgenommen und mit einem Temperaturfühler (Einstichthermometer Hanna) die Gärsubstrattemperatur gemessen. Die Probenahme von den Getränkefässern erfolgt mittels Aufsaugen durch eine Pipette. Bei den Drucktanks werden der Überdruck am Manometer und die Temperatur abgelesen. Bei den Drucktanks besteht die Möglichkeit mittels Ablasshahn eine Probe zu nehmen. Dazu wird der Ablasshahn vor und nach der Probenahme mit 75% Ethanol und dann mit H₂O dest. gereinigt und gespült. Die ersten 200 mL Probe werden verworfen damit die später entnommene Probe nicht durch die Spülung verfälscht wird.

Für spätere Bestimmungen mittels FTIR werden etwa zwei Mal 150 mL pro Probe entnommen. Für die mikrobiologische Bestimmung werden zwei Mal 10 mL benötigt.

Tabelle 9 gibt beispielhaft eine Übersicht über die Häufigkeit der Messung der verschiedenen relevanten Parameter :

3.5.2 FTIR

Prinzip: Messung der gärenden unverdünnten Proben mittels fouriertransformierter Infrarotspektroskopie (FTIR) [GRIFFITH et al., 1986]

Die Bestimmungen mit dem FTIR WineScan FT 120 erfolgen jeden Tag. Für diese Analyse ist etwa 150 mL Probe notwendig. Die Probe wird zuerst mit einem harten Faltenfilter filtriert (Abbildung 18). So soll das vorhandene Kohlendioxid entfernt werden – dieses würde die darauffolgenden Messungen stören.

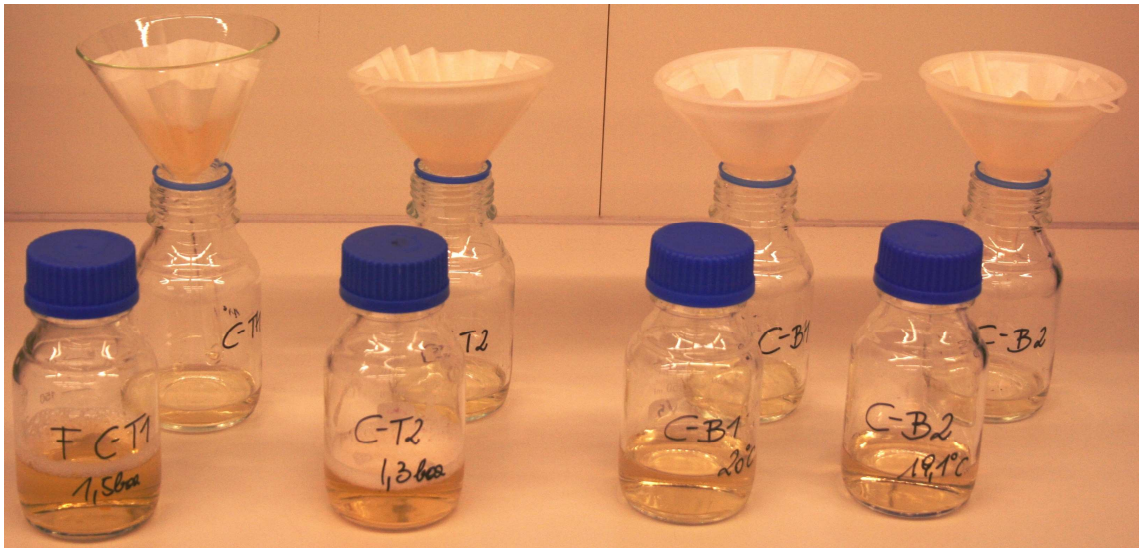


Abbildung 18: Filtration der Probe mittels Faltenfilter

Bei der Probenaufnahme wird jede Probe codiert (Abbildung 19). Das Filtrat wird anschließend in das FTIR-Glasprobengefäß (ca. 50 mL) überführt und auf die entsprechende Position am Probensteller platziert (Abbildung 21). Dann werden die passenden Einstellungen am Computer vorgenommen und die Analyse startet mittels Probenprogramm „Obstwein“ (Abbildung 20). Die Probe wird zwei Mal untersucht und innerhalb von wenigen Minuten sind Ergebnisse für folgende Parameter verfügbar:

- relative Dichte
- Alkoholgehalt [%-vol.]
- Reduzierende Zucker [g/L]

- Fructose [g/L]
- Glucose [g/L]
- Titrierbare Säure
- pH-Wert
- Äpfelsäure, Milchsäure, Zitronensäure.

Bei gärenden Proben sind die mit dem Probenprogramm „Obstwein“ ermittelten Werte zu Beginn der Gärung nicht zuverlässig.



Abbildung 19: Codierung der Proben

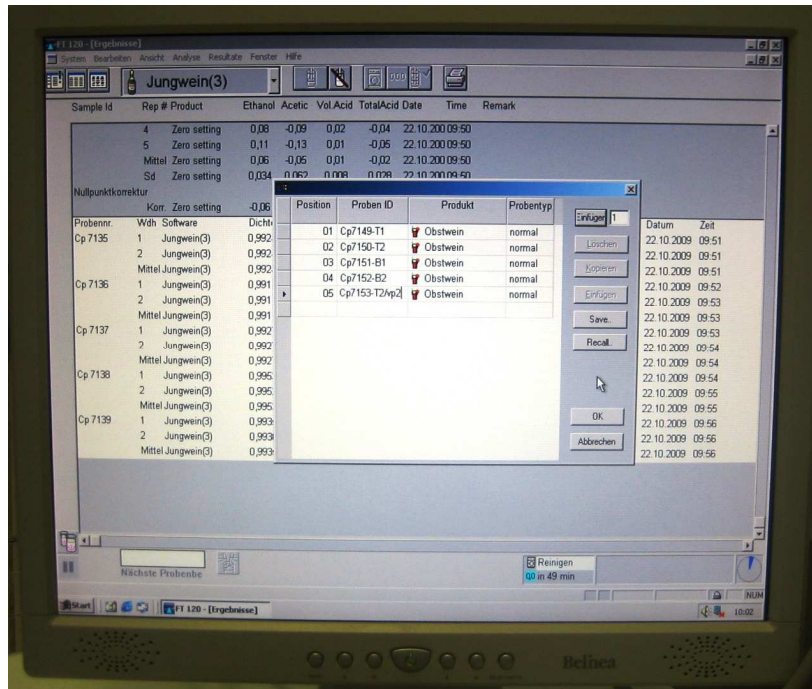


Abbildung 20: Eingabe der Probedaten am Computer



Abbildung 21: Platzierung der Proben am Probenteller und Aufsaugen der Probenflüssigkeit

3.5.3 Bestimmung des Mostgewichts

Für die Mostgewichtsbestimmung mittels Handrefraktometer wird ebenfalls das Filtrat verwendet und so das Mostgewicht in Grad Oechsle [$^{\circ}\text{Oe}$] ermittelt.

3.5.4 Bestimmung der freien schwefligen Säure

Methode: Bestimmung der freien schwefligen Säure nach Paul [FRANCK-JUNGE, 1971]

Die Methode ist gleichzeitig selektiv und nur wenig störungsanfällig. Diese Analysen werden am Institut für Chemie, Bundesamt für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, durchgeführt.

Arbeitsanweisung:

[http://bundesamt.weinobstklosterneuburg.at/upload/documentbox/SO2-fuer_UEbungen.doc]

3.5.5 Enzymatische Bestimmungen

Die enzymatischen Bestimmungen von Glucose, Fructose und Saccharose sollen exakte Anfangswerte für den ersten Tag der Gärung bringen und werden zur Analyse der Anfangswerte eingesetzt.

Diese Analysen werden am Institut für Chemie, Bundesamt für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, durchgeführt.

Für die Bestimmung von Acetaldehyd und Glycerin werden die Proben im Tiefkühlraum eingefroren. Die Probenahme erfolgt vor der Schwefelung. Dann werden sie in der Zentrifuge für 10 min bei 8000 rpm zentrifugiert und der Überstand wird bei -24°C im Tiefkühlraum eingefroren.

3.5.5.1 Enzymatische Bestimmung von Glucose

Mittels enzymatischem UV-Test mit Hexokinase und Glucose-6-phosphatdehydrogenase wird die Glucose bestimmt. Der Test-Kit ENZYTEC™ fluid D-Glucose von der Firma DiaSys Diagnostic Systems GmbH, Deutschland wird hierfür verwendet. [Datenblatt D-Glucose, DiaSys Diagnostic Systems GmbH, 2009]

3.5.5.2 Enzymatische Bestimmung von Fructose

Der Test-Kit ENZYTEC™ fluid D-Fructose von DiaSys Diagnostic Systems GmbH, Deutschland wird für einen enzymatischen UV-Test mit Hexokinase,

Glucose-6-phosphatdehydrogenase und PhosphoGlucose-Isomerase verwendet. [Datenblatt D-Fructose, DiaSys Diagnostic Systems GmbH, 2007]

3.5.5.3 Enzymatische Bestimmung von Saccharose

Die Methode hierfür ist ein enzymatischer UV-Test mit β -Fructosidase (Invertase), Hexokinase und Glucose-6-phosphatdehydrogenase. Der Test-Kit ENZYTEC™ fluid D-Saccharose von DiaSys Diagnostic Systems GmbH, Deutschland wird verwendet. [Datenblatt Saccharose (Gesamtglucose), DiaSys Diagnostic Systems GmbH, 2008]

3.5.5.4 Enzymatische Bestimmungen von Gärungsnebenprodukten (Acetaldehyd und Glycerin)

Die enzymatische Bestimmung von Acetaldehyd und Glycerin im fertig vergorenen Apfelmust ohne Schwefelzusatz erfolgt mit dem Gerät Konelab K20 Analyser. Die Analysen für Glycerin und Acetaldehyd werden in einem Analysendurchgang und mit dem jeweiligen Standard in Doppelbestimmungen durchgeführt.

Es werden ausschließlich Multicell Küvetten verwendet. Die abschließende photometrische Messung erfolgt bei einer Wellenlänge von 340 nm.

Probenvorbereitung: Die Proben werden im Tiefkühler bei -24°C aufbewahrt. Über Nacht werden sie bei Raumtemperatur langsam aufgetaut. Die nun wieder flüssige Probe wird durch einen harten Faltenfilter filtriert. Das Filtrat wird für die weitere Analyse herangezogen.

3.5.5.4.1 Enzymatische Bestimmung von Glycerin

Die enzymatische Bestimmung von Glycerin läuft nach folgenden chemischen Reaktionen ab:



[Diasys Diagnostic Systems GmbH, 2007]

Die Reagenzien (R1 und R2) und der Standard sind gebrauchsfertig.

Glycerin-Standard als Vergleichslösung: 1,05 g Glycerin werden eingewogen und auf 100 mL H₂O dest. aufgelöst. Diese Lösung wird dann noch 1:50 verdünnt, das ist der fertige Glycerin-Standard als Vergleichslösung (0,21 g/L Glycerin).

Reagenzien R1 und R2 werden in das Gerät eingegeben und so Kalibrationen durchgeführt. Die Kalibration wird so lange durchgeführt bis nur mehr geringe Abweichungen zum Standard ausgegeben werden. Ist das Ergebnis zufriedenstellend, so wird es akzeptiert und die Analyse der Proben kann starten. 1,5 mL Probe werden in die Küvetten mittels Pipette überführt und in das Gerät Konelab 20 eingestellt. Im Analysenprogramm wird die Probennummer eingegeben. Dann wählt man die Methode („Glycerin“) und die Verdünnungen werden noch eingegeben.

Die enzymatische Bestimmung von Glycerin wird in zwei Verdünnungen 1:40 und 1:50 durchgeführt – händische Eingabe. Anschließend kann die Analyse gestartet werden.

Die Berechnung der Ergebnisse erfolgt automatisch und wird in g/L und auf 3 Kommastellen angegeben. Die Messergebnisse sind auf eine Kommastelle zu runden.

Arbeitsbereich: Glycerin 0,1 bis 0,21 g/L (bei höheren Konzentrationen werden Vorverdünnungen hergestellt)

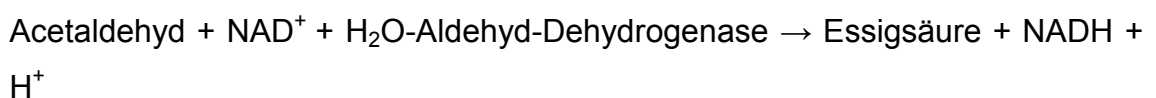
Nachweisgrenze: 0,02 g/L

Bestimmungsgrenze: 0,03 g/L

Analysentoleranz/Messunsicherheit: ± 0,03 g/L * Verdünnungsfaktor

3.5.5.4.2 Enzymatische Bestimmung von Acetaldehyd

Die enzymatische Bestimmung von Acetaldehyd läuft nach folgenden chemischen Reaktionen ab:



[Boehringer Mannheim/R-Biopharm, 2009]

Das Testset besteht aus AcetalDR1 (Flasche 1 und 2) und AcetalDR2 (Flasche 3).

AcetalDR1: Flasche 1 ist gebrauchsfertig. Flasche 2 enthält 30 Tabletten NAD. (Eine Tablette reicht für 10 Bestimmungen. 3 mL Puffer werden für 10 Bestimmungen benötigt.) Tablette und Puffer werden für 80 Proben vereint und homogenisiert, aber nicht schütteln.

AcetalDR2: Die Hälfte vom Inhalt der Flasche 3 wird mit 0,8 mL H₂O dest. (für 80 Proben, 10 µL/ Probe) vereint.

0,05 g/L Acetaldehydstandard als Kalibrier- und Vergleichslösung: 34,7 mg Acetaldehydammoniak wird eingewogen und mit 500 mL H₂O dest. aufgefüllt.

Die Kalibration erfolgt mit den Reagenzien AcetalDR1 und AcetalDR2. Die Kalibration wird so lange durchgeführt bis nur mehr geringe Abweichungen zum Standard ausgegeben werden. Ist das Ergebnis zufriedenstellend, so wird es akzeptiert und die Analyse der Proben kann starten. 1,5 mL Probe werden in die Küvetten mittels Pipette überführt und in das Gerät Konelab 20 eingestellt. Im Programm wird die Probennummer eingegeben. Dann wählt man die Methode „Acetaldehyd“.

Die Berechnung der Ergebnisse erfolgt automatisch und wird in mg/L ohne Kommastelle angegeben.

Arbeitsbereich: 0,01 bis 0,05 g/L

Analysentoleranz/Messunsicherheit: ± 5 mg/L

3.5.6 Mikrobiologische Untersuchungen

Alle Materialien werden vor Gebrauch bei 121°C für 15 min in einem Autoklav sterilisiert.

Das Nährmedium WL Nutrient Agar ist ein Selektivmedium für Kultur- und Wildhefe bei Fermentationsprozessen. Die Inkubationszeit und –temperatur mit diesem Nährmedium ist abhängig vom zu testenden Material und den Eigenschaften des Organismus.

Für die Zubereitung des Agars werden 75 g Agar-Pulver (weiß, Abbildung 22) in 1 L H₂O dest. gelöst (Abbildung 23). Anschließend werden die Flaschen autoklaviert.



Abbildung 22: WL Nutrient Agar, 75 g/L



Abbildung 23: WL-Agar nach Zugabe von H₂O dest.

Die Petrischalen werden mit dem WL Nutrient Agar im Vorhinein gegossen, bei 4°C im Kühlschrank gelagert und kurz vor Gebrauch entnommen. Für die mikrobiologische Bestimmung wird eine unfiltrierte Probe des Gärsubstrates von etwa 10 mL benötigt. Diese Probe ist die 0-Probe (Abbildung 24).



Abbildung 24: 10 ml der unfiltrierten 0-Probe entnommen von jedem Gärbehälter

Für die Verdünnungsreihe wird 0,9% Natriumchlorid-Lösung hergestellt. Jede Probe wird doppelt bestimmt, d.h. zwei Verdünnungsreihen pro Probe. Die Verdünnungsreihen werden je nach Gärungsfortschritt von 10^0 bis maximal 10^9 angelegt. Die Originalprobe (10^0) bleibt unverdünnt. Mittels Ausspatelverfahren wird die Probe ausgestrichen.

Nach dem Anlegen der Verdünnungsreihe wird auf die WL-Agarplatten $100\mu\text{L}$ verdünnte Probe pipettiert und mit einem L-Spatel ausgestrichen. Um mögliche Kontamination zu erkennen, wird auch die 0,9% NaCl-Lösung ausgestrichen um so sicherzugehen, dass nicht eventuell die 0,9% NaCl-Lösung kontaminiert ist. Die ausgestrichenen Platten werden verkehrt herum für etwa 48h im Brutschrank bei 28°C inkubiert. Die Zählung nach der Bebrütungsdauer der Keime erfolgt mit einer Keimzählhilfe (Abbildung 25). *Saccharomyces cerevisiae* wird auf dem WL Nutrient Agar als weiße, feucht-glänzende Kolonie sichtbar.

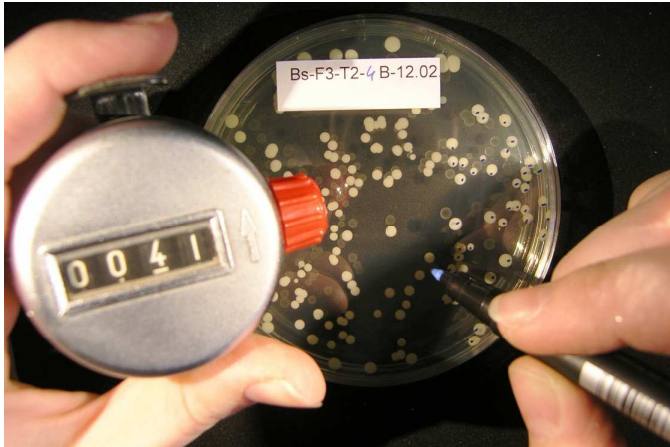


Abbildung 25: Auszählen der Platten mittels Keimzählhilfe

Die Keimzahl wird in KBE (Kolonie-bildende Einheiten) pro mL angegeben. Es werden jene 3 Platten gewertet, die Ergebnisse in etwa zwischen 3 und 300 KBE bilden. Der gezählte Wert wird mit dem jeweiligen Verdünnungsfaktor multipliziert. Es wird der arithmetische Mittelwert ermittelt.

Sollte eine Kontamination vermutet werden, so wird zur Bestätigung eine Gram-Färbung durchgeführt.

3.5.7 Molekularbiologische Methoden

Mittels PCR und anschließender Elektrophorese soll klar gestellt werden, dass nur der zugesetzte Hefestamm vorhanden ist oder ob eventuell auch andere Stämme vorhanden sind.

Für die PCR wird etwa 3 bis 5 Tage nach dem Gärstart, je nach Zuckerabbau, eine Probe entnommen. 1,6 mL unfiltrierte Probe werden mit 20% sterilem Glycerin in einem Kryoröhrchen vereint, gut geschüttelt, beschriftet und bei -80°C für den späteren weiteren Gebrauch eingefroren. Glycerin wird zugegeben um so die osmotische Dichte zu erhöhen, das Wasser zu entfernen und die Zellen vollkommen zu erhalten. [STADLWIESER, 2005]

3.5.7.1 DNA-Extraktion

Sobald alle Gärungen abgeschlossen sind, werden die Proben für die PCR gesammelt analysiert. Als Vorbereitung für die PCR werden folgende Schritte durchgeführt:

Die Proben, die bei -80°C eingefroren waren, werden bei Raumtemperatur aufgetaut. Anschließend werden sie auf dem Vortexer nochmals gut durchmischt. Dann werden mittels Pipette $100\ \mu\text{L}$ aus dem Kryoröhrchen entnommen und diese werden wie bei der Bestimmung der Hefezellzahl auf WL-Agar mit einem L-Spatel ausgestrichen. Pro Probe wird eine Platte ausgestrichen. Diese Platten werden dann 48h bei 28°C anaerob im Brutschrank aufbewahrt. Die Original-Proben werden wieder bei -80°C im Tiefkühler konserviert.

Nach der Bebrütungszeit wird jeweils von einer Platte eine Hefekolonie mittels Impföse entnommen und auf einer weiteren WL-Agar-Platte ein Ausstrich aufgetragen. Die neuen Platten werden wieder bei 28°C im Brutschrank bebrütet. Dies ist die direkte Vorbereitung für die DNA-Aufreinigung. Die neu gewonnenen Hefekolonien dürfen für die weitere PCR maximal 24h alt sein (Overnights). [STADLWIESER, 2005]

Die folgenden Arbeitsschritte (Reinigung der DNA) erfolgten mittels MasterPure™ Yeast DNA Purification Kit.

In $1,5\ \text{mL}$ Tubes wird je $300\ \mu\text{L}$ Yeast Cell Lysis Solution vorgelegt und unter der Lamin Air wird mittels Impföse eine Hefekolonie der Overnights hinzugegeben. Das weitere Vorgehen geschieht nicht in der Lamin Air. Die einzelnen Tubes werden mit dem Vortexer gut gemischt und anschließend im Thermoblock QBT für 15 min bei 65°C inkubiert. Im nächsten Arbeitsschritt werden die Proben etwa 7 min in den Mini-Cooler gestellt – bis die Suspension gefroren ist. Durch die Bildung von Eiskristallen werden die Zellen zerstört.

Nach dem Herausnehmen aus dem Mini-Cooler werden je $150\ \mu\text{L}$ MPC Protein Precipitation Reagent zugegeben und anschließend mindestens 10 s gemischt um die Proteine zu fällen. Anschließend wird in der Zentrifuge für 10 min bei $13.000\ \text{rpm}$ zentrifugiert.

Der dabei entstehende Überstand wird möglichst quantitativ in ein weiteres 1,5 mL Tube transferiert. Das vorherige Tube mit den groben Zellbestandteilen kann verworfen bzw. entsorgt werden. Dann werden 500 µL 99% Isopropanol hinzugegeben und durch Wenden der Tubes gemischt. Hier darf man nicht mit dem Vortexer mischen, da sonst die freiliegende DNA brechen könnte.

Dann wird wieder für 10 min bei 13.000 rpm zentrifugiert um die DNA zu pelletieren. Der Überstand wird dann verworfen und zum übriggebliebenen Pellet werden 500 µL 70% Ethanol hinzugegeben. Durch erneutes Wenden der Tubes wird die Suspension gemischt. Dann wird der Ethanol wieder mittels Pipette entfernt. Um den gesamten Ethanol zu entfernen wird vorerst noch mal für 3 min bei 13.000 rpm zentrifugiert um den restlichen Alkohol zu sammeln und abzupipettieren. Dann lässt man die Tubes offen stehen damit der restliche Ethanol noch verdunsten kann (für etwa 30 min).

Abschließend wird noch 35 µL TE-Puffer hinzugegeben um die DNA zu lösen.

Als letzten Schritt wird eine Arbeitslösung (1:4 verdünnt mit ddH₂O) hergestellt– diese wird gekühlt und ist für 2 Wochen haltbar. Die Original-Proben werden tiefgekühlt bei -20°C.[DNA Purification Protocol, Epicentre Biotechnologies]

3.5.7.2 PCR-Ansatz und PCR

Prinzip: PCR = Polymerase Chain Reaction; mittels PCR wird ein genau definierter Teil der DNA enzymatisch und in vitro vervielfältigt

Methode: Arbeitsanweisung: KÖLLNER, 2010, PCR-Ansatz für Fermentas Dream Taq Polymerase

Zuerst wird ein passendes Tube für Mastermix (1,5 mL) und PCR-Strips im Mini Cooler vorbereitet. Als Erstes wird der Mastermix wie in der folgenden Tabelle 10 in der Reihenfolge wie angegeben zusammengemischt. Die Mengen sind für einen einfachen PCR-Ansatz.

Tabelle 10: Zutaten für 1x20 µL Mastermix-PCR Ansatz

Ingredienzien	1x
ddH ₂ O	13,1 µL
10x Buffer	2 µL
dNTP (2mM)	2 µL
Primer forward	0,4 µL
Primer reverse	0,4 µL
Dream Taq Polymerase	0,1 µL

Die Taq Polymerase wird als Letztes zugegeben und muss immer kalt aufbewahrt werden. 10x Buffer, dNTP und anschließend die Primer werden als Vorbereitung für den nächsten Arbeitsschritt zum Auftauen aus dem Gefrierschrank genommen. Als Forward Primer wird ITS 1 verwendet und als Reverse Primer ITS 4.

Dann wird der Mastermix gut am Vortexer gemischt. Für einen 20 µL PCR-Ansatz werden in die vorbereiteten 0,2 mL Tubes je 18 µL des Mastermixes pipettiert. Weiters wird 2 µL jeder DNA-Probe hinzugegeben. Die Deckel werden verschlossen, mit der Probennummer beschriftet und anschließend in den Thermocycler GeneAmp 2400 PCR System gestellt. Der Deckel wird geschlossen und das richtige Programm (94°C/4min – (94°C/20s– 53°C/20s – 72°C/1min)x35 – 72°C/4min) wird gewählt. Nach dem Ende des PCR Programms werden die Strips entnommen und bei 4°C gelagert.

3.5.8 Elektrophorese

Prinzip: Wanderung von elektrisch geladenen Teilchen in einem elektrischen Feld durch einen Stoff (Trägermaterial) - Agarosegel

Methode: nach SILHAVY, 2005, Identifizierung relevanter Essigsäurebakterien im Wein

Für die Herstellung eines 1,5%-igen Agarosegels wird 1,5 g Agarose eingewogen und mit 100 mL TBE Puffer-Arbeitslösung in einem 250 mL Erlenmeyerkolben vereint, gelöst und in der Mikrowelle aufgeschlossen (d.h. zum Kochen gebracht). Inzwischen wird der Gelschlitten mit Klebeband und

schwarzen Stoppfern abgedichtet und dann werden die Kämme eingesetzt. Die nun flüssige Agarose wird nun in die Gelgießkammer luftblasenfrei überführt. Das Agarosegel ist nach etwa 30 min ausgehärtet (erkennbar an der Trübung des Gels). Anschließend werden die Kämme vorsichtig durch Herausziehen entfernt. Nun wird jede DNA-Probe quantitativ in eine Tasche pipettiert. Die jeweils erste und letzte Tasche einer Reihe sind für Größenmarker gedacht. In diese Taschen werden 4 µL Größenmarker (100 bp DNA-ladder) pipettiert. Es kann auch eine Negativkontrolle vom Mastermix in eine freie Tasche pipettiert werden.

Nun wird das Gel aus dem Schlitten entnommen und in die Elektrophoresekammer transferiert. Jetzt wird das Gel vollständig mit TBE-Puffer übergossen. Der Deckel wird auf die Kammer aufgesetzt und das Programm startet mit 100 V. Der Elektrophoresevorgang dauert zwischen 30 und 60 min, je nach Gelgröße. Anschließend wird das Gel in eine Färbelösung (Ethidiumbromid) gelegt und dort 20 min gefärbt. Einzelne Ethidiumbromid-Moleküle interkalieren bei dem Färbevorgang zwischen den Basen der DNA bzw. RNA. So verändert sich das Anregungsspektrum von Ethidiumbromid und so wird die Fluoreszenz der Substanz bei Anregung durch UV-Licht stark erhöht. Deswegen leuchten im Agarosegel jene Stellen, an denen sich Nukleinsäuren befinden hell und jene, wo sich keine befinden bleiben dunkel. Je mehr DNA/RNA-Menge vorhanden ist, desto intensiver ist auch das Licht. Beim Gebrauch von Ethidiumbromid ist die Verwendung von Nitrilhandschuhen unabdingbar aufgrund der Kanzerogenität der Färbelösung. [STADLWIESER, 2005]

Nach dem Färben wird das Gel in destilliertem Wasser gewaschen und dann wird es mittels UV-Transilluminator ins Geldokumentationsgerät gelegt. Nach Schließen der Tür wird im Programm Vision Works das UV-Licht aktiviert und ein Foto des Gels erstellt. Einzustellen sind Belichtungszeit und eventuell Kontrast. Das Gel wird anschließend sachgerecht entsorgt und der Transilluminator gereinigt.

3.6 Schönung und Lagerung der vergorenen Apfelweine

Sobald der Most fertig vergoren (d.h. Gehalt reduzierende Zucker ≤ 5 g/L laut FTIR oder kein Zuckerabbau über mehrere Tage hinweg) ist, wird er aus den Getränkefässern oder aus den Drucktanks abgezogen. Nach vier Tagen wird er mit 15 g/hL Kaliumpyrosulfit (KPS) in Form einer 10%igen Lösung geschwefelt. Parallel dazu wird 1 L Most in eine Flasche abgefüllt und diese wird ebenfalls mit 15 g/hL KPS geschwefelt und für die Bestimmung des freien SO_2 zu Beginn der Lagerung ein Ergebnis liefern. Es wird der Gehalt an freiem und gesamtem SO_2 bestimmt (siehe chemische Bestimmungen). Der Wert für freies SO_2 soll 50 mg/mL betragen. Bei Abweichungen muss nachgeschwefelt werden. Je nach Ergebnis wird noch aufgeschwefelt oder nicht. (Aufschwefelung: 2 g/hL KPS pro 10 mg/mL Differenz)

Der abgezogene und geschwefelte Most wird dann mit einem Rundfilter R22 filtriert (Abbildung 27). Der Most wird in Bags (Abbildung 26), die ein maximales Volumen von 20 L aufweisen, im Kühlraum bei einer Temperatur von 12°C gelagert.



Abbildung 26: Lagerung im Bag in Box



Abbildung 27: Filtrieren mit Rundfilter R22

3.7 Sensorische Beurteilungen

Die Apfelmoste werden von geschulten Prüfern des LFZ Klosterneuburgs beurteilt. Es werden 5 bis 6 Prüfer mit je drei Wiederholungen eingesetzt (Abbildung 28).



Abbildung 28: Verkostung in den Kostkabinen

Zuerst wird mittels erweitertem Dreieckstests beurteilt, ob Unterschiede zwischen den Wiederholungen (z.B. Tank 1 und Tank 2) bestehen. Wenn die Ergebnisse Unterschiede zeigen, so wird anschließend eine Prüfung mit

unstrukturierter Skala durchgeführt. Zeigen die Ergebnisse beim ersten Dreieckstest zwischen den Wiederholungen keinen Unterschied, so wird mit einer der beiden Wiederholungen weiter geprüft. Werden bei der Unterschiedsprüfung/Dreieckstest die Wiederholungen, also z.B. Tank 1 und Tank 2, als nicht gleich bewertet, so wird in einer weiteren sensorischen Beurteilung mittels unstrukturierter Skala geprüft.

3.7.1 Dreieckstest

Der Dreiecks- oder Triangeltest zählt zu den Unterschiedsprüfungen. [JELLINEK, 1981]

Bei den Verkostungen wird der erweiterte Dreieckstest angewendet. Es ist eine Methode zur Ermittlung ganzheitlicher Produktunterschiede. [DERNDORFER, 2010]

Für die Auswertung beträgt das Signifikanzniveau $\alpha=0,05$. Das Prüfformular wird in folgender Form dem Prüfer gereicht (Abbildung 29):

<u>Dreieckstest</u>		
Serie Nr.:	Name des Kosters:	
KOSTFRAGE:		
1) Welche zwei Proben sind gleich? (O)		
2) Welche Probe ist besser? (+)		
1	2	3
1) Die gleichen Proben sind einzukreisen. (O)		
2) Die bessere Probe ist mit einem + zu versehen.		

Abbildung 29: Prüfformular für den erweiterten Dreieckstest

Die Proben werden in durchsichtigen Stielgläsern ausgeschenkt. Zum Neutralisieren stehen Leitungswasser und weißes Gebäck zur Verfügung.

3.7.2 Prüfung mit unstrukturierter Skala

Das Prüfformular für die Prüfer sieht wie folgt aus (Abbildung 30):

3.8 Statistische Auswertung der Daten

Die statistische Auswertung der Korrelation zwischen Acetaldehyd und freiem SO₂ einerseits und Korrelation zwischen Glycerin und Alkoholgehalt andererseits erfolgt mittels SPSS 17.0 und Microsoft Office Excel 2003. Die Auswertung der Ergebnisse der Verkostung mittels unstrukturierter Skala erfolgt mit dem Auswertungsprogramm für sensorische Analysen, Version 3.3, von Vogl und Lindner. Das Programm berechnet Mittelwerte und einen LSD-Wert für. Für ein angegebenes $\alpha=0,05$ werden benachbarte Mittelwerte mit dem LSD-Wert verglichen und Unterschiede zwischen den Varianten bestimmt.

4 Ergebnisse und Diskussion

Um die Ergebnisse übersichtlicher gestalten zu können, sind größtenteils Mittelwerte angegeben. Eine vollständige Angabe der Ergebnisse bzw. Einzelwerte ist dem Anhang zu entnehmen.

4.1 Bestimmung der Zuckergehalte im Rohsaft

Tabelle 11: Ausgangswerte der Rohsäfte für VP1, VP2 und VP3

	Methode	VP1 und VP3	VP2
Säure	FTIR	5,2	4,3
Mostgewicht [°Oe]	Refraktometer	40,0	42,0
pH-Wert	FTIR	3,3	3,7

Tabelle 12: Zucker-Werte für klares Gärsubstrat nach Zugabe von Zucker und Zitronensäure in g/L

	Glucose [g/L]	Fructose [g/L]	Saccharose [g/L]
Enzymatisch	18,4	59,2	52,3
	18,5	65,0	58,0
Mittelwert	18,5	62,1	55,2
FTIR	14,6	65,8	60,6
	14,5	69,5	60,5
Mittelwert	14,6	67,7	60,6
Abweichung	21,1%	9,0%	9,8%

Die täglichen Analysen des gärender Saftes werden mit dem FTIR WineScan FT 120 durchgeführt. Die Werte in den ersten drei bis fünf Tagen zeigen eine Unregelmäßigkeit, die auf eine fehlerhafte Bestimmung zurückzuführen ist. Die Werte im Bereich des Übergangs vom Programm „Kernobstsaft“ zu „Obstwein“ können nicht übernommen werden. Die FTIR-Werte werden als Relativ-Werte für „Zuckergehalt“ und „Alkoholgehalt“ herangezogen. Für die Ergebnisse

werden daher die refraktrometrisch gemessenen Mostgewichtswerte in °Oe herangezogen.

Je weniger Zucker vorhanden ist, desto mehr Alkohol ist im Most enthalten. Gleichzeitig wird die Messung mit dem Refraktometer auch ungenauer bei niedrigen Zuckerwerten. In der Praxis ist es aber Usus das Refraktometer für die Mostgewichtsmessung einzusetzen.

Theoretischer Zucker aus Alkoholgehalt sollte wie folgt sein:

Die Maximal-Werte für den erreichten Alkoholgehalt betragen z.B. 8,00 %-vol. Bei Rückrechnung vom Alkoholgehalt auf den Zuckergehalt ergibt sich theoretisch ein Ausgangswert von 134,64 g/L Zucker.

4.2 Bestimmung der Hefezellzahl

In den folgenden Abbildungen (Abbildung 31 bis Abbildung 42) werden die Petri-Schalen beispielhaft von VP1/L-B2 den Petri-Schalen von VP1/L-T2 gegenüber gestellt. Makroskopisch ist zu erkennen, dass hinsichtlich der Farbe und Größe kein Unterschied bei den Kolonien besteht, die Anzahl der Kolonien unterscheidet sich. Die Verdünnungsstufen 0, 1, 2 sind meist nicht auswertbar aufgrund der Dichte der Kolonien (siehe Abbildung 31 und Abbildung 32). Die Abnahme von einer Verdünnungsstufe zur nächsten um eine 10er Potenz ist anhand dieser beispielhaften Abbildungen deutlich erkennbar. Genauere Angaben zur Zellzahlentwicklung folgen später im Zuge der Besprechung der einzelnen Versuchspläne.



Abbildung 31: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 0



Abbildung 32: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 0



Abbildung 33: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 2

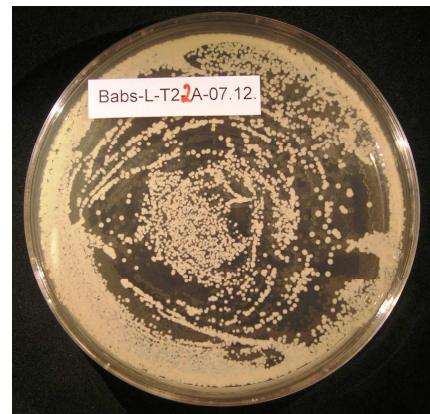


Abbildung 34: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 2



Abbildung 35: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 3



Abbildung 36: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 3



Abbildung 37: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 4



Abbildung 38: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 4

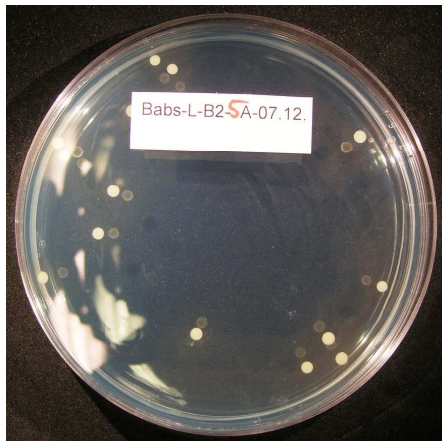


Abbildung 39: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 5



Abbildung 40: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 5



Abbildung 41: Petrischale von VP1/L-B2, Verdünnungsstufe 6

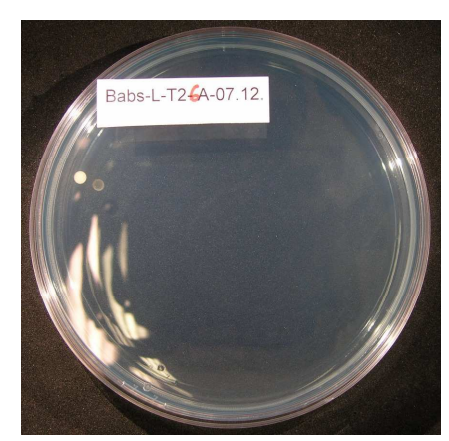


Abbildung 42: Petrischale von VP1/L-T2, Verdünnungsstufe 6

4.3 Ergebnisse von VP1

Im VP1 werden vier unterschiedliche Reinzuchtheferpräparate bei Gärtemperaturen von 20°C verglichen.

4.3.1 VP1: Gärdauer

In Abbildung 43 ist die Gärdauer aller vier Varianten mit zwei Wiederholungen abgebildet. Bei VP1/K-T1 und VP1/K-T2 dauern die Gärungen je 38 und 42 Tage. Unter Normaldruck (VP1/K-B1, VP1/K-B2) liegt die Gärdauer bei 21 Tagen, gleich für beide Doppelbestimmungen.

Bei VP1/L-T1 dauert die Gärung 22 Tage und bei der zweiten Wiederholung (=VP1/L-T2) 28 Tage. Alle Doppelbestimmungen werden gleichzeitig angesetzt außer jene von VP1/L. VP1/L-T2 wird später angesetzt weil es im Vorfeld zu ungleicher Gärdauer bei VP1/K kam. VP1/L-T1 und VP1/L-T2 weisen Unterschiede in der Gärdauer auf, so dass die Bildung des Mittelwertes irreführend wäre. Für die weitere Betrachtung ist es sinnvoll die Gärungen von VP1/L getrennt zu betrachten und nicht als Doppelbestimmung. Die Doppelbestimmungen von VP1/L-B1 und VP1/L-B2 unter Atmosphärendruck dauern gleich lang – 16 Tage.

Die Gärdauer von VP1/F-T1 und VP1/F-T2 ist gleich lang (24 Tage) und ebenso bei VP1/F-B1 und VP1/F-B2 (10 Tage).

Alle Wiederholungen der Variante VP1/C (T1, T2, B1, B2) dauern 22 Tage.

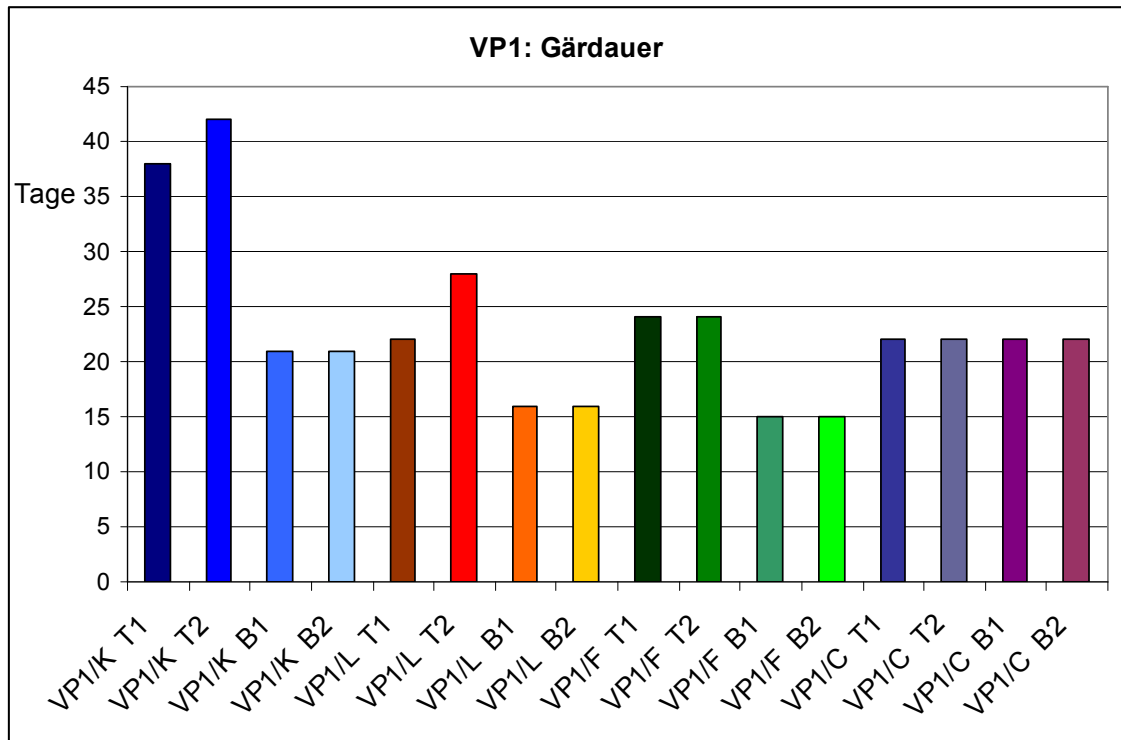


Abbildung 43: Gärdauer VP1

4.3.2 VP1: Druckverlauf

In Abbildung 44 werden die Druckverläufe zu den vier Versuchsansätzen aus VP1 dargestellt. Der Druckverlauf verläuft bei allen Ansätzen ähnlich. Bei jeder Variante steigt der Überdruck sehr rasch bis zum neunten Tag an und zeigt im weiteren Verlauf eher langsames Ansteigen. Hervorstechend ist die Kurve VP1/K, denn sie ist durch andauernde leichte Auf- und Abwärts-Kurven charakterisiert.

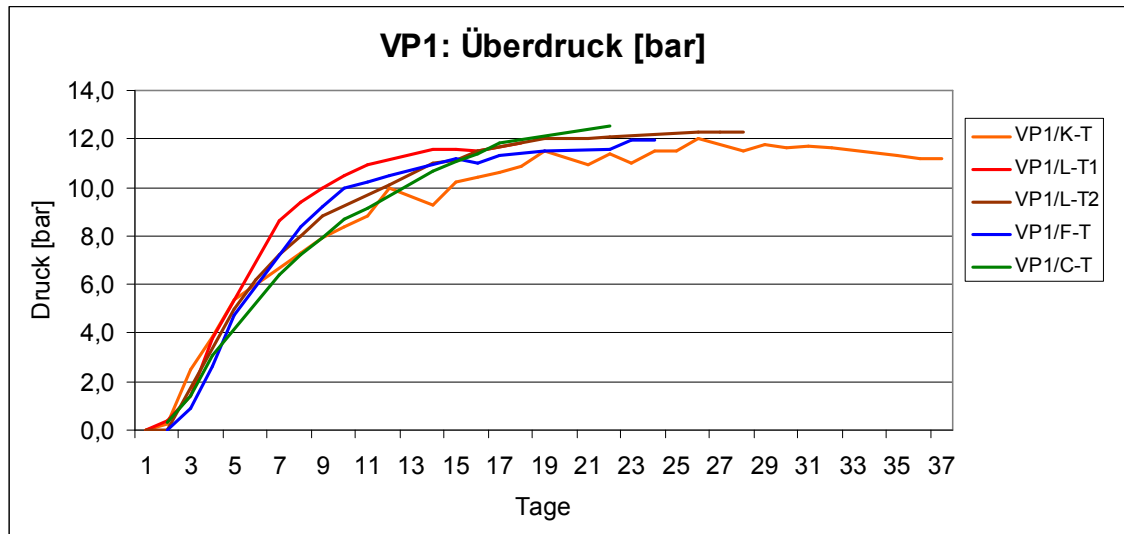


Abbildung 44: VP1: Überdruck [bar]

Tabelle 13 zeigt die Differenz des Überdrucks zwischen fünftem und neuntem Tag. Die Varianten mit den Trockenreinzuchtheferpräparaten LITTOLEVURE CHA® , OENOFERM® FREDDO und CREMANTI® verhalten sich annähernd gleich. Kleinere Differenzen gibt es bei der Variante mit dem Reinzuchtheferpräparat OENOFERM® KLOSTERNEUBURG (2,6 bar).

Tabelle 13: VP1: Vergleich des Druckaufbaus in bar in den Drucktanks zwischen fünftem und neuntem Tag

VP1: Differenz von 5. bis 9. Tag, Aufbau von Überdruck in bar			
VP1/K-T1, VP1/K-T2	VP1/L-T1, VP1/L-T2	VP1/F-T1, VP1/F-T2	VP1/C-T1, VP1/C-T2
2,6	4,4	4,4	4,8

4.3.3 VP1: Maximal erreichter Druck im Tank

In Abbildung 45 sind die maximal erreichten Überdrucke der Tanks aus VP1 gegenüber gestellt. Den höchsten Überdruck hat der Gärversuch mit VP1/C mit 12,8 bar gezeigt. Die niedrigsten Maxima werden bei VP1/L-T1 mit 11,8 bar, VP1/L-T2 mit 12,3 bar und mit VP1/F mit 12,0 bar erzielt.

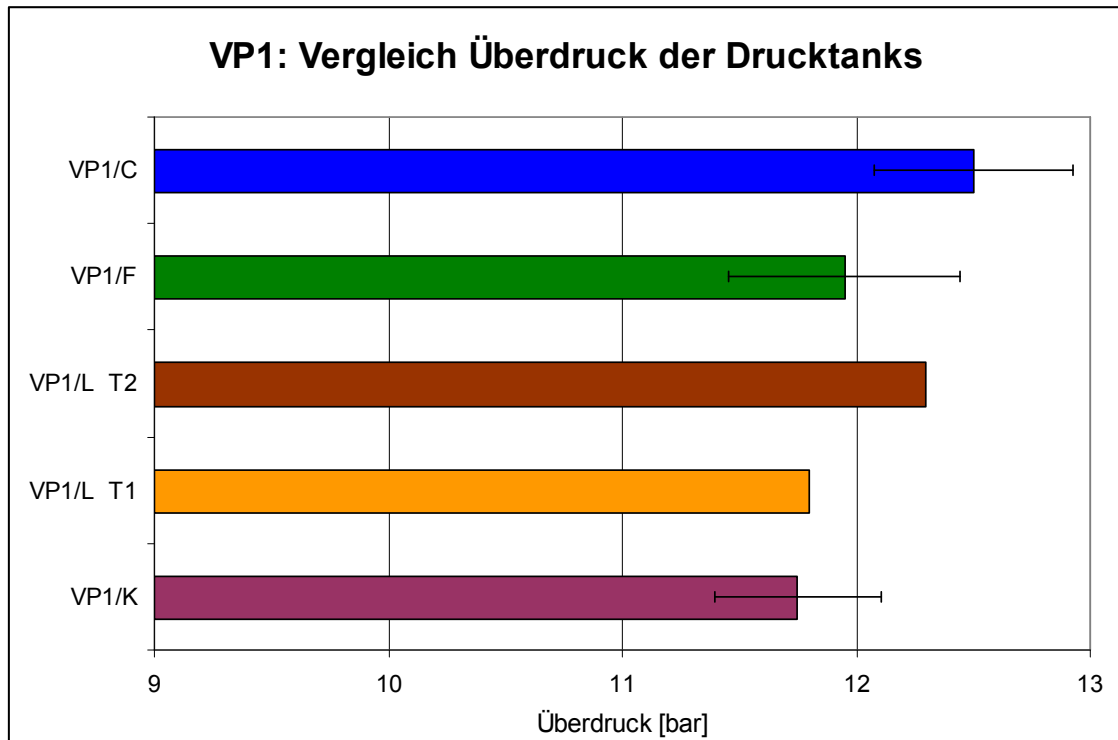


Abbildung 45: Vergleich der maximal erreichten Überdrucke von VP1/C-T, VP1/F-T, VP1/K-T und VP1/L-T

4.3.4 VP1: Unterschied zwischen Normaldruck und Überdruck

In den Abbildung 46 bis Abbildung 49 werden die zwei Varianten im Drucktank mit den zwei Varianten im Getränkefass verglichen. Bei VP1/C ist keine Angabe der Hefezellzahl möglich weil die Hefe immobilisiert und in Kapseln verpackt ist.

4.3.5 VP1: Zuckerabbau

In den Abbildung 46 und Abbildung 47 sind die Kurven zu den Werten der reduzierenden Zucker in g/L (mit FTIR) und Mostgewichts in °Oe (mit Refraktometer) für die jeweiligen Versuchsansätze mit den vier Trockenreinzuchtheferpräparaten dargestellt. In den Ansätzen mit VP1/K, VP1/L und VP1/F sinkt der Gehalt an reduzierenden Zuckern in den Getränkefässern schneller als in den Tanks. Bei VP1/C verlaufen die Kurven nahezu parallel, wobei bei VP1/C-T der Zucker schneller abgebaut wird. Am Ende der Gärung jedoch sind die Werte am gleichen Level. VP1/L-T2 gärt länger und der Zucker wird langsamer umgewandelt als bei VP1/L-T1.

Auffällig ist, dass der Zucker sowohl bei VP1/C-T und VP1/C-B am langsamsten abgebaut wird. Am schnellsten wird der Zuckerabbau bei VP1/L gestartet, sowohl bei beiden Tankvarianten (VP1/L-T) als auch in den Getränkefässern (VP1/L-B).

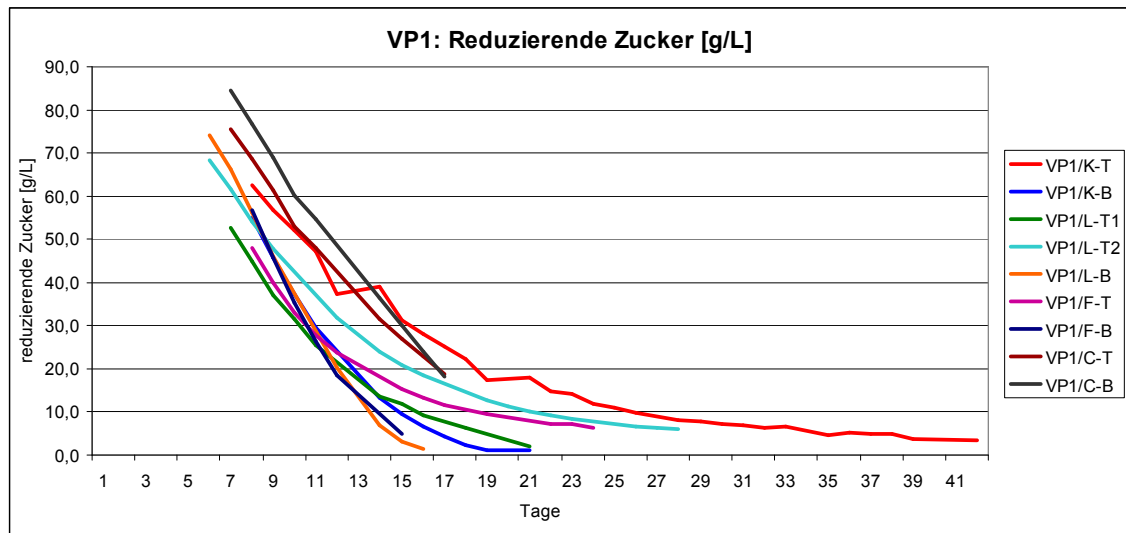


Abbildung 46: VP1: reduzierende Zucker [g/L]

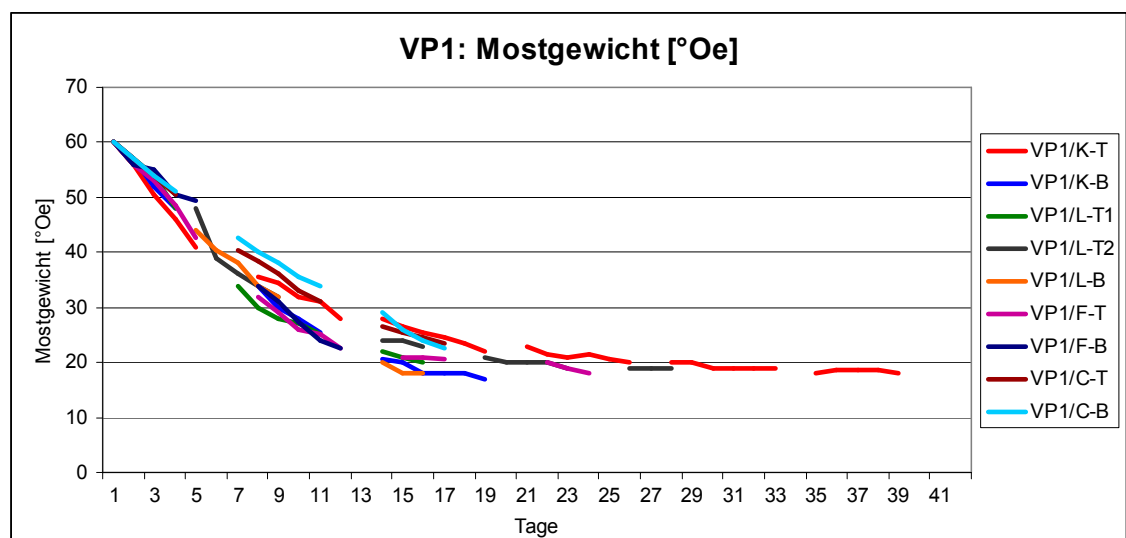


Abbildung 47: VP1: Mostgewicht [°Oe]

In Tabelle 14 ist die Differenz des Mostgewichts ab dem fünften Tag bis zum neunten Tag in °Oe angegeben. Ein deutlicher Unterschied ist zwischen VP1/K-T und VP1/K-B zu bemerken. Bei VP1/K-T wird langsamer Zucker abgebaut als bei VP1/K-B. Bei VP1/L-T und VP1/C-T arbeiten schneller als die VP1/L-B und

VP1/C-B. Bei VP1/K-B und VP1/F-B wird der Zucker schneller abgebaut als in den Drucktanks.

Tabelle 14: VP1: Mostgewicht in °Oe zwischen fünftem und neuntem Tag

VP1: Differenz von 5. bis 9. Tag, Mostgewicht in °Oe							
VP1/K-T	VP1/K-B	VP1/L-T	VP1/L-B	VP1/F-T	VP1/F-B	VP1/C-T	VP1/C-B
7	18	18	12	14	19	15	13

4.3.6 VP1: Alkoholgehalt

In Abbildung 48 wird der Alkoholgehalt für jede Variante dargestellt. Der Ethanolabbau ist in den Getränkefässern schneller als in den Drucktanks. Aus der Reihe fällt die Variante VP1/C, wo das Gärsubstrat in den Tanks schneller gärt als in den Getränkefässern und sich somit der Alkoholgehalt schneller aufbaut. Bei VP1/L-T entwickelt sich am schnellsten Alkohol, ebenso bei VP1/L-B. VP1/K-T und VP1/C-T verhalten sich etwas zögerlicher bezüglich Alkoholentwicklung als die anderen zwei Varianten. Ganz deutlich ist eine langsamere Gärung bei VP1/C-B zu erkennen – die Alkoholentwicklung ist schleppender als unter Einsatz der anderen drei Trockenreinzuchthefepräparate.

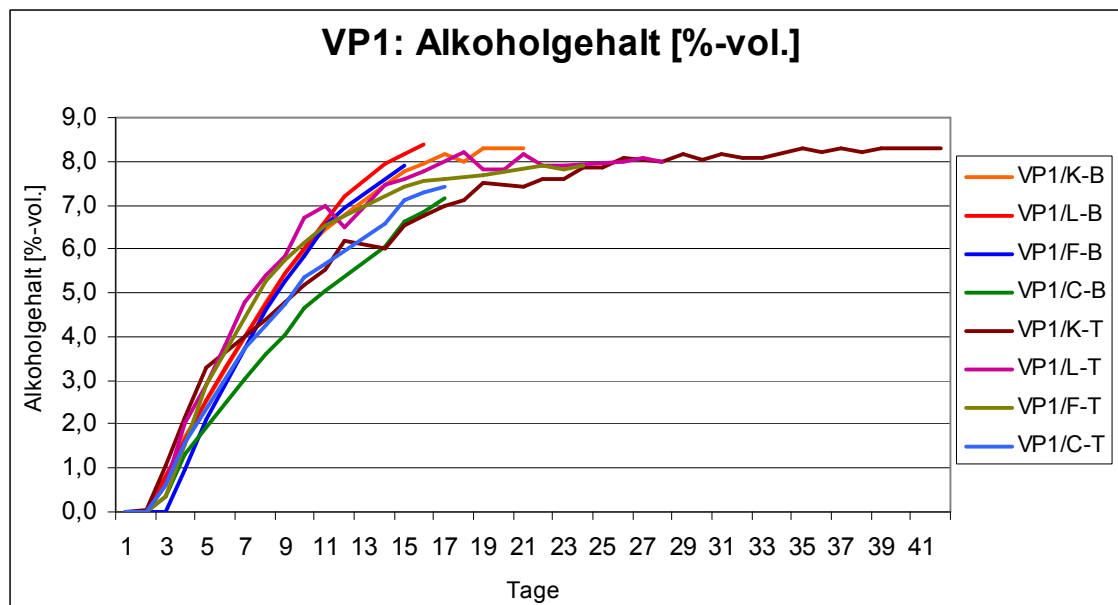


Abbildung 48: VP1: Alkoholgehalt in %-vol.

Tabelle 15 gibt eine Übersicht über den Aufbau von Alkohol in %-vol. zwischen dem fünften und neunten Tag der Gärung. Mehr als doppelt so viel Alkohol wird bei VP1/K-B aufgebaut im Vergleich zu VP1/K-T. Bei weiterer Betrachtung sind keine großen Unterschiede zwischen den Varianten und den Drucktanks und Getränkefässern zu bemerken.

Tabelle 15: VP1: Vergleich des Alkoholaufbaus in %-vol. zwischen fünftem und neuntem Tag

VP1: Differenz von 5. bis 9. Tag, Alkoholaufbau in %-vol.							
VP1/K-T	VP1/K-B	VP1/L-T	VP1/L-B	VP1/F-T	VP1/F-B	VP1/C-T	VP1/C-B
1,5	3,8	3,0	2,9	2,9	3,2	3,2	2,8

4.3.7 VP1: Hefezellzahl

In Abbildung 1 werden die Kurven der Entwicklung der Hefezellzahl gezeigt. Die Varianten VP1/K-B und VP1/F-B entwickeln höhere Maximal-Hefezellzahlen als VP1/K-T und VP1/F-T. Das Maximum bei VP1/K liegt bei $2,22 \times 10^7 \pm 1,00 \times 10^6$ KBE/mL, das von VP1/F bei $2,49 \times 10^7 \pm 4,36 \times 10^6$ KBE/mL. Ab dem 14. Tag (VP1/K) und ab dem 10. Tag (VP1/F) verlaufen die Kurven der Drucktankvarianten und der Getränkefassvarianten annähernd gleich.

Das Maximum an KBE/mL wird bei VP1/L-T2 ($3,40 \times 10^7$ KBE/mL) erreicht. Die Kurve von VP1/L-T1 steigt schnell an und stagniert fast zwischen Tag 4 und Tag 15 bis es anschließend zu einem rapiden Abfall kommt. Die Kurven der Getränkefässer entsprechen am ehesten einer klassischen Gärkurve für die Hefezellzahl.

Sowohl bei VP1/K-T als auch bei VP1/K-B entwickelt das Trockenreinzuchtheferpräparat OENOFERM® KLOSTERNEUBURG die niedrigsten Hefezellzahlen im Vergleich zu den anderen Varianten. Jeweils im Mittelfeld bewegen sich die Kurven der Variante VP1/F. Die höchsten Werte werden bei VP1/L-T und VP1/L-B erreicht. VP1/L-T2 erreicht das Maximum an KBE/mL.

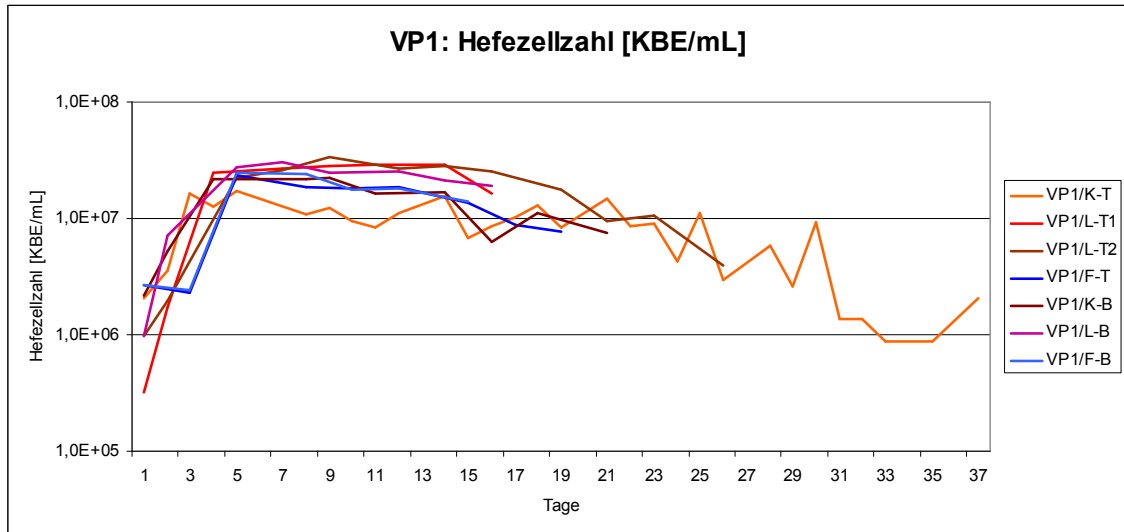


Abbildung 49: VP1: Hefezellzahl in KBE/mL

4.3.8 VP1: Endwerte der Gärung

In

Tabelle 16 sind die Endwerte (Alkoholgehalt, reduzierende Zucker und Mostgewicht) der Gärung für VP1 angegeben:

Tabelle 16: Endwerte der Gärung von VP1

	Alkoholgehalt	reduzierende Zucker	Mostgewicht
	%-vol.	g/L	°Oe
VP1/K-T1	8,1	5,7	19,0
VP1/K-T2	8,3	3,4	18,0
VP1/K-B1	8,3	1,3	17,0
VP1/K-B2	8,3	1,2	17,0
VP1/L-T1	8,4	2,1	18,0
VP1/L-T2	8,0	6,2	19,0
VP1/L-B1	8,4	1,7	18,0
VP1/L-B2	8,4	1,4	18,0
VP1/F-T1	7,9	6,4	18,0
VP1/F-T2	7,9	6,5	18,0
VP1/F-B1	8,0	3,2	18,0
VP1/F-B2	7,8	6,7	20,0
VP1/C-T1	7,6	16,6	20,0
VP1/C-T2	7,2	21,3	21,0
VP1/C-B1	7,2	18,2	18,0
VP1/C-B2	7,1	18,3	18,0

4.3.9 Besonderheiten bei VP1: Cremanti

Beim Versuchsansatz mit der Hefe CREMANTI® kommt es zu unerwarteten Vorfällen. Am dritten Tag der Variante VP1/C werden bei den Probenahmen von VP1/C-T1 vier Kügelchen mit abgelassen. Da bei der Probenahme und Öffnen des Hahnes der Most und somit auch die immobilisierten Hefekugeln aufgewirbelt werden, können diese Kugeln so in den Ausflusshahn und somit in die Probeflüssigkeit gelangen. Weiters ist zu bemerken, dass der unvergorene Most am siebenten Tag der Gärung trüb ist. Bei genauerer Betrachtung (Abbildung 50) ist festzustellen, dass einige beige, unregelmäßig große Teile in der Probeflüssigkeit zu finden sind. Die Membran der umkapselten Hefe ist aufgebrochen und die Hefe ist ausgetreten und so entsteht die Trübung. Die Probenahme über den Hahn am Tank verläuft nicht mit kontinuierlicher Geschwindigkeit, wie bei den anderen Varianten. Die Bruchstücke der Membran haben wahrscheinlich das Ausflussloch des Tanks verlegt. Diese Beobachtungen sind bei einem Überdruck von 6,6 bar in Tank 1 und bei 6,2 bar in Tank 2 zu beobachten. Das Mostgewicht laut Refraktometer beträgt zu diesem Zeitpunkt jeweils 40°Oe (Tank 1), 41°Oe (Tank 2), 42°Oe (Getränkefass 1), 43°Oe (Getränkefass 2).

Die Gärung und der Versuchsansatz laufen weiter und werden in weiterer Folge wie die anderen Moste filtriert, geschwefelt und abgefüllt.

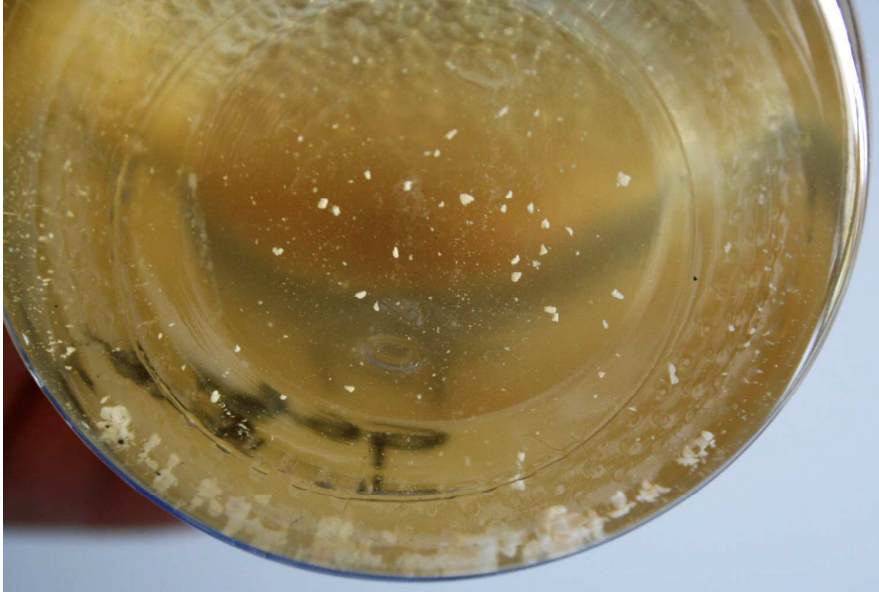


Abbildung 50: ungleich große beige Teilchen - aufgebrochene Membrankapsel in der Probeflüssigkeit von VP1/C-B1

4.3.10 VP1: Sensorische Prüfungen mit erweitertem Dreieckstest

An den sensorischen Prüfungen für VP1 mit erweitertem Dreieckstest nehmen entweder fünf oder sechs geschulte Prüfer teil. Die Ergebnisse sind aus den Tabelle 17 und Tabelle 18 zu entnehmen.

Zwischen den Wiederholungen der Varianten mit den Trockenreinzuchthefepräparaten OENOFERM® KLOSTERNEUBURG, OENOFERM® FREDDO und CREMANTI® werden keine signifikanten Unterschiede erkannt. Zwischen den Wiederholungen der Variante VP1/L erkennen die Prüfer einen Unterschied, der aber im erweiterten Dreieckstest keine signifikante Bevorzugung zeigt. VP1/L-T1 hat einen Restzuckergehalt (reduzierende Zucker) laut FTIR von 2,1 g/L, VP1/L-T2 hingegen 6,2 g/L. Die Unterschiede der Endzuckergehalte sind vermutlich der Grund wieso ein Unterschied zwischen VP1/L-T1 und VP1/L-T2 erkannt wird.

Bei den Serien 36 bis 50 wird jeweils die Drucktankvariante mit der Variante im Getränkefass verglichen. Die sechs Prüfer erkennen einen Unterschied zwischen Tank und Getränkefass, es wird jedoch kein Most signifikant bevorzugt.

Tabelle 17: Teil 1 der Ergebnisse der sensorischen Prüfungen mittels erweitertem Dreieckstest von VP1, $\alpha=0,05$ (Wh.=Wiederholung, 0=nicht unterschiedlich, 1= unterschiedlich, K=Koster)

verglichen werden	Seriennr.	Wh.	K1	K2	K3	K4	K5	K6	SUMME	Gesamtsumme der richtigen	Signifikanzprüfung	Präferenz für	
VP1/K-T1 : VP1/K-T2	Serie 1	1	0	0	1	0	1		2	4	kein signifikanter Unterschied erkennbar		
	Serie 2	2	1	0	0	0	0		1				
	Serie 3	3	0	0	1	0	0		1				
VP1/K-B1 : VP1/K-B2	Serie 4	1	0	1	0	0	0		1	5	kein signifikanter Unterschied erkennbar		
	Serie 5	2	1	0	1	1	0		3				
	Serie 6	3	0	0	1	0	0		1				
VP1/F-T1 : VP1/F-T2	Serie 10	1	0	1	0	0	0		1	6	kein signifikanter Unterschied erkennbar		
	Serie 11	2	1	0	1	1	0		3				
	Serie 12	3	0	1	1	0	0		2				
VP1/F-B1 : VP1/F-B2	Serie 13	1	1	0	0	1	0		2	6	kein signifikanter Unterschied erkennbar		
	Serie 14	2	1	1	0	0	0		2				
	Serie 15	3	0	1	0	0	1		2				
VP1/L-T1 : VP1/L-T2	Serie 42	1	1	1	1	1	1	1	6	17	signifikanter Unterschied erkennbar	T1	7
	Serie 43	2	1	1	1	1	1	1	6			T2	10
	Serie 44	3	1	1	1	0	1	1	5			=> keine Bevorzugung	
VP1/L-B1 : VP1/L-B2	Serie 7	1	1	0	0	0	0		1	2	kein signifikanter Unterschied erkennbar		
	Serie 8	2	0	0	0	0	0		0				
	Serie 9	3	0	0	1	0	0		1				

Tabelle 18: Teil 2 der Ergebnisse der sensorischen Prüfungen mittels erweitertem Dreieckstest von VP1, $\alpha=0,05$ (Wh.=Wiederholung, 0=nicht unterschiedlich, 1= unterschiedlich, K=Koster)

verglichen werden	Seriennr.	Wh.	K1	K2	K3	K4	K5	K6	SUMME	Gesamtsumme der richtigen	Signifikanzprüfung	Präferenz für	
VP1/C-T1 : VP1/C-T2	Serie 28	1	1	1	1	0	1	0	4	5	kein signifikanter Unterschied erkennbar		
	Serie 29	2	0	0	0	1	0	0	1				
	Serie 31	3	0	0	0	0	0	0	0				
VP1/C-B1 : VP1/C-B2	Serie 30	1	0	0	0	0	0	0	0	5	kein signifikanter Unterschied erkennbar		
	Serie 32	2	1	1	1	0	0	0	3				
	Serie 33	3	0	0	0	1	0	1	2				
VP1/K-T : VP1/K-B	Serie 36	1	0	1	0	1	1	1	4	14	signifikanter Unterschied erkennbar	T	10
	Serie 37	2	0	1	0	1	1	1	4			B	4
	Serie 38	3	1	1	1	1	1	1	6			=> keine Bevorzugung	
VP1/F-T : VP1/F-B	Serie 39	1	1	0	1	1	1	1	5	11	signifikanter Unterschied erkennbar	T	5
	Serie 40	2	1	0	1	0	1	1	4			B	6
	Serie 45	3	0	0	0	1	0	1	2			=> keine Bevorzugung	
VP1/L-T : VP1/L-B	Serie 47	1	0	1	0	0	1	1	3	12	signifikanter Unterschied erkennbar	T	7
	Serie 48	2	0	1	0	1	1	1	4			B	5
	Serie 51	3	1	1	1	0	1	1	5			=> keine Bevorzugung	
VP1/C-T : VP1/C-B	Serie 46	1	1	0	1	1	1	1	5	15	signifikanter Unterschied erkennbar	T	10
	Serie 49	2	1	1	0	1	1	1	5			B	5
	Serie 50	3	1	1	0	1	1	1	5			=> keine Bevorzugung	

4.3.11 VP1: Bewertungen mit unstrukturierter Skala

Die Bewertungen von VP1 mittels unstrukturierter Skala erfolgen mit 5 Prüfern und 3 Wiederholungen. In den Tabelle 19 bis Tabelle 22 werden die Ergebnisse zu den Merkmalen Sauberkeit, Geruch, Mundgefühl und Gesamturteil dargestellt.

Die LSD-Werte sind hoch und kommen durch unterschiedliche Beurteilungen der Prüfer zustande und weil es keine Bevorzungen der Prüfer gibt. Bei allen vier Merkmalen besteht kein signifikanter Unterschied aufgrund der hohen LSD-Werte. Probe 4 (VP1/K-B2) wird bei allen vier Merkmalen mit dem niedrigsten Wert beurteilt und dies immer mit großem Abstand zur nächsten Probe. Gründe dafür könnten ein niedriger Zuckergehalt (1,2 g/L) im Vergleich zum VP1/K-T (3,4 g/L) sein. Bei den Merkmalen Sauberkeit und Geruch werden jeweils die Proben 11, 16 und 8 als die besten gewertet. Diese drei Proben sind alle aus Getränkensässern, hingegen werden die Drucktanks klar niedriger als die Getränkensässer. Bei den Merkmalen Mundgefühl und Gesamturteil erhält die Probe 14 (VP1/C-T2) die höchste Bewertung. Gleich nach der Probe 14 sind dann wieder zwei Getränkensässer gereiht (beim Merkmal Mundgefühl Probe 16 und 11, beim Gesamturteil Probe 11 und 8).

Tabelle 19: Ergebnis der Bewertung von VP1 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test ($\alpha=0,05$), Merkmal Sauberkeit

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
4	VP1/K-B2	37,07		11,78
6	VP1/L-T2	43,82	6,75	
10	VP1/F-T2	46,34	2,52	
1	VP1/K-T1	46,88	0,54	
14	VP1/C-T2	47,46	0,57	
5	VP1/L-T1	49,54	2,08	
11	VP1/F-B1	58,19	8,66	
16	VP1/C-B2	62,47	4,28	
8	VP1/L-B2	62,87	0,40	

Tabelle 20: Ergebnis der Bewertung von VP1 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test ($\alpha=0,05$), Merkmal Geruch

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
4	VP1/K-B2	23,73		8,03
6	VP1/L-T2	30,26	6,53	
10	VP1/F-T2	32,14	1,88	
1	VP1/K-T1	33,04	0,90	
5	VP1/L-T1	33,70	0,66	
14	VP1/C-T2	33,76	0,06	
11	VP1/F-B1	39,60	5,84	
16	VP1/C-B2	40,10	0,50	
8	VP1/L-B2	43,03	2,93	

Tabelle 21: Ergebnis der Bewertung von VP1 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test ($\alpha=0,05$), Merkmal Mundgefühl

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
4	VP1/K-B2	36,27		11,33
1	VP1/K-T1	52,36	16,09	
5	VP1/L-T1	53,36	1,00	
8	VP1/L-B2	54,24	0,88	
6	VP1/L-T2	54,79	0,55	
10	VP1/F-T2	54,84	0,04	
16	VP1/C-B2	58,83	3,99	
11	VP1/F-B1	58,94	0,12	
14	VP1/C-T2	76,04	17,10	

Tabelle 22: Ergebnis der Bewertung von VP1 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test ($\alpha=0,05$), Gesamturteil

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
4	VP1/K-B2	28,01		9,79
5	VP1/L-T1	47,34	19,33	
10	VP1/F-T2	49,95	2,61	
1	VP1/K-T1	50,46	0,51	
16	VP1/C-B2	52,39	1,93	
6	VP1/L-T2	55,12	2,73	
11	VP1/F-B1	55,23	0,11	
8	VP1/L-B2	57,50	2,28	
14	VP1/C-T2	57,84	0,34	

4.4 Ergebnisse von VP2

Im VP2 gibt es für VP2/1 nur einen Versuchsansatz, weil jeder weitere Versuch wegen Bakterienkontamination abgebrochen wird.

4.4.1 VP2: Gärdauer

Bei der Variante VP2/2 wird bei den täglichen Analysen mittels FTIR festgestellt, dass der Zuckerabbau nahezu stagniert (Abbau von 2 g/L reduzierende Zucker in 5 Tagen). Bei VP2/2 werden deshalb die noch nicht vollständig vergorenen Moste aus den Drucktanks entnommen und die Gärung in einem Getränkefass unter Atmosphärendruck beendet. Um anschließend im Getränkefass einen biologischen Säureabbau zu verhindern werden die Moste verfrüht abgezogen. VP2/2-T1 hat einen erhöhten Gehalt an reduzierende Zucker von 6,6 g/L. In Abbildung 51 ist die Gärdauer der verschiedenen Varianten von VP2 dargestellt. VP2/1-B und VP2/2-B haben eine Gärdauer von 9 Tagen. VP2/1-T2 gärt 16 Tage.

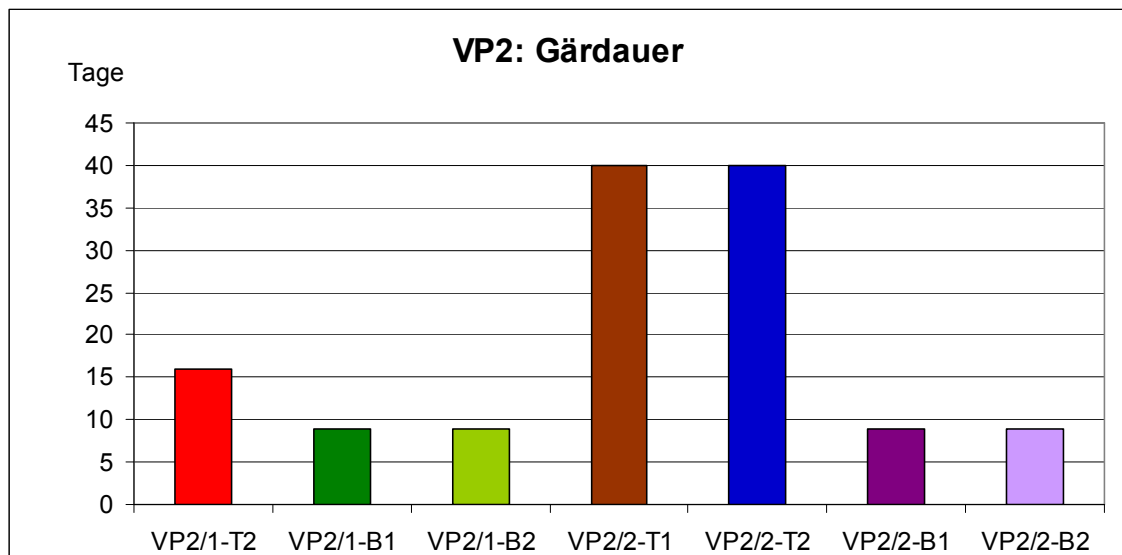


Abbildung 51: VP2: Gärdauer

4.4.2 VP2/1

4.4.2.1 VP2/1: Zuckerabbau

In den Abbildung 52 und Abbildung 53 ist der Zuckerabbau dargestellt, gemessen als reduzierende Zucker in g/L mittels FTIR, und als Mostgewicht in °Oe mittels Refraktometer.

Es ist deutlich zu erkennen, dass VP2/1-T2 langsamer Zucker abgebaut wird, sowohl bei der FTIR-Messung (Abbildung 52) als auch bei der Messung mit

Refraktometer (Abbildung 53). VP2/1-B1 baut schneller Zucker ab als VP2/1-B2, aber gegen Ende der Gärung gleicht sich der Vorsprung von VP2/1-B1 wieder aus.

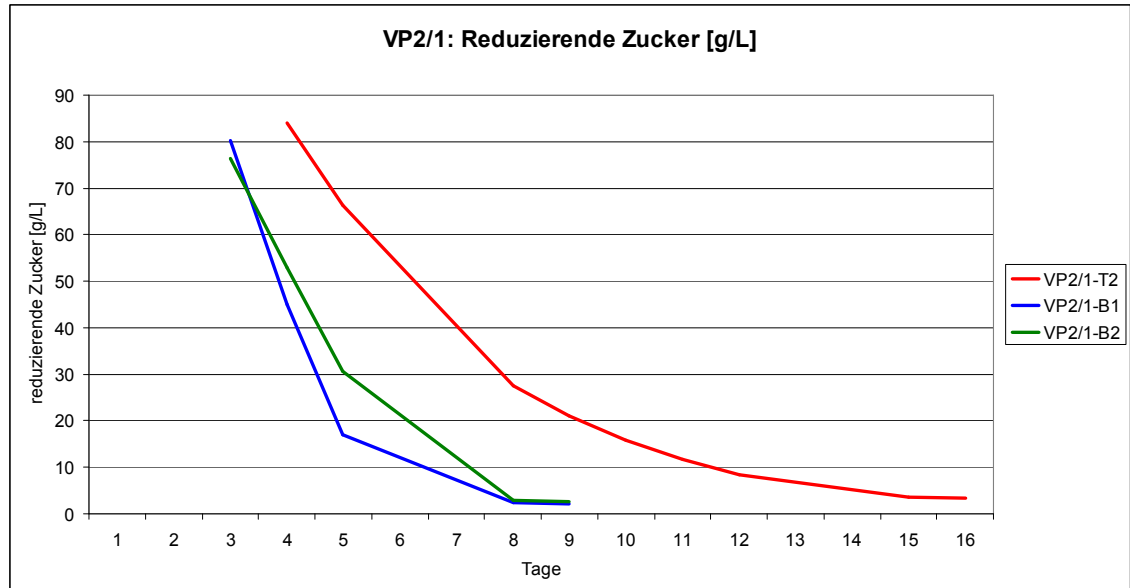


Abbildung 52: VP2/1: reduzierende Zucker [g/L]

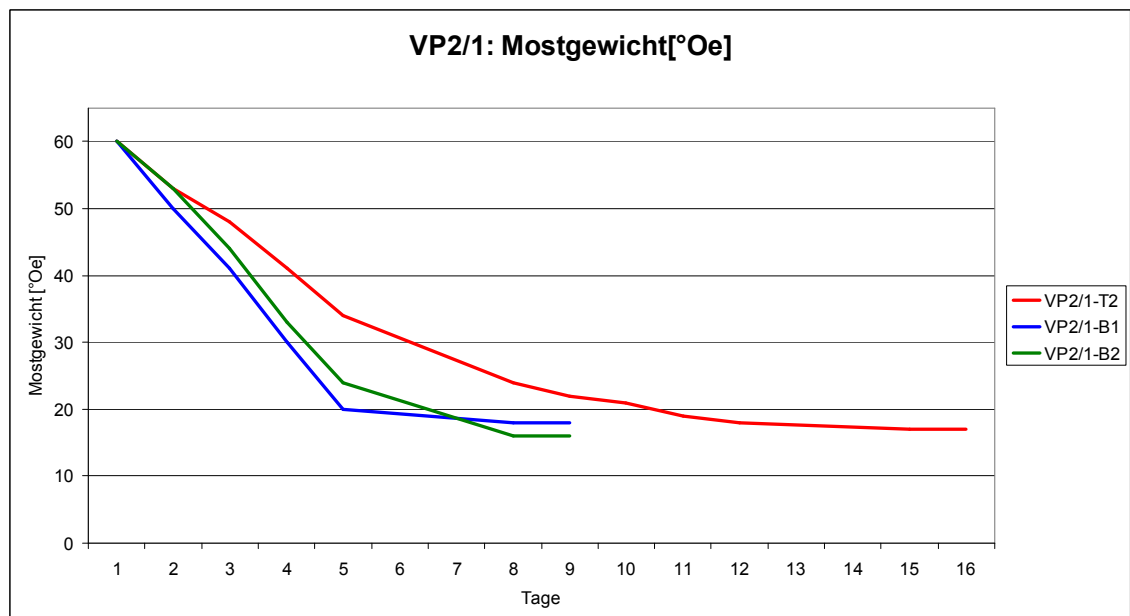


Abbildung 53: VP2/1: Mostgewicht [°Oe]

4.4.2.2 VP2/1: Alkoholgehalt

Indirekt proportional zum Zuckerabbau verhält sich der Alkoholaufbau (Abbildung 54). Die Kurve von VP2/1-B1 steigt am steilsten. VP2/1-T2 gärt langsamer und länger als VP2/1-B. Die maximal erreichten Alkoholgehalte betragen bei VP2/1-T2 7,7 %-vol., für VP2/1-B1 und VP2/1-B2 jeweils 7,4 und 7,5 %-vol..

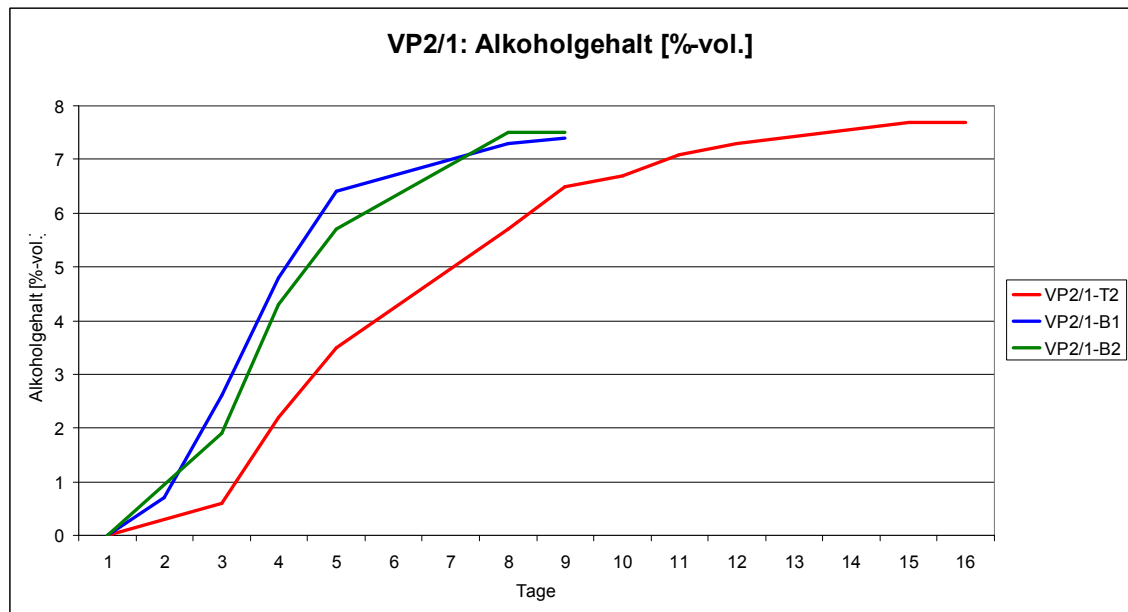


Abbildung 54: VP2/1: Alkoholgehalt [%-vol.]

4.4.2.3 VP2/1: Hefezellzahl

In Abbildung 55 wird die Entwicklung der Hefezellzahl von VP2/1 von Drucktank 2 den Getränkefässern gegenüber gestellt. Sehr auffällig ist das steile Ansteigen der Hefezellzahl bei VP2/1-B1. VP2/1-B2 und VP2/1-T2 verhalten sich sehr ähnlich obwohl beim VP2/1-T2 der Druck stärker variiert. Gegen Ende der Gärung nimmt die Hefezellzahl nur bei VP2/1-T2 langsam ab. Bei VP2/1-B1 und VP2/1-B2 ist der Höhepunkt der Hefezellzahl gegen Ende der Gärung erreicht, was sehr untypisch ist, da es keine Verzögerungs- und stationäre Phase gibt. Die maximale Hefezellzahl beträgt bei VP2/1-B1 $3,30 \times 10^8$ KBE/mL und bei VP2/1-B2 $2,03 \times 10^7$ KBE/mL.

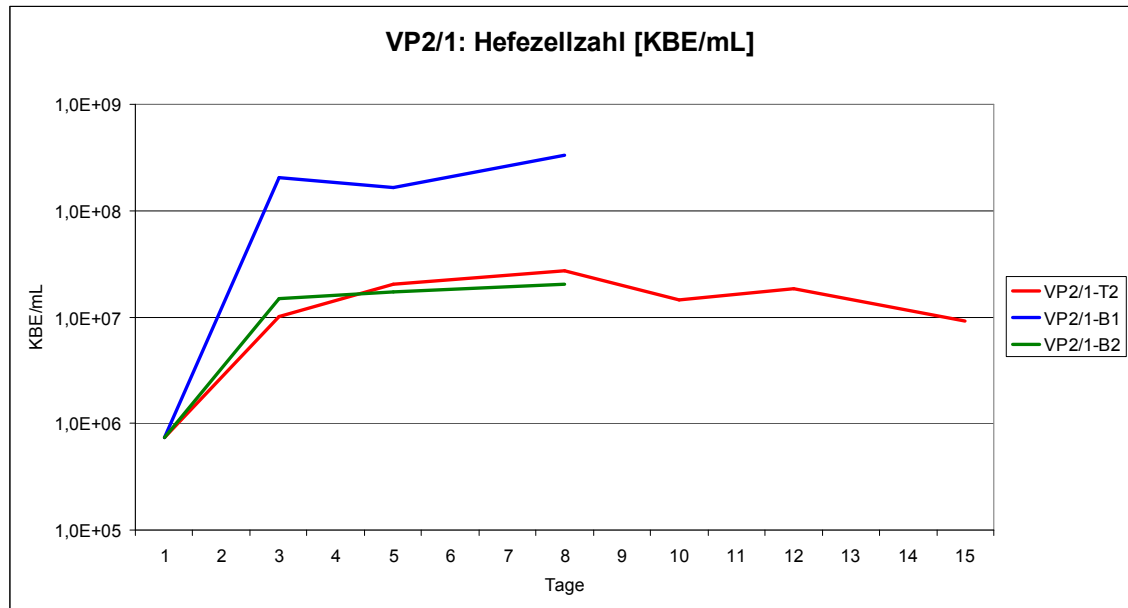


Abbildung 55: VP2/1: Hefezellzahl [KBE/mL]

4.4.2.4 VP2/1: Vergleich Zuckerabbau und Druckaufbau und Zuckerabbau und Hefezellzahl

In Abbildung 56 ist der Einfluss der Regulierung des Überdrucks auf das Mostgewicht dargestellt. Die Hefezellzahl entwickelt sich unabhängig vom Zuckerabbau, d.h. auch die ständige Einstellung auf 10 bar Überdruck ab dem achten Gärtag bringt keinen Gärstopp. Die Kurve wird flacher, aber der Zuckerabbau läuft stetig weiter.

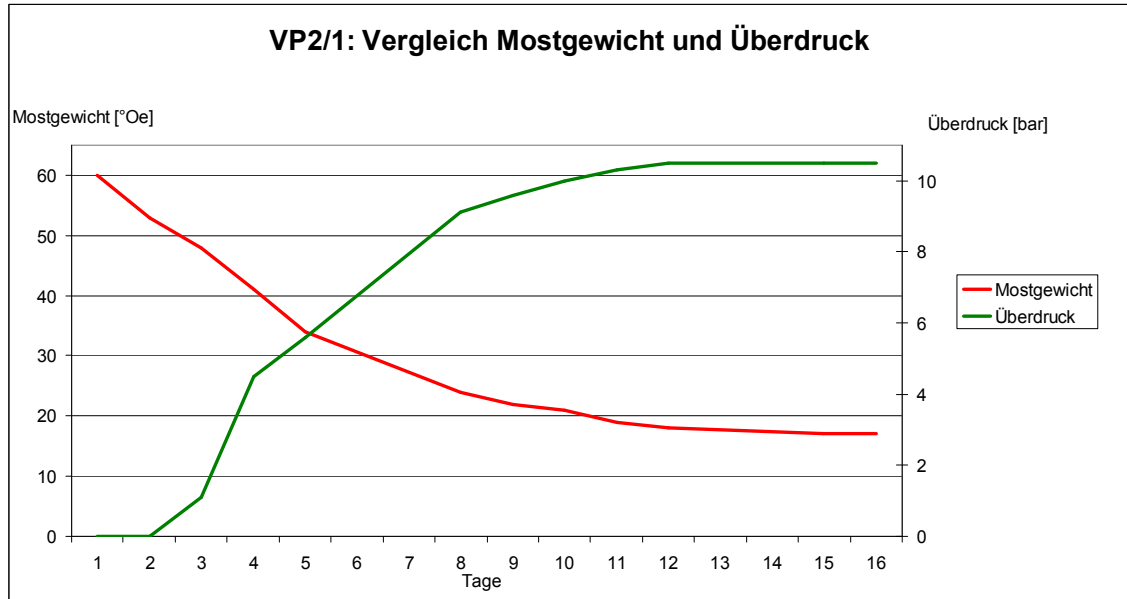


Abbildung 56: VP2/1: Vergleich Mostgewicht und Überdruck bei VP2/1-T2

Die Hefezellzahl entwickelt sich (Abbildung 57) unabhängig vom Mostgewicht. Das Maximum ist am achten Tag erreicht, $2,73 \times 10^7$ KBE/mL. Am zwölften Tag gibt es einen erneuten Aufschwung, der aber nicht mit dem Mostgewicht zusammen hängt.

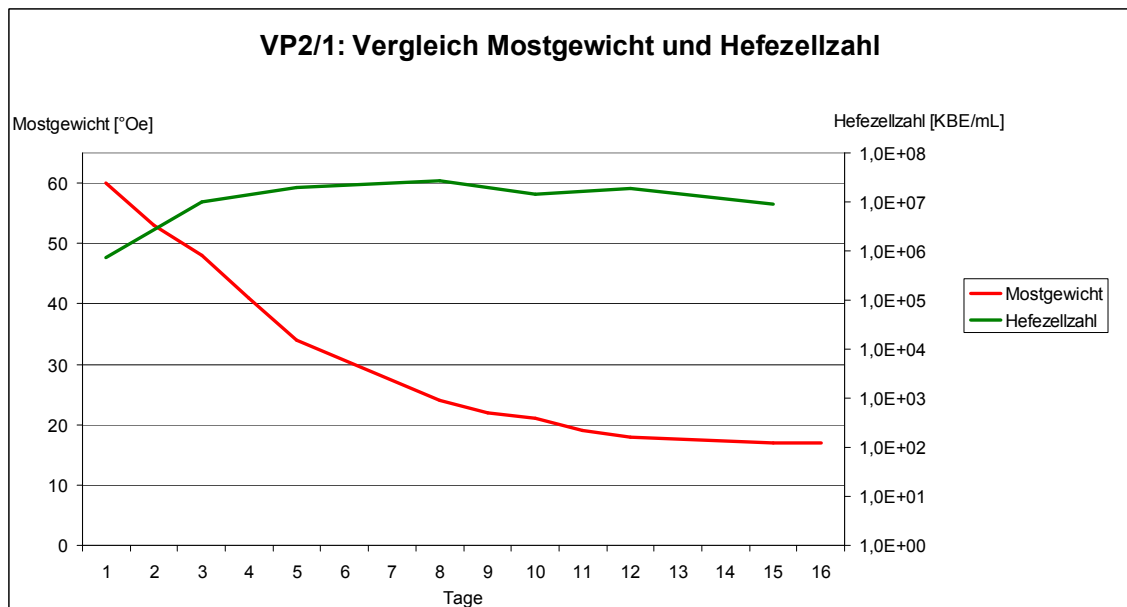


Abbildung 57: VP2/1: Vergleich Mostgewicht und Hefezellzahl bei VP2/1-T2

4.4.3 VP2/2

4.4.3.1 VP2/2: Zuckerabbau

Abbildung 58 und Abbildung 59 zeigen den Zuckerabbau von VP2/2. Sowohl bei der Messung mit FTIR (Abbildung 58) als auch bei der mit Refraktometer (Abbildung 59) ergibt sich, dass sich VP2/2-T und VP2/2-B unterschiedlich verhalten. VP2/2-B1 und VP2/2-B2 verlaufen nahezu identisch. Die Kurven von VP2/2-T1 und VP2/2-T2 sind ebenfalls sehr ähnlich, wobei VP2/2-T2 etwas schneller als VP2/2-T1 arbeitet.

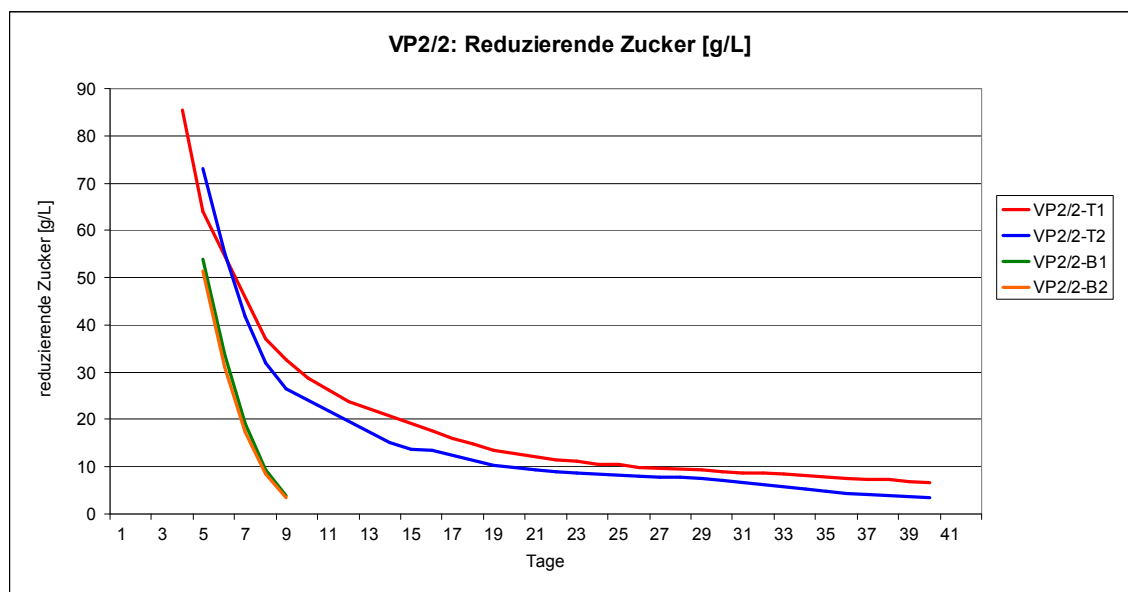


Abbildung 58: VP2/2: reduzierende Zucker [g/L]

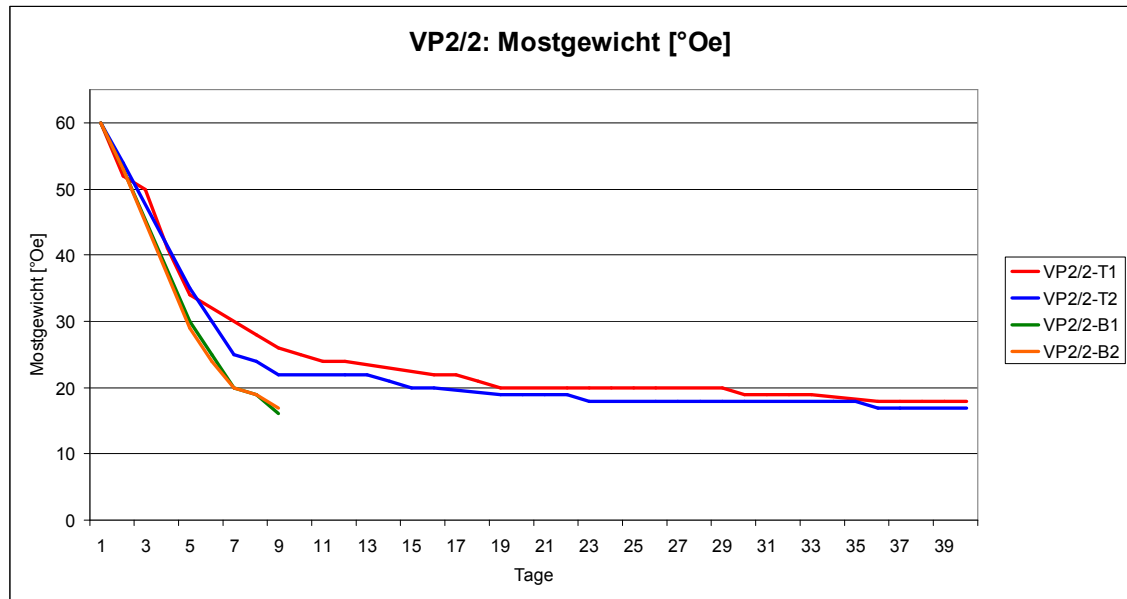


Abbildung 59: VP2/2: Mostgewicht [°Oe]

4.4.3.2 VP2/2: Alkoholgehalt

Die Entwicklung des Alkoholgehaltes ist in Abbildung 60 dargestellt. Die Wiederholungen von VP2/2-B gären weitaus schneller als jene von VP2/2-T. Bei VP2/2-T1 und VP2/2-T2 kommt es zu leichten Schwankungen ab dem 24. Tag.

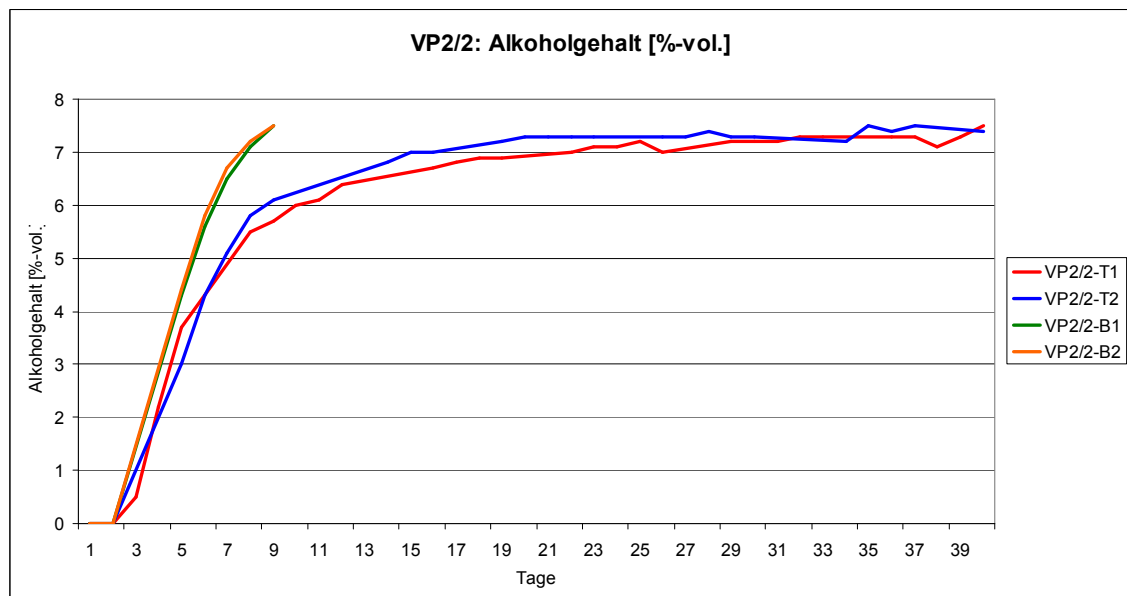


Abbildung 60: VP2/2: Alkoholgehalt [%-vol.]

4.4.3.3 VP2/2: Hefezellzahl

Das Gärsubstrat von VP2/2-T1 wird am 32. Tag in ein Getränkefass überführt und dort wird der Versuch weiter geführt. Das gleiche geschieht bei VP2/2-T2 am 27. Tag. Obwohl diese Maßnahmen gesetzt werden, verändert sich die Hefezellzahl (Abbildung 61) nicht wesentlich.

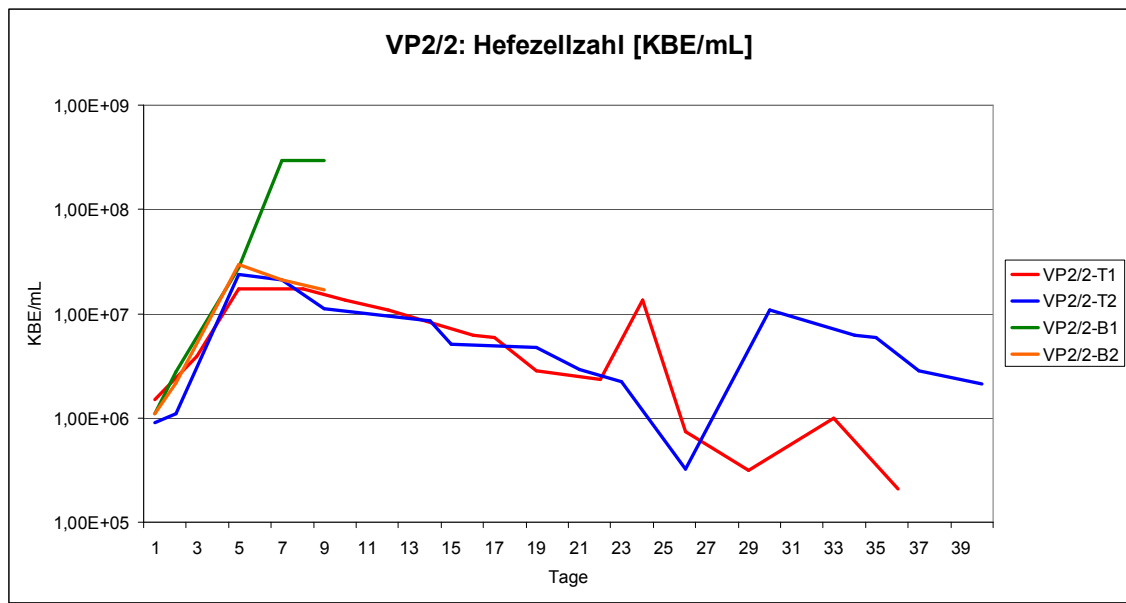


Abbildung 61: VP2/2: Hefezellzahl [KBE/mL]

4.4.3.4 VP2/2: Vergleich Zuckerabbau und Druckaufbau und Zuckerabbau und Hefezellzahl

In Abbildung 62 wird für die VP2/2-T1 die Auswirkung der Regulierung des Überdrucks auf das Mostgewicht dargestellt. Sobald der Überdruck auf 15 bar angehoben wird, hat dies Einfluss auf das Mostgewicht und die Kurve wird flacher. Durch ein Absenken des Überdrucks auf 7,5 bar soll der Zuckerabbau wieder beschleunigt werden, jedoch die Kurve wird noch flacher und der Zuckerabbau noch langsamer. Zwischen 19. und 29. Tag stagniert der Zuckerabbau und hält bei 20°Oe. In dieser Zeit regeneriert sich die Hefe (Abbildung 63) und vermehrt sich (bis zu maximal $1,35 \times 10^7$ KBE/mL) und anschließend fällt die Hefezellzahl wieder. Durch ein weiteres Absenken des Überdrucks hätte sich die Hefe vielleicht wieder regeneriert. Am 32. Tag wird das Gärsubstrat aus dem Drucktank entnommen. Diese Entscheidung wird

getroffen um einem BSA vorzubeugen. Das Gärsubstrat regeneriert sich nicht vollständig im Getränkefass und wird schließlich nach acht Tagen abgezogen und geschwefelt.

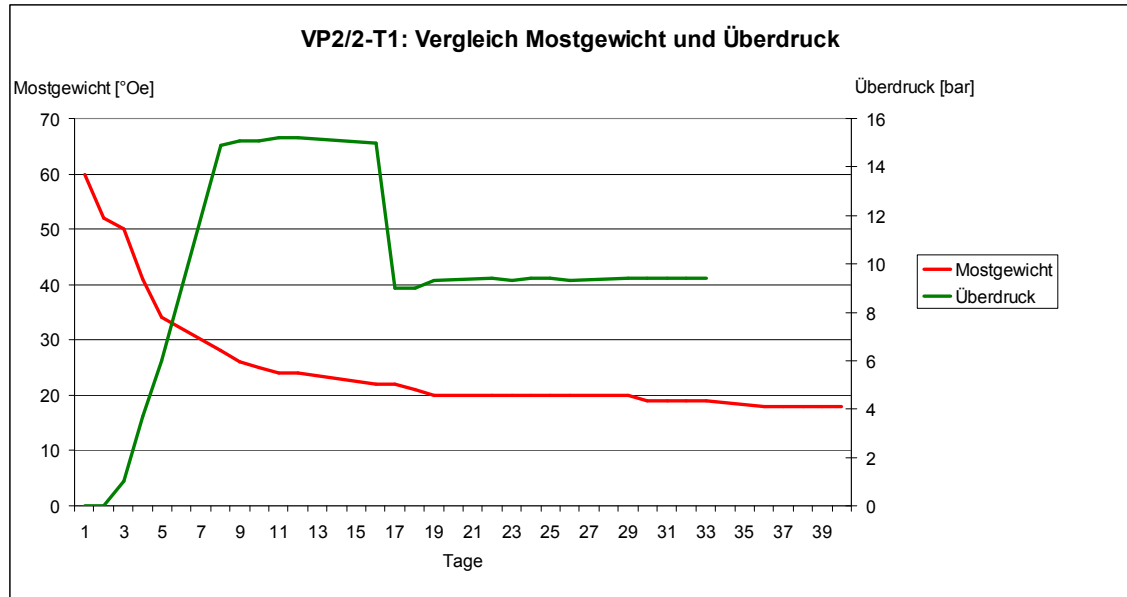


Abbildung 62: VP2/2-T1: Vergleich Mostgewicht und Überdruck

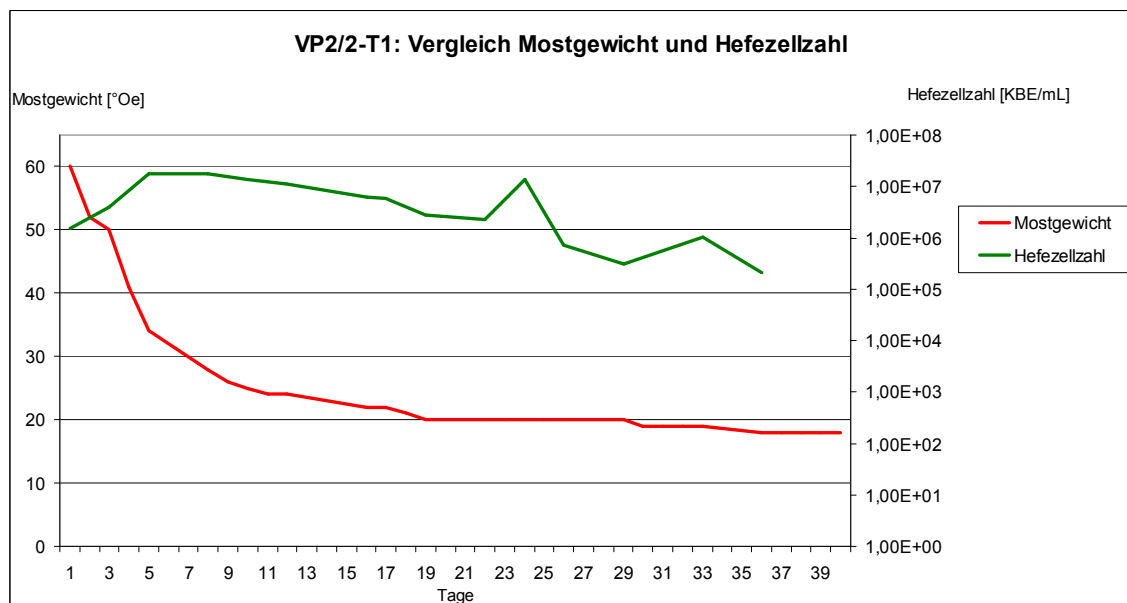


Abbildung 63: VP2/2-T1: Vergleich Mostgewicht und Hefezellzahl

In Abbildung 64 ist der Einfluss der Erhöhung des Überdrucks auf den Zuckerabbau für VP2/2-T2 dargestellt. Das Anheben des Überdrucks lässt auch hier den Zuckerabbau verlangsamen. Die Druckregulierung ist hier nicht so fehlerfrei möglich wie bei VP2/2-T1. Das Gärsubstrat wird am 27. Tag aus dem

Drucktank entnommen um auch hier einem BSA vorzubeugen. Dieser VP2-T2 gärt auch im Getränkefass fertig und bleibt konstant. Somit ist eine Regulierung des Überdrucks nicht so leicht. Es kann sein, dass sich das Gärsubstrat im Getränkefass erholt und die Hefen wieder beginnen sich zu vermehren (Abbildung 65). Weil nicht mehr genügend Zucker vorhanden ist, fällt die Kurve der Hefezellzahl wieder.

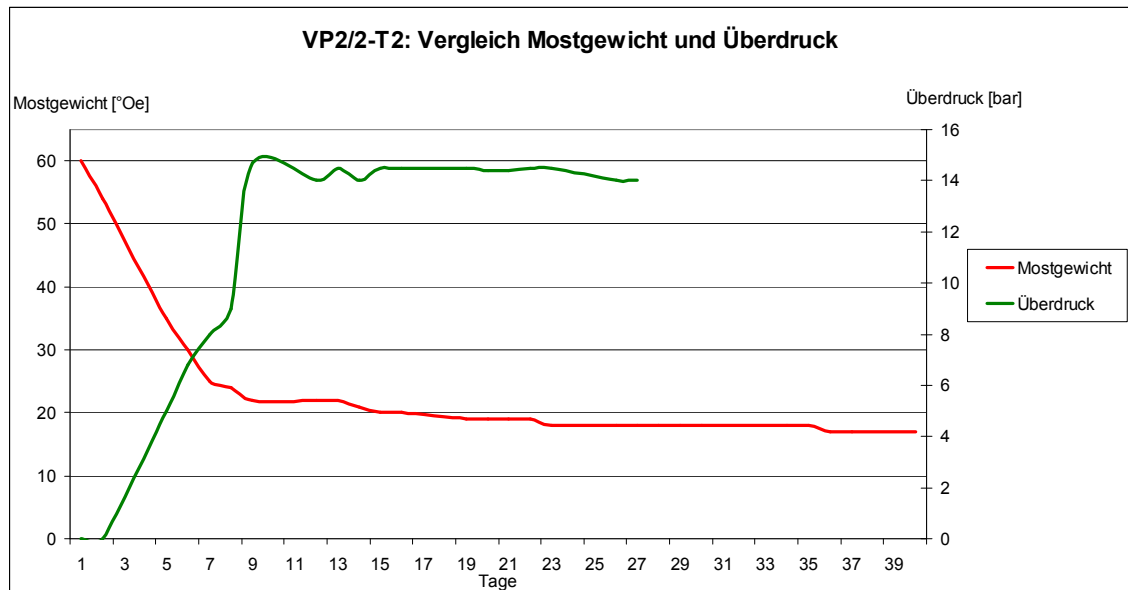


Abbildung 64: VP2/2-T2: Vergleich Mostgewicht und Überdruck

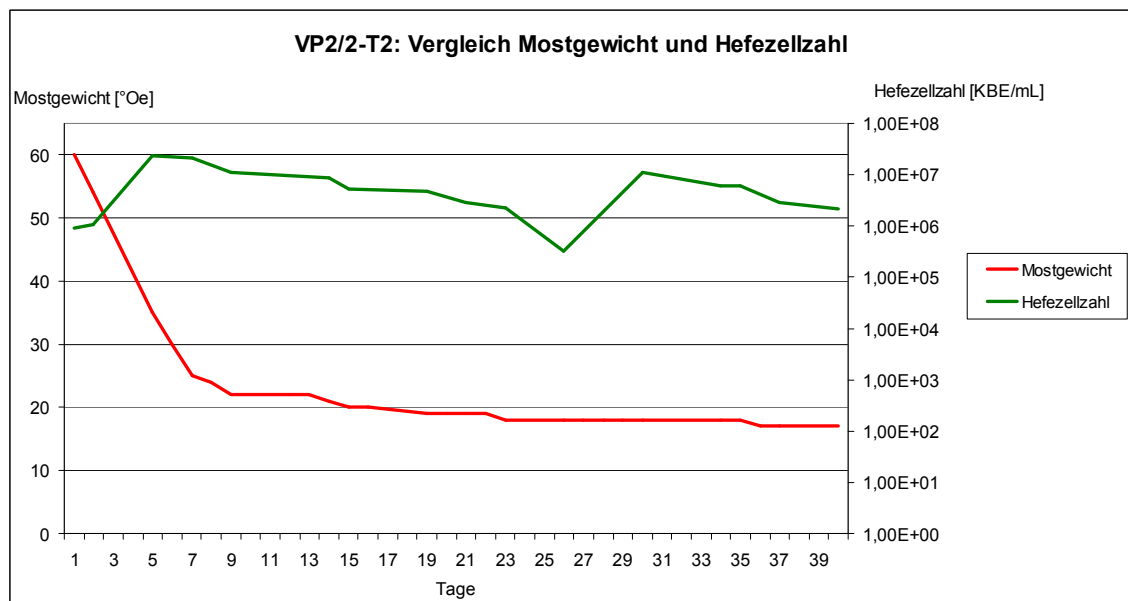


Abbildung 65: VP2/2-T2: Vergleich Mostgewicht und Hefezellzahl

4.4.4 VP2: Endwerte der Gärung

In Tabelle 23 sind die Endwerte (Alkoholgehalt, reduzierende Zucker und Mostgewicht) der Gärung für VP2 angegeben:

Tabelle 23: Endwerte der Gärung von VP2

	Alkoholgehalt	reduzierende Zucker	Mostgewicht
	%-vol.	g/L	°Oe
VP2/1-T2	7,7	3,3	17,0
VP2/1-B1	7,4	2,1	18,0
VP2/1-B2	7,5	2,6	16,0
VP2/2-T1	7,5	6,6	18,0
VP2/2-T2	7,4	3,5	17,0
VP2/2-B1	7,5	3,8	16,0
VP2/2-B2	7,5	3,4	17,0

4.4.5 VP2: Bewertung mit erweitertem Dreieckstest

Aus Tabelle 24 sind die Ergebnisse der sensorischen Prüfungen mittels erweitertem Dreieckstests von VP2 zu entnehmen.

Fünf Prüfer nehmen an der sensorischen Prüfung teil. Zehn Mal kann beim Vergleich VP2/1-B1 und VP2/1-B2 ein Unterschied festgestellt werden. Ab neun Urteilen ist der Unterschied signifikant. [DERNDORFER, 2010]

Eine Person präferiert VP2/2-B1 und neun Personen entscheiden sich für VP2/2-B2. Diese Bevorzugung ist signifikant. In den Serien 52 bis 54 wird VP2/2-T1 gegen VP2/2-T2 mit sechs Prüfern geprüft. Hier ist wieder ein Unterschied zu erkennen. Es gibt kein eindeutiges Urteil welcher Tank signifikant besser schmeckt. Sieben Mal wird VP2/2-T1 präferiert und sechs Mal VP2/2-T2. Beim Vergleich von VP2/2-B1 gegen VP2/2-B2 in den Versuchsreihen 19 bis 21 prüfen wiederum fünf Prüfer. Sie entscheiden nahezu eindeutig, dass kein Unterschied zwischen den Getränkefässern besteht. Nur ein Mal wird ein Unterschied festgestellt.

Tabelle 24: Ergebnisse der sensorischen Prüfungen mittels erweitertem Dreieckstest von VP2, $\alpha=0,05$ (Wh.=Wiederholung, 0=nicht unterschiedlich, 1= unterschiedlich, K=Koster)

verglichen werden	Seriennr.	Wh.	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	SUMME	Gesamtsumme der richtigen	Signifikanzprüfung	Präferenz für	
VP2/1-B1 : VP2/1-B2	Serie 16	1	1	0	1	0	0		2	10	signifikanter Unterschied erkennbar	B 1	1
	Serie 17	2	1	0	1	1	0		3			B 2	9
	Serie 18	3	1	1	1	1	1		5			=>signifikante Bevorzugung von B2	
VP2/2-T1 : VP2/2-T2	Serie 52	1	1	1	0	1	0	0	3	13	signifikanter Unterschied erkennbar	T 1	7
	Serie 53	2	1	1	1	1	1	1	6			T 2	6
	Serie 54	3	1	1	0	1	1	0	4			=> keine Bevorzugung	
VP2/2-B1 : VP2/2-B2	Serie 19	1	0	0	0	0	0		0	1	kein signifikanter Unterschied erkennbar		
	Serie 20	2	0	0	0	0	1		1				
	Serie 21	3	0	0	0	0	0		0				

4.4.6 VP2: Bewertungen mit unstrukturierter Skala

Die sensorische Prüfung von VP2 mittels unstrukturierter Skala erfolgt mit sechs Prüfern und drei Wiederholungen. In den folgenden Tabelle 25 bis Tabelle 28 werden die Ergebnisse zu den Merkmalen Sauberkeit, Geruch, Mundgefühl und das Gesamturteil dargestellt. Die LSD-Werte sind ungewöhnlich hoch, die durch sehr unterschiedliche Kostwerte zustande kommen. Im Anhang sind die Mittelwerte der Prüfer aufgelistet.

Die Mittelwerte liegen relativ knapp beieinander, somit bestehen nur geringe Differenzen zwischen den einzelnen Varianten von VP2.

Ganz eindeutig zu sehen ist, dass der VP2/1-T2 (=18) bei allen vier Merkmalen am höchsten bewertet wird.

Bei den Merkmalen Sauberkeit (Tabelle 25) und Mundgefühl (Tabelle 27) wird VP2/2-B1 am niedrigsten bewertet. Bei den Merkmalen Sauberkeit (Tabelle 25) und Geruch (Tabelle 26) liegen die Tankvarianten (18, 21, 22) im Vordergrund.

Tabelle 25: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP2 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal Sauberkeit

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
23	VP2/2-B1	110,25		9,84
19	VP2/1-B1	114,47	4,22	
21	VP2/2-T1	116,25	1,79	
20	VP2/1-B2	117,25	1,00	
22	VP2/2-T2	118,12	0,86	
18	VP2/1-T2	121,96	3,85	

Tabelle 26: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP2 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal Geruch

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
20	VP2/1-B2	62,91		11,69
21	VP2/2-T1	63,30	0,40	
19	VP2/1-B1	65,26	1,96	
23	VP2/2-B1	65,47	0,21	
22	VP2/2-T2	66,16	0,68	
18	VP2/1-T2	73,25	7,09	

Bei den Merkmalen Mundgefühl (Tabelle 27) und beim Gesamturteil (Tabelle 28) liegt eine weitere Drucktankvariante (VP2/2-T1=21) an zweiter Stelle. VP2/2-B1 erhält die niedrigste Bewertung bezüglich Mundgefühl.

Tabelle 27: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP2 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal Mundgefühl

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
23	VP2/2-B1	59,01		8,89
22	VP2/2-T2	59,43	0,42	
19	VP2/1-B1	61,11	1,68	
20	VP2/1-B2	63,16	2,05	
21	VP2/2-T1	64,88	1,72	
18	VP2/1-T2	65,40	0,51	

Im Gesamturteil (Tabelle 28) wird VP2/1-T2 (18) am höchsten bewertet. VP2/2-T1 (21) ist mit Abstand am zweitbesten eingestuft.

Tabelle 28: Ergebnis der der sensorischen Prüfung von VP2 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Gesamturteil

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
22	VP2/2-T2	62,89		11,32
19	VP2/1-B1	66,55	3,66	
23	VP2/2-B1	67,09	0,54	
20	VP2/1-B2	67,58	0,49	
21	VP2/2-T1	72,92	5,34	
18	VP2/1-T2	77,64	4,72	

4.4.7 VP2/1-T1

Im VP2 gibt es für VP2/1-T1 drei Gäransätze, die leider nicht geglückt sind.

Bei allen drei Wiederholungen des Ansatzes kommt es zu Bakterienkontaminationen des gärenden Mostes. Das erste Mal ist eine Kontamination ab dem 25. Tag festzustellen und beim zweiten Ansatz ab dem 31. Tag. Beim dritten Versuch treten bereits in der ersten Gärwoche Komplikationen auf. Mittels Gram-Färbung erfolgt eine genauere Bestimmung der Bakterien (Abbildung 66). Es sind mikroskopisch sowohl blaue als auch rote Bakterien zu sehen, das bedeutet dass eine Mischung an diversen Bakterienstämmen entstanden ist.

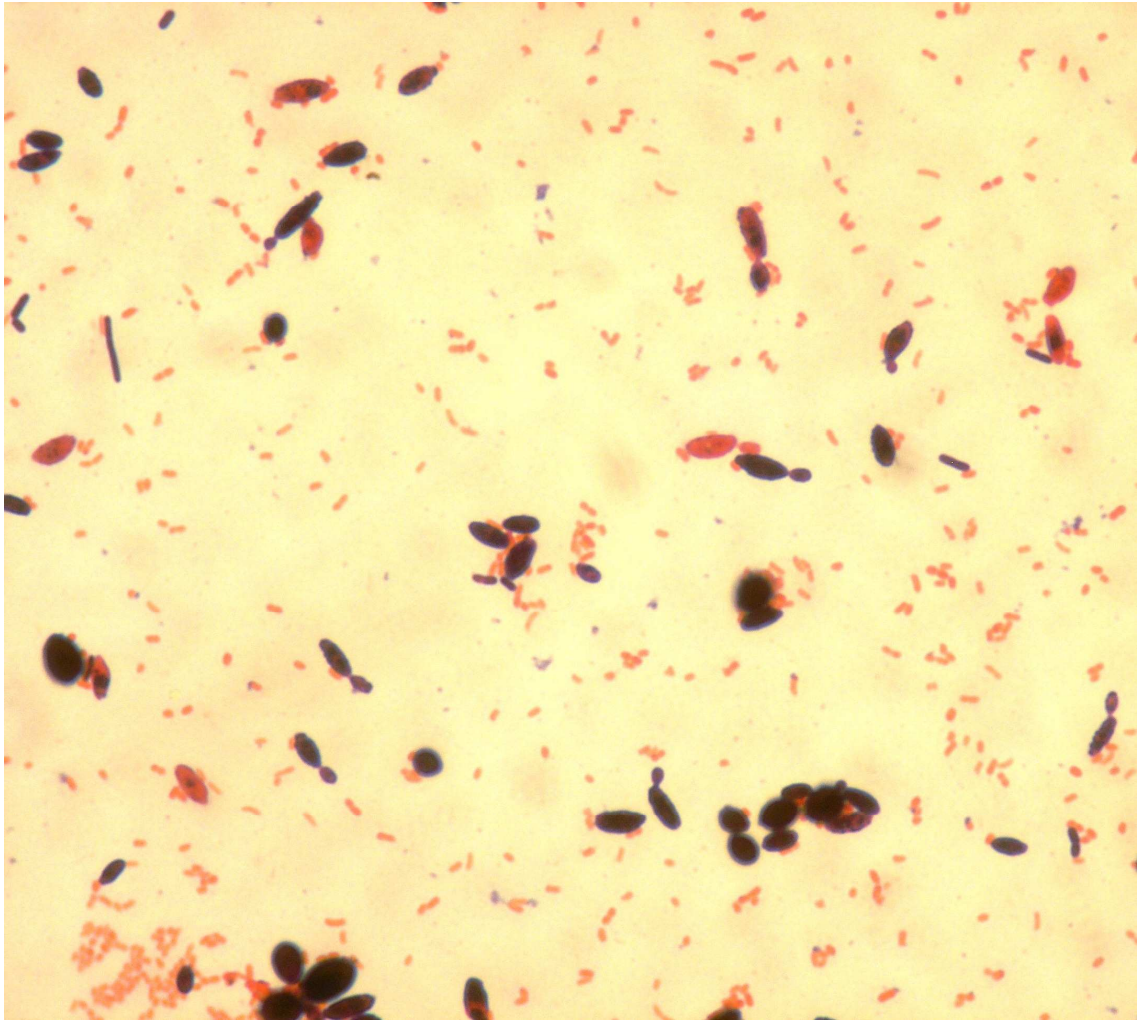


Abbildung 66: VP2/2-T1: mikroskopische Aufnahme des bakterienkontaminierten gärenden Saftes nach Gram-Färbung

Der erste Gäransatz wird abgebrochen weil es am 25. Gärtag zu einer Bakterienkontamination (Abbildung 67 und Abbildung 68) kommt, die bei den mikrobiologischen Auswertungen auffällt. Die Bakterien wachsen bereits am 18. Tag. Der endgültige Versuchsabbruch erfolgt erst sieben Tage später.



Abbildung 67: VP2/1-T1, Verdünnungsstufe 1, mit Bakterienkontamination (grüne Kolonien)



Abbildung 68: VP2/1-T1, Verdünnungsstufe 2, mit Bakterienkontamination (grüne Kolonien)

In den Tabelle 29 und Tabelle 30 sind die Werte des Versuchsansatzes von VP2 aufgelistet, die wegen Bakterienkontaminationen abgebrochen werden müssen.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Hefe durch den Einsatz von Überdruck nicht vermehrt. Stattdessen sinkt die Hefezellzahl ab. Jedoch ist ein langsamer Zuckerabbau (Tabelle 29) anhand Refraktormetermessung in °Oe zu bemerken. Die FTIR-Messungen zeigen nach anfänglichen Ungenauigkeiten, die in diesem Ansatz länger andauern als bei den anderen Versuchsplänen, auch einen Zuckerabbau. Jedoch am deutlichsten ist das langsame Arbeiten der Hefe am Aufbau des Alkoholgehaltes zu sehen. Erst nach 19 Tagen ist ein Alkoholgehalt von 1,0 %-vol. erreicht. Diese Ergebnisse könnten weitere Versuche mit den Drucktanks anregen.

Beim zweiten Ansatz (Tabelle 30) steigt die Hefezellzahl an, stagniert und fällt ab dem 15. Gärtag. In den ersten drei Tagen verläuft die Gärung wie in einem Getränkefass. Erst dann tritt eine Verlangsamung ein. Der Alkoholgehalt erhöht sich wesentlich schneller als beim ersten fehlerhaften Versuchsansatz und der Zucker wird auch schneller abgebaut. Ab dem 15. Tag verläuft die Gärung nur mehr sehr langsam. Sobald ab dem 26. Tag der Überdruck auf 7,5 bar

erniedrigt wird, steigt die Hefezellzahl. Die Erhöhung des Alkoholgehalts verläuft nur schleppend und ebenso der Zuckerabbau.

Tabelle 29: Werte für einen Versuchsansatz von VP2, der wegen Bakterienkontamination abgebrochen wird

Tag	Temperatur [°C]	Druck [bar]	Mostgewicht [°Oe]	Reduzierende Zucker [g/L]	Alkoholgehalt [%-vol.]	Hefezellzahl [KBE/mL]	Bemerkung
1	20	10	63	120,3	0,0	1,77E+06	erhöhen auf 10 bar
2	20						
3	20						
4	20	7,5	56	112,4	0,0	5,08E+05	
5	20	9,5	56	116,2	0,1		
6	20	9,5	55	119,6	0,2	1,86E+05	erhöhen auf 15 bar
7	20	12,5	55	121,6	0,3		
8	20	13,6	54	123,3	0,3	1,18E+05	erniedrigen auf 7,5 bar
9	20						
10	20						
11	20	7,3	54	124,0	0,5	1,04E+05	
12	20	7,2	54	123,4	0,5		
13	20	7,0	54	123,2	0,6	6,18E+04	
14	20	7,0	54	122,8	0,6		erniedrigen auf 3,5 bar
15	20	4,5	54	121,2	0,7	1,70E+05	
16	20						
17	20						
18	20	4,4	53	118,1	0,9		erstmaliges Auftreten von Bakterien
19	20	4,5	53	117,1	1,0		
20	20	4,7	52	115,3	1,1		
21	20	4,7	52	114,1	1,2		
22	20	4,7	52	112,2	1,3		
23	20						
24	20						
25	20						Abbruch wegen Bakterienkontamination

Tabelle 30: Werte für einen erneuten Versuchsansatz von VP2, der wegen Bakterienkontamination abgebrochen wird

Tag	Temperatur [°C]	Druck [bar]	Mostgewicht [°Oe]	Reduzierende Zucker [g/L]	Alkoholgehalt [%-vol.]	Hefezellzahl [KBE/mL]	Bemerkung
1	20		60	120,3	0	7,4E+05	erhöhen auf 10 bar
2	20	10	54				
3	20	10	49	89,3	0,7	1,14E+07	
4	20	10	48	88	1,2		
5	20	10	44	86,2	1,6	9,23E+06	
6	20						
7	20						
8	20	10,8	42	80,8	2,4	1,46E+07	
9	20	11	40	79,4	2,6		
10	20	11,1	40	78,1	2,7	1,04E+07	
11	20	11,3	39	77,0	2,8		
12	20	11,5	38	75,4	3,0	1,21E+07	
13	20						
14	20						
15	20	11,5	37	71,9	3,2	3,86E+06	
16	20	11,4	37	70,7	3,3		
17	20	10,9	37	70,0	3,3	3,12E+06	
18	20	10,8	37	69,3	3,4		
19	20	10,9	36	68,6	3,4	2,07E+06	
20	20						
21	20						
22	20	12,2	36	67,0	3,5	4,31E+06	
23	20	14,5	35	66,0	3,6		
24	20	14,6	35	66,2	3,5	6,60E+06	
25	20	14,5	35	65,6	3,6		
26	20	14,7	35	65,1	3,7	8,34E+07	erniedrigen auf 7,5 bar
27	20						
28	20						
29	20	9,0	35				
30	20	9,0	35				
31	20	9,0	35	62,6	3,5	3,46E+08	Abbruch wegen Bakterienkontamination

4.5 Ergebnisse von VP3

Bei VP3 wird die Reinzuchtheife OENOFERM® FREDDO bei jeder Variante verwendet. Es werden die Varianten VP3/15 und VP1/F verglichen.

Bei der Gärung mit 15°C unter Atmosphärendruck in den Getränkefässern kommt es zu Schwierigkeiten bezüglich konstanter Gärtemperatur. Deswegen sind Temperaturschwankungen bei VP3/15-B1 und VP3/15-B2 zu bemerken. Die durchschnittliche Gärtemperatur beträgt $17,6 \pm 0,9^\circ\text{C}$ statt 15°C .

4.5.1 VP3: Gärdauer

In Abbildung 69 ist die Gärdauer von VP3 aufgezeigt. Die Gärdauer der einzelnen Wiederholungen ist immer gleich. Bei Gärtemperatur 15°C gären VP3/15-T1 und VP3/15-T2 je 38 Tage und VP3/15-B1 und VP3/15-B2 unter Normaldruck 23 Tage. VP3/20-T1 und VP3/20-T2 gären je 24 Tage und VP3/20-B1 und VP3/20-B2 je 15 Tage. Somit ist beim Vergleich VP3/15-T und VP3/15-B eine Differenz von 15 Tagen zu erkennen und beim weiteren Vergleich VP3/20-T und VP3/20-B eine Differenz von 9 Tagen.

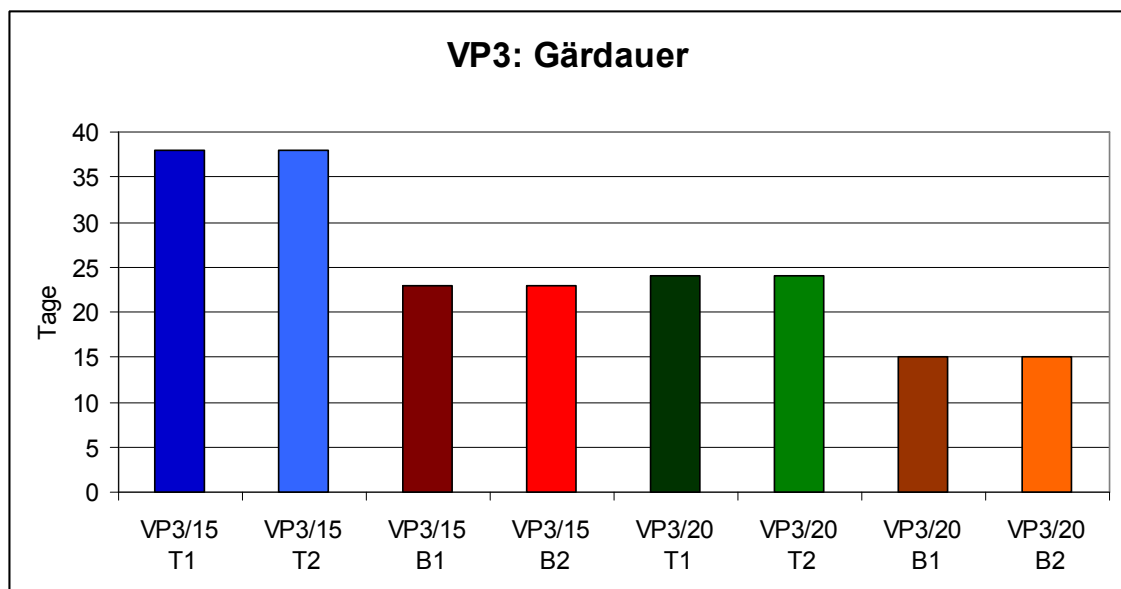


Abbildung 69: VP3: Gärdauer

4.5.2 VP3: Druckverlauf

In Abbildung 70 ist der Druckverlauf von VP3 skizziert. Es ist eindeutig zu erkennen, dass sich bei VP3/15 niedrigerer Druck entwickelt als bei VP3/20. Die Verlaufskurven sind ähnlich. Die Druckdifferenzen lassen sich durch die unterschiedlichen Gärtemperaturen erklären.

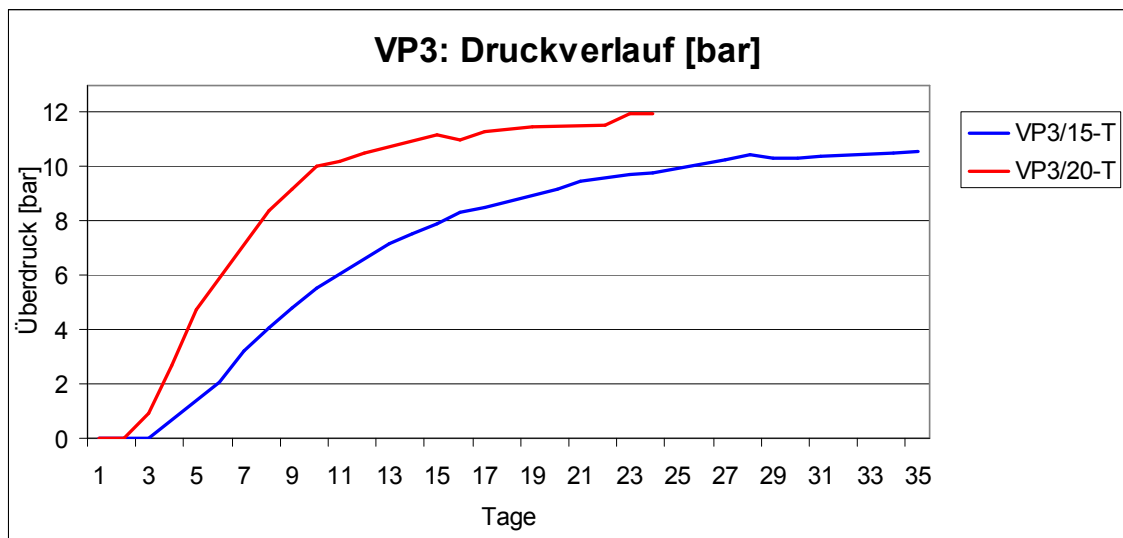


Abbildung 70: VP3: Druckverlauf

In Tabelle 31 ist die Differenz zwischen fünftem und neuntem Tag für den Parameter Überdruck beschrieben. Es ist zu erkennen, dass VP3/20-T weitaus schneller Überdruck in dem beschriebenen Zeitraum aufbaut als VP3/15-T.

Tabelle 31: VP3: Vergleich des Druckaufbaus in bar in den Drucktanks zwischen fünftem und neuntem Tag

VP3: Differenz von 5. bis 9. Tag, Aufbau von Überdruck in bar	
VP3/20-T	VP3/15-T
4,4	2,7

4.5.3 VP3: Maximal erreichter Druck im Tank

In Abbildung 71 sind die maximal erreichten Drucke der Tanks aus VP3 verglichen. Bei VP3/15-T (10,6 bar) wird ein weitaus niedrigerer Maximal-Druck erreicht als bei VP3/20-T (12,0 bar). Die Unterschiede sind durch die Temperaturdifferenz zu erklären.

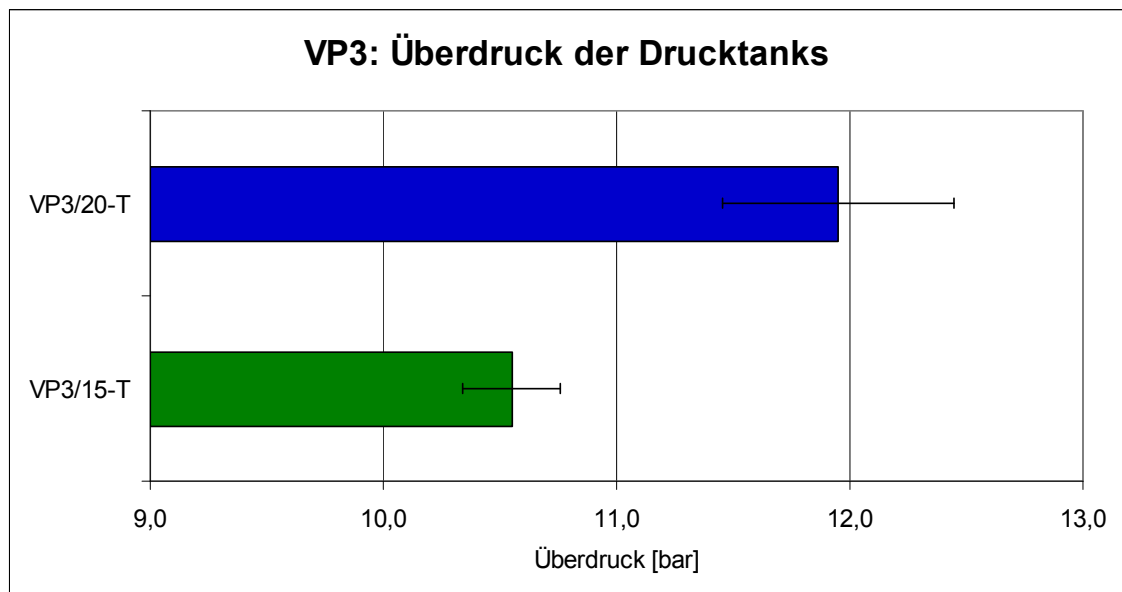


Abbildung 71: VP3: Maximal erreichte Überdrucke der Tanks

4.5.4 VP3: Unterschied zwischen Normaldruck und Überdruck

In den nachfolgenden Abbildungen werden die Varianten im Tank bei Gärtemperatur von je 15 und 20°C mit den Varianten im Getränkefass mit den gleichen Gärtemperaturen verglichen.

4.5.4.1 VP3: Zuckerabbau

In den Abbildung 72 und Abbildung 73 ist der Zuckerabbau dargestellt in einerseits g/L, gemessen mit dem FTIR, und andererseits in °Oe, gemessen mit dem Refraktometer. Die einzelnen Verläufe der Kurven ähneln sich. Die Kurven der Tanks verlaufen zwar flacher aber haben einen ähnlich kontinuierlichen Verlauf als die der Getränkefässer.

Die Variante VP3/15 gärt länger als die Variante VP3/20. Aus Abbildung 72 ist erkennbar, dass der Gehalt an reduzierenden Zucker bei VP3/20-T schneller

abnimmt als bei VP3/15-T. VP3/15-B und VP3/20-B bauen schneller Zucker ab als VP3/15-T und VP3/20-T, wobei VP3/20-B am schnellsten gärt. Gegen Ende der Gärung sind die Verlaufskurven der Tanks eindeutig flacher als jene der Getränkefässer.

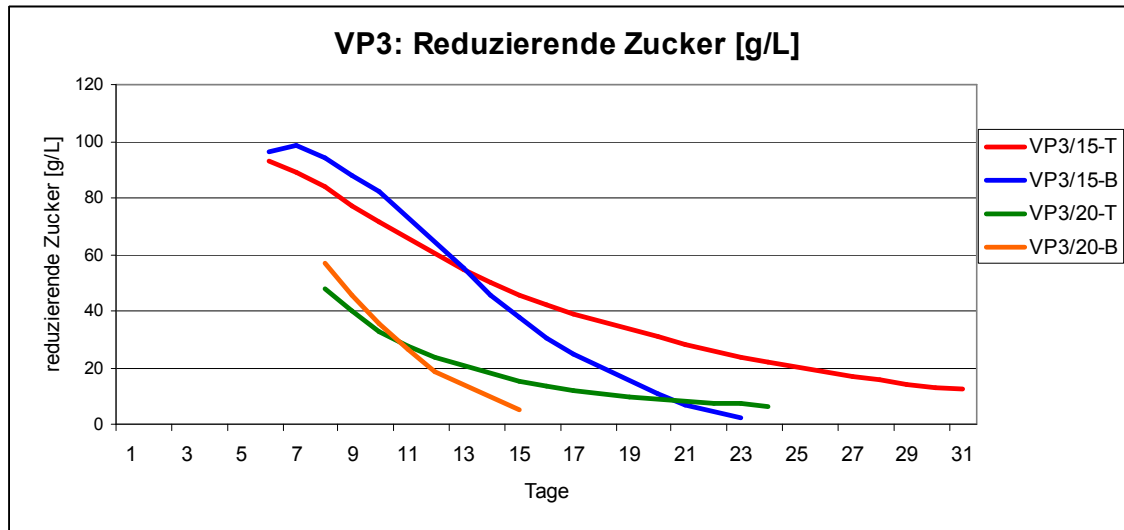


Abbildung 72: VP3: Reduzierende Zucker [g/L]

Aus Abbildung 73 ist zu erkennen, dass die Linien konform sind mit denen aus Abbildung 72. VP3/15-T gärt am längsten. VP3/20-T und VP3/20-B sind am schnellsten fertig gegoren.

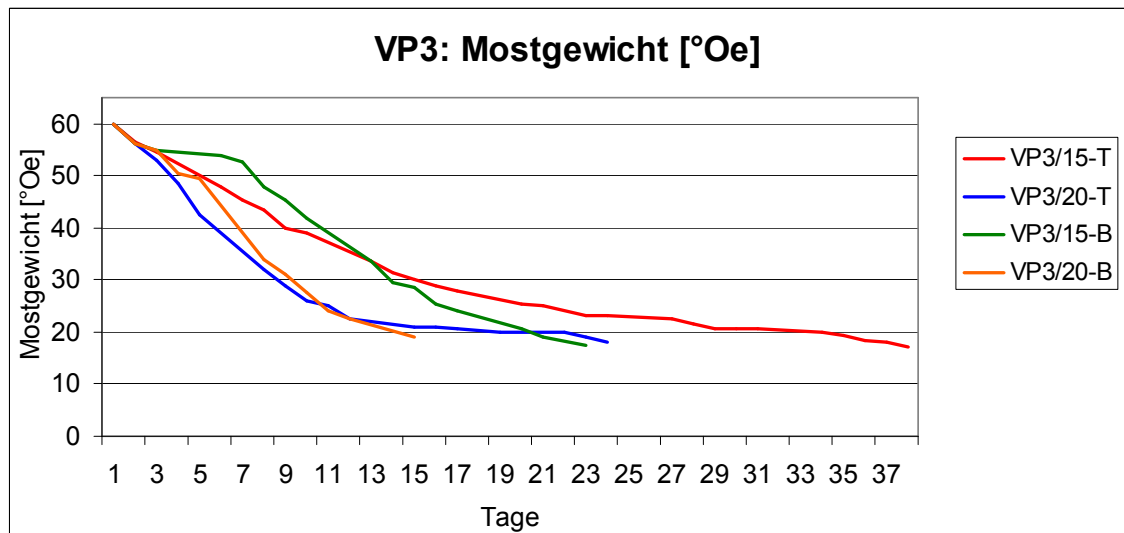


Abbildung 73: VP3: Mostgewicht [°Oe]

Tabelle 32 zeigt noch mal deutlicher was zuvor schon in den Grafiken ersichtlich ist. Bei VP3/15-T und VP3/15-B verringert sich das Mostgewicht

gleich schnell (8°Oe in vier Tagen). Die schnellere Gärung ist bei VP3/20 zu beobachten. Wobei VP3/20-B zwischen fünftem und neuntem Gärtag mehr Mostgewicht verliert als VP3/20-T.

Tabelle 32: VP3: Vergleich des Zuckerabbaus in °Oe zwischen fünftem und neuntem Tag

Differenz von 5. bis 9. Tag, Mostgewicht in °Oe			
VP3/20-T	VP3/20-B	VP3/15-T	VP3/15-B
14	19	8	8

4.5.4.2 VP3: Alkoholgehalt

In Abbildung 74 ist der flachere Anstieg des Alkoholgehaltes in den Tanks bemerkbar im Vergleich zur Alkoholentwicklung in den Getränkefässern. Man kann sagen, dass sich der Alkoholgehalt kontinuierlich entwickelt, sowohl bei VP3/15 als auch bei VP3/20. Der Mittelwert des endgültigen Alkoholgehalts bei VP3/15-T beträgt 7,4 %-vol. \pm 0,0 und jener bei VP3/15-B 7,95 %-vol. \pm 0,2. Die Kurven bei VP3/20 verhalten sich sehr ähnlich. Im Vergleich zur Variante VP3/15 hat hier der Überdruck weniger Einfluss auf die Arbeit der Hefe und Alkoholentwicklung. Die Kurven bei VP3/15 sind flacher als jene bei VP3/20. Der Zuckerabbau und somit die Entwicklung des Alkohols ist bei der Kaltgärung (VP3/15) langsamer als bei VP3/20 – dies gilt sowohl für die Überdrucktanks als auch für die Getränkefässer.

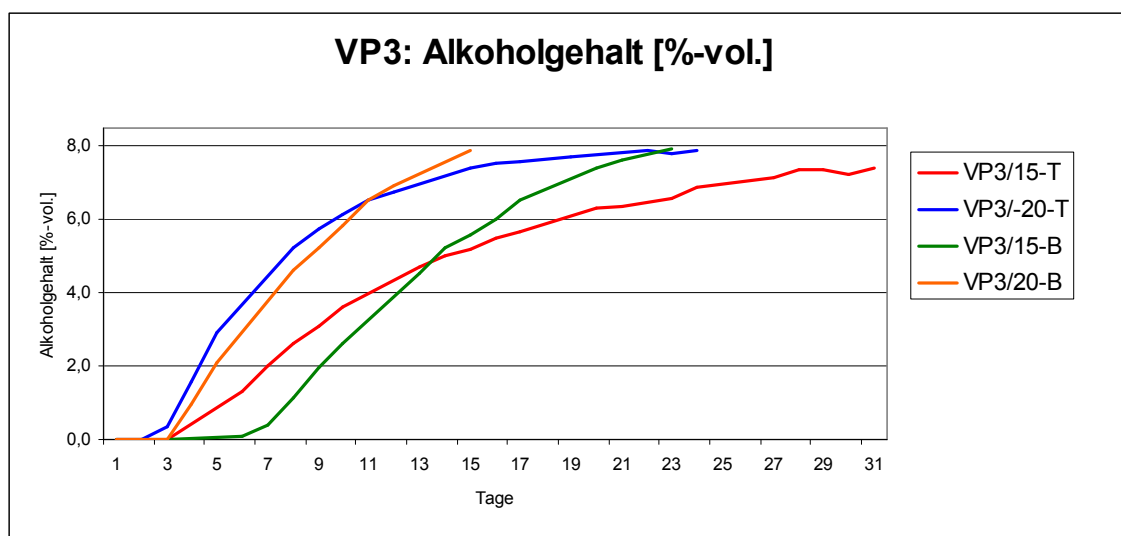


Abbildung 74: VP3: Alkoholgehalt in %-vol.

Tabelle 33 beschreibt die Differenz des Alkoholaufbaus in %-vol. vom fünften bis zum neunten Gärtag. Wie auch schon beim Druckaufbau und beim Zuckerabbau klar ersichtlich, ist auch hier erkennbar, dass die Variante VP3/20 schneller gärt und Alkohol aufbaut als die Vergleichsvariante VP3/15.

Tabelle 33: VP3: Vergleich des Alkoholgehalts in %-vol. zwischen fünftem und neuntem Tag

Differenz von 5. bis 9. Tag, Alkoholgehalt in %-vol.			
VP3/20-T	VP3/20-B	VP3/15-T	VP3/15-B
2,9	3,2	1,8	1,9

4.5.4.3 VP3: Hefezellzahl

In Abbildung 75 sind die Kurven Hefezellzahl bei Gärtemperatur von 15°C und 20°C dargestellt. Bei VP3/15 erfolgt die rasante Vermehrung erst ab dem siebenten Tag, hingegen bei VP3/20 schon ab dem dritten Tag. Der Verlauf von VP3/20 und VP3/15 ist nahezu identisch bis auf die Zeit zwischen fünftem und zehntem Tag. Die Hefezellzahl stagniert bei VP3/20-B vorerst und nimmt dann ab. Bei VP3/20-T hingegen fällt der Wert zuerst und stagniert anschließend – also genau umgekehrt.

Der Anstieg der Kurven bei VP3/15-T und VP3/15-B ist nahezu gleich, aber ab dem achten Tag gibt es große Unterschiede. Durch den Überdruck beeinflusst, können sich die Hefen bei VP3/15 nicht optimal vermehren und die Hefezellzahl schwankt bis zum 20. Tag zwischen $2,27 \times 10^7 \pm 1,12 \times 10^6$ KBE/mL und $2,31 \times 10^7 \pm 1,78 \times 10^6$ KBE/mL. Im Vergleich dazu verhalten sich die Hefen bei VP3/15-B wie in der Literaturübersicht beschrieben (siehe 2.2.3).

Sehr auffällig ist der Maximalwert von VP3/15-B – $3,37 \times 10^7$ KBE/mL – im Vergleich zu den anderen Höchstwerten, die den Wert $2,40 \times 10^7$ KBE/mL nicht übersteigen.

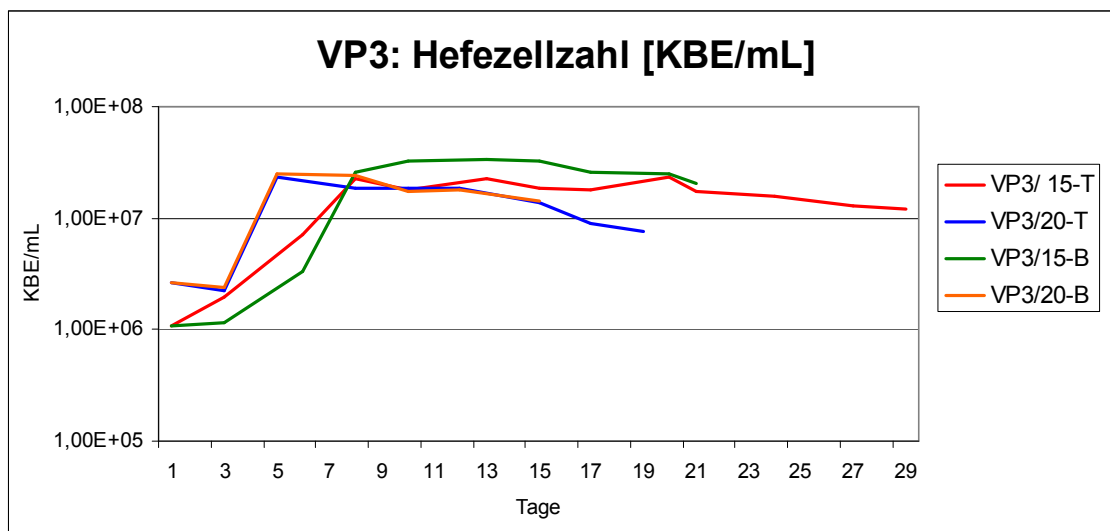


Abbildung 75: VP3: Hefezellzahl in KBE/mL

4.5.5 VP3: Endwerte der Gärung

In Tabelle 34 sind die Endwerte (Alkoholgehalt, reduzierende Zucker und Mostgewicht) der Gärung für VP3 angegeben:

Tabelle 34: Endwerte der Gärung von VP3

	Alkoholgehalt	reduzierende Zucker	Mostgewicht
	%-vol.	g/L	°Oe
VP3/15-T1	8,0	3,0	17,0
VP3/15-T2	8,2	1,7	17,0
VP3/15-B1	7,8	3,4	18,0
VP3/15-B2	8,1	1,2	17,0

4.5.6 VP3: Sensorische Prüfungen mit erweitertem Dreieckstest

Die vergleichenden Ergebnisse mit Gärtemperatur 20°C sind dem Ergebnisteil von VP1 zu entnehmen. Im VP3 werden die zwei Varianten mittels Dreieckstest verglichen, die bei unterschiedlichen Temperaturen mit der Hefe OENOFERM® FREDDO vergoren werden (Tabelle 35). Die Ergebnisse für VP3/20 werden von VP1 herangezogen und mit VP3/15 verglichen.

Die Prüfer erkennen beim Vergleich VP3/15-T1 und VP3/15-T2 bzw. VP3/15-B1 und VP3/15-B2 keinen signifikanten Unterschied. Dies gilt auch für VP3/20.

Anschließend wird VP3/15-T mit VP3/15-B verglichen. Bei dieser sensorischen Prüfung nehmen sechs Prüfer teil, die acht Mal Unterschiede erkennen. Dieses

Ergebnis aus dem erweiterten Dreieckstest zeigt keinen signifikanten Unterschied.

Tabelle 35: Ergebnisse der sensorischen Prüfung mittels erweitertem Dreieckstest von VP3, $\alpha=0,05$ (0=nicht unterschiedlich, 1=unterschiedlich, Wh.=Wiederholung, K=Koster)

verglichen werden	Seriennr.	Wh.	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	SUMME	Gesamtsumme der richtigen	Signifikanzprüfung	Präferenz für
VP3/15-T1 : VP3/15-T2	Serie 22	1	0	0	0	0	0	1	1	9	kein signifikanter Unterschied erkennbar	
	Serie 24	2	0	1	1	1	1	1	5			
	Serie 25	3	1	1	0	1	0	0	3			
VP3/15-B1 : VP3/15-B2	Serie 23	1	0	0	0	1	0	0	1	6	kein signifikanter Unterschied erkennbar	
	Serie 26	2	1	1	0	0	0	1	3			
	Serie 27	3	0	1	1	0	0	0	2			
VP3/15-T : VP3/15-B	Serie 34	1	1	0	0	0	0	1	2	8	kein signifikanter Unterschied erkennbar	
	Serie 35	2	0	1	0	1	1	0	3			
	Serie 41	3	1	0	1	1	0	0	3			

4.5.7 VP3: Bewertungen mit unstrukturierter Skala

Aus den Tabelle 36 bis Tabelle 39 sind die Mittelwerte und LSD-Werte aus den sensorischen Prüfungen mit unstrukturierter Skala aus VP3 zu entnehmen.

Die Probe 27 (VP3/15-B1) erhält immer die Höchstnote bei den Merkmalen Sauberkeit, Geruch und Mundgefühl. Im Vergleich dazu steht Probe 26 (VP3/15-T2), die mit den niedrigsten Werten beurteilt wird. Die Ergebnisse für das Merkmal Sauberkeit zeigen, dass die Getränkefässer jeweils als sauberer beurteilt werden als die Tanks. Die Proben 10 und 11 (VP3/20-T2 und VP3/20-B1) pendeln sich bei den Merkmalen Sauberkeit, Geruch und Mundgefühl immer im mittleren Bereich ein. Es werden nur geringe Differenzen zwischen Probe 10 und 11 erkannt.

Tabelle 36: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP3 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal Sauberkeit

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
26	VP3/15-T2	63,34		6,54
10	VP3/20-T2	65,47	2,13	
11	VP3/20-B1	68,15	2,68	
27	VP3/15-B1	73,11	4,96	

Tabelle 37: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP3 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal Geruch

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
26	VP3/15-T2	63,34		10,92
10	VP3/20-T2	65,47	2,13	
11	VP3/20-B1	68,15	2,68	
27	VP3/15-B1	73,11	4,96	

Tabelle 38: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP3 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Merkmal

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
26	VP3/15-T2	65,14		6,75
11	VP3/20-B1	65,30	0,16	
10	VP3/20-T2	65,44	0,14	
27	VP3/15-B1	65,90	0,45	

Aus Tabelle 39 ist zu entnehmen, dass die Prüfer alle Moste im Gesamturteil mittelmäßig beurteilen und nur wenige Abweichungen zu den anderen Proben zu erkennen sind. Obwohl unterschiedliche Gärtemperaturen angewendet werden, werden die Endprodukte ähnlich bewertet. Erstaunlicherweise werden die Proben hier ganz anders beurteilt als bei den einzelnen Merkmalen. Im Gesamturteil wird Probe 11 (VP3/20-B1) als die schlechteste beurteilt und Probe 10 (VP3/20-T2) als die beste. Probe 26 (VP3/15-T2) und 27 (VP3/15-B1) pendeln sich im Mittelfeld ein. Somit erhalten die Tanks (Probe 26 und 10) die besseren Bewertungen.

Tabelle 39: Ergebnis der sensorischen Prüfung von VP3 mit unstrukturierter Skala, LSD-Test, Gesamturteil

Proben	Probenbezeichnung	Mittelwerte	Differenzen	LSD-Wert
11	VP3/20-B1	54,87		10,20
27	VP3/15-B1	56,45	1,58	
26	VP3/15-T2	56,55	0,11	
10	VP3/20-T2	56,63	0,08	

4.6 Glycerin und Acetaldehyd

Im Anhang sind die Werte für Glycerin, Acetaldehyd, zugesetztes SO₂ und Alkohol, die am Ende der Gärung gemessen werden, zu entnehmen. Die Werte für freies und gebundenes SO₂ werden nicht bestimmt.

Für VP1/K-T1 und für die Variante VP1/C werden die Werte für Acetaldehyd und Glycerin nicht bestimmt. Im VP2 werden die Werte von Acetaldehyd und Glycerin für Tanks und Getränkefässer nicht bestimmt.

Wie bereits in der Literaturübersicht laut Dittrich et al., 2010 erwähnt, sollen pro Liter Alkohol 5 bis 9 g Glycerin entstehen. Etwa die Hälfte der Werte liegt unter 5 g/L und die andere Hälfte über 5 g/L. Durch die niedrigen Glycerin-Werte sind auch die überdurchschnittlich hohen Alkoholgehalte zu erklären. Niedrige Glycerin-Werte bedeuten in weiterer Folge bei den Verkostungen, dass die Obstweine schwächer im Mundgefühl sind.

Die Acetaldehyd-Werte zeigen, dass die Werte in den Tanks höher sind als in den Getränkefässern. Somit lässt sich daraus schließen, dass die Hefe unter Überdruck und somit Stress mehr Acetaldehyd bildet.

Die Acetaldehyd-Werte werden verglichen mit der jeweiligen Zugabe an SO₂ [g/L]. Die Glycerin-Werte am Ende der Gärung werden mit dem Alkoholgehalt [%-vol.] der dazupassenden Getränkefässer oder Tanks verglichen. Nachfolgend wird die statistische Auswertung mittels SPSS 17.0 beschrieben. Mit einer Signifikanz von $\alpha=0,05$ wird ermittelt ob eine Korrelation von Glycerin und Alkoholgehalt bzw. Acetaldehyd und SO₂-Gehalt besteht.

4.6.1 VP1

In Tabelle 40 sind die Ergebnisse für Glycerin, Alkohol, Acetaldehyd und zugesetztes SO₂ als Mittelwerte und Standardabweichungen aufgelistet.

Tabelle 40: VP1: Mittelwerte und Standardabweichungen für Glycerin, Alkoholgehalt, Acetaldehyd und zugesetztes SO₂ (SD = Standardabweichung)

		Einheit	Tanks		Getränkefässer	
			Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
VP1	Glycerin	g/L	4,2	0,3	5,3	0,8
	Alkohol	%-vol.	8,4	0,1	8,3	0,1
	Acetaldehyd	mg/L	14	5	6	0
	zugesetztes SO ₂	mg/L	18,5	1,6	19,5	0,9

Im VP1 wird in den Tanks immer weniger Glycerin gebildet als in den Getränkefässern.

Am meisten Acetaldehyd wird bei VP1/F-T gebildet (18 und 19 mg/L).

Ein Test mittels SPSS für Korrelationen zeigt, dass bei den Tanks keine Korrelation zwischen Alkoholgehalt und Glycerin ($\alpha=0,26$) besteht. Hingegen besteht ein starker linearer Zusammenhang zwischen zugesetztem SO₂ und Acetaldehyd (Pearson-Koeffizient=0,72).

Die Auswertung der Daten der Getränkefässer ergibt, dass sowohl Glycerin- und Alkoholgehalt ($\alpha=0,47$) als auch Acetaldehyd- und zugesetzter SO₂-Gehalt nicht miteinander korrelieren ($\alpha=0,19$).

4.6.2 VP2

Tabelle 41: VP2: Mittelwerte und Standardabweichungen für Glycerin, Alkoholgehalt, Acetaldehyd und zugesetzter SO₂-Gehalt (SD = Standardabweichung)

	Einheit	Tanks		Getränkefässer		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
VP2	Glycerin	g/L	4,2	0,2	5,7	1,2
	Alkohol	%-vol.	7,5	0,4	7,7	0,0
	Acetaldehyd	mg/L	16	2	6	1
	zugesetztes SO ₂	mg/L	19,7	1,0	19,0	0,0

Deutliche Unterschiede gibt es beim Acetaldehyd-Gehalt. In den Tanks ergibt sich ein Mittelwert von 16 ± 2 mg/L und in den Getränkefässern 6 ± 1 mg/L.

Die gemessenen Werte der Tanks aus VP2 zeigen bei der Auswertung mittels SPSS, dass sowohl Glycerin- und Alkoholgehalt ($\alpha=0,15$) als auch Acetaldehyd- und SO₂-Gehalt ($\alpha=0,10$) nicht miteinander korrelieren. Es besteht eine starke Korrelation zwischen Alkoholgehalt und Glycerinwert (Pearson-Koeffizient=0,99).

4.6.3 VP3

Tabelle 42: VP3: Mittelwerte und Standardabweichungen für Glycerin, Alkoholgehalt, Acetaldehyd und SO₂-Gehalt (SD = Standardabweichung)

	Einheit	Tanks		Getränkefässer		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
VP3	Glycerin	g/L	5,2	0,2	5,2	0,1
	Alkohol	%-vol.	8,2	0,1	8,1	0,0
	Acetaldehyd	mg/L	14	1	11	2
	zugesetztes SO ₂	mg/L	19,0	2,0	20,0	1,2

Bei VP3/15 wird mehr Glycerin gebildet als bei VP3/20 - nur auf VP3/20-B2 trifft dies nicht zu.

Im VP3 wird mittels SPSS bei den Tanks keine signifikante Korrelation zwischen Alkohol- und Glyceringehalt festgestellt ($\alpha=0,20$). Hingegen korrelieren Acetaldehyd- und SO₂-Gehalt der Tanks sehr stark (Pearson-Koeffizient=0,94). Bei den Getränkefässern zeigt sich ebenso eine signifikante

Korrelation zwischen Acetaldehyd und SO₂-Wert (Pearson-Koeffizient=0,84) und zwischen Alkohol- und Glyceringehalt (Pearson-Koeffizient=0,95).

4.7 PCR-Analysen

Die Codierung der Proben 1 bis 30 ist im Anhang erklärt. Beim ersten PCR-Ansatz (Abbildung 76 und Abbildung 77) waren die Banden für die Proben 3, 7 und 30 nicht eindeutig. Deswegen wurde eine Wiederholung von den 3 Proben gemacht.

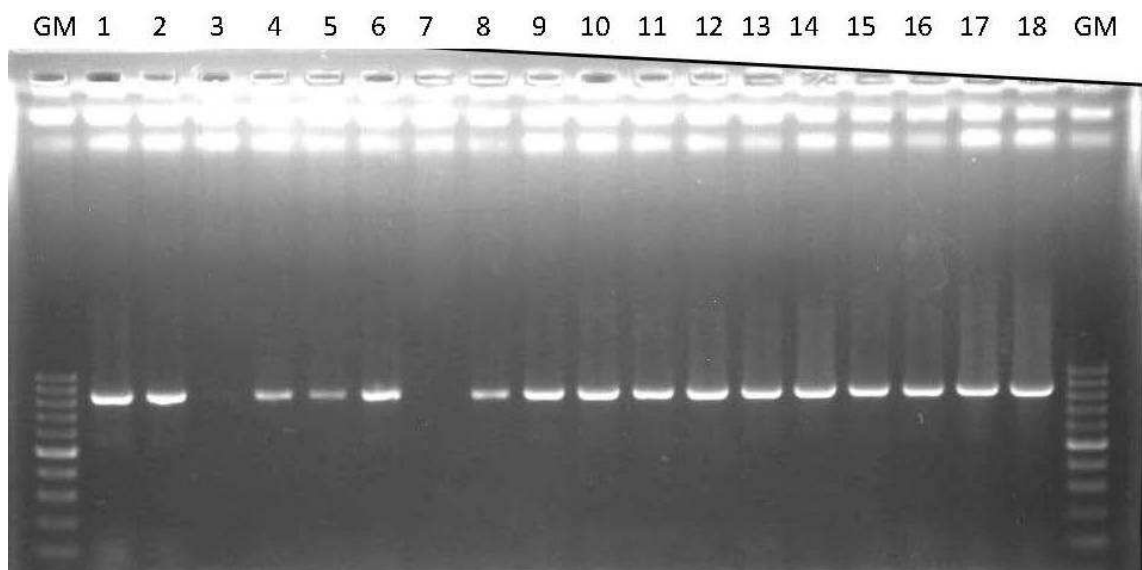


Abbildung 76: PCR-Produkte Probe 1 bis 18 (GM = Größenmarker)

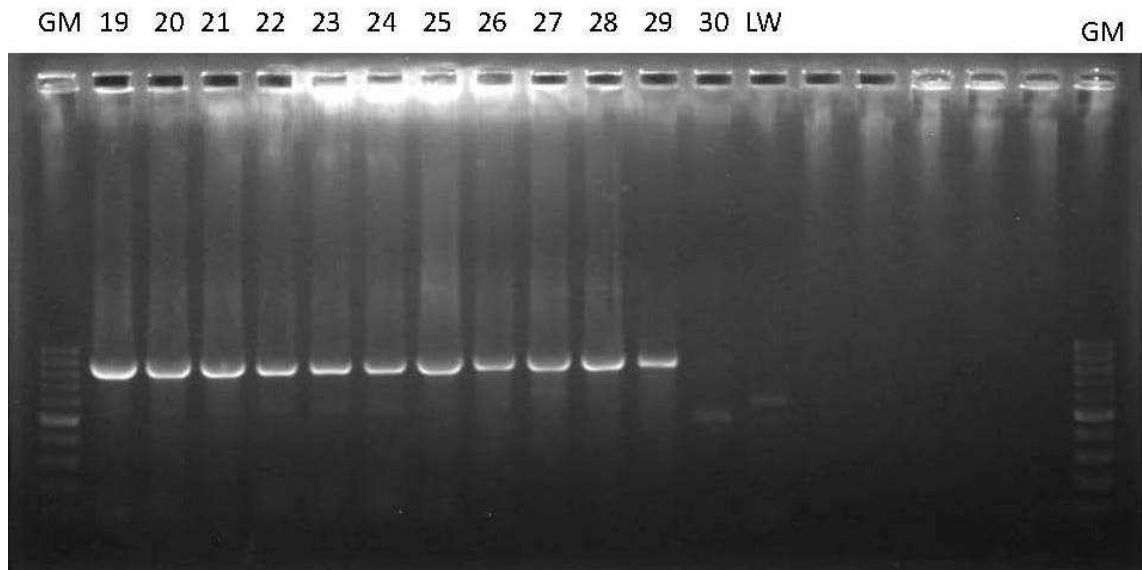


Abbildung 77: PCR-Produkte Probe 19 bis 30 (GM = Größenmarker, LW = Leerwert)

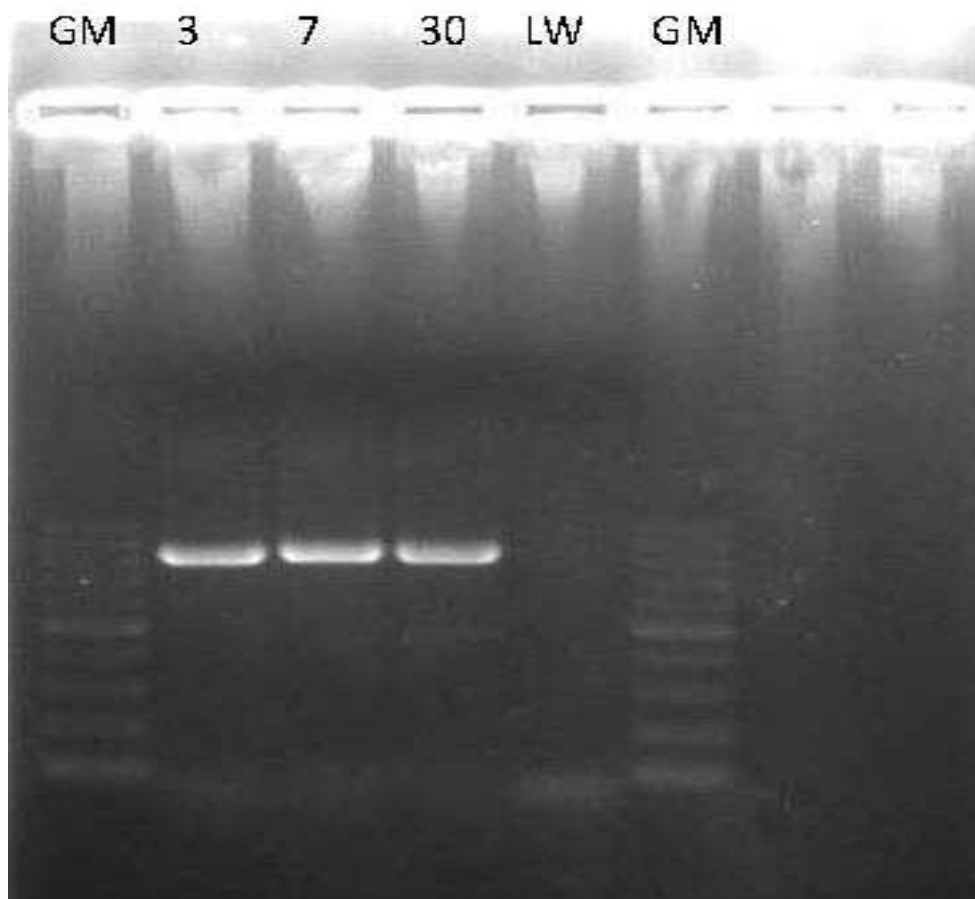


Abbildung 78: PCR-Produkte Wiederholung von Probe 3, 7, 30 (GM = Größenmarker, LW = Leerwert)

Ein Vergleich mit dem Größenmarker zeigt, dass alle Proben durchgehend von 1 bis 30 eine Bande auf Höhe von 850 bp zeigen. Die verwendeten Reinzuchtheferarten OENOFERM® FREDDO und Klosterneuburg, LITTOLEVURE CHA® und CREMANTI® sind somit alle als *Saccharomyces cerevisiae* identifiziert. Weitere Hefearten sind nicht nachweisbar. [MIRHENDI et al., 2007] [ARROYO-LOPEZ et al., 2006] [VALLES et al., 2007]

5 Schlussbetrachtung

Es ist eindeutig erkennbar, dass alle Varianten unter Überdruck in den Drucktanks länger gären als jene in den Getränkefässern.

In VP1 können die höchsten Maximal-Überdrucke mit den Reinzuchtheferpräparaten CREMANTI® (12,8 ± 0,7 bar) und LITTOLEVURE CHA® (VP1/L-T2 = 12,3 bar) erreicht werden. Beim Hefevergleich in VP1 (OENOFERM® KLOSTERNEUBURG, OENOFERM® FREDDO, LITTOLEVURE CHA®, CREMANTI®) verläuft die Gärung mit der Reinzuchthefer CREMANTI® am langsamsten. Die Gärung mit dem Trockenreinzuchtheferpräparat OENOFERM® KLOSTERNEUBURG entwickelt die niedrigsten Hefezellzahlen. Unter Einsatz der Hefe CREMANTI®, die eigentlich bevorzugt in der Sektindustrie Anwendung findet, soll das Gärsubstrat klar bleiben, weil die Hefe in eine Membrankapsel eingeschlossen ist. Jedoch hält das Trockenheferpräparat dem Überdruck nicht stand und bei 6,2 und 6,6 bar treten die ersten Trübungen durch das Zerplatzen der Membran auf. Bei der Bewertung mit erweitertem Dreieckstest werden die Drucktankvarianten mit den Trockenreinzuchtheferpräparaten OENOFERM® KLOSTERNEUBURG, LITTOLEVURE CHA® und CREMANTI® als höher eingestuft, jedoch nicht signifikant höher. Bei der sensorischen Prüfung mit unstrukturierter Skala bewerten die Prüfer VP1/K-B mit den niedrigsten Werten – bei allen vier Merkmalen (Sauberkeit, Geruch, Mundgefühl und Gesamturteil). Bei VP2/2 (druckloser Gärstart, dann druckgesteuerte Gärung) gären die Apfelmoste nicht die gesamte Gärdauer im Drucktank. Der Zuckerabbau stagniert, deswegen gären die Moste im Getränkefass zu Ende. Trotz Druckführung wird im VP2 langsamer Zucker abgebaut und somit Zucker auch langsamer in Alkohol umgewandelt. Bei VP2/1 (Gärstart bei 10 bar Überdruck, dann druckgesteuerte Gärung) bringt die Erhöhung des Überdrucks auf 10 bar keinen Stopp des Zuckerabbaus, nur eine Verlangsamung. Die Hefezellzahl korreliert nicht mit dem Überdruck. Bei VP2/2 verändert sich trotz Überführung vom Drucktank in ein Getränkefass die Hefezellzahl nicht merklich. Der

erwartete Aufschwung bleibt aus. Wird der Überdruck auf 15 bar angehoben, verlangsamt sich die Vermehrung der Hefe. Ein Absinken auf 7,5 bar soll die Vermehrung beschleunigen. Jedoch erholt sich die Hefe nicht von den 15 bar Überdruck und gärt bei 7,5 bar noch langsamer. Auch im Getränkefass regeneriert sich die Hefe nicht vollständig. Bei der Bewertung mit erweitertem Dreieckstest wird bei VP2/2 zwischen den beiden Drucktanks ein Unterschied festgestellt, jedoch kein signifikanter. Die sensorische Prüfung mit unstrukturierter Skala zeigt, dass die Mittelwerte sehr knapp beieinander liegen und nur geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten feststellbar sind. VP2/1-T2 wird am höchsten bei allen vier Merkmalen beurteilt.

VP3/15 gärt länger als VP3/20 und entwickelt geringeren Maximaldruck ($12,0 \pm 0,5$ bar). Die Hefevermehrung geschieht bei VP3/20 schneller – bereits am dritten Tag, bei VP3/15 erst am siebten Tag. Bei der sensorischen Prüfung wird bei VP3/15 kein signifikanter Unterschied zwischen Drucktank und Getränkefass erkannt. Bei VP3/20 werden die Getränkefässer unter Atmosphärendruck bevorzugt.

Glycerin ist unabhängig vom Alkoholgehalt. Dieses Ergebnis ist nicht identisch mit den Aussagen von Dittrich et al., 2010 und Schneider, 2001 für Glycerin und von Dittrich et al., 2010 für Acetaldehyd.

Laut PCR-Analyse haben sich im VP2 die unerwünschten Bakterien erst nach dem vierten Tag entwickelt. Denn zum Zeitpunkt der Probenziehung für die PCR sind nur *Saccharomyces cerevisiae* im Gärsubstrat.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist die Bestimmung des Einflusses des Überdrucks auf verschiedene Parameter der Gärung. Dafür werden zwei Stahl tanks (Volumen 262 L) verwendet, die für maximal 16 bar eingesetzt werden können und zwei Getränkefässer (Volumen 60 L) zum Vergleich unter Atmosphärendruck. Folgende Analysen wurden in regelmäßigen Abständen durchgeführt: Messung der reduzierenden Zucker (g/L) und des Mostgewichts mittels Refraktometer ($^{\circ}\text{Oe}$), Messung des Alkoholgehalts mittels FTIR (%-vol.), Messung der Temperatur ($^{\circ}\text{C}$), Überdruck (bar), Bestimmung der Hefezellzahl (KBE/mL) und abschließende Ermittlung des Glycerin- (g/L) und Acetaldehyd-Gehalts (mg/L). Die Gärdauer beträgt bei den Überdruck-Varianten zwischen 16 und 40 Tagen, bei den Vergleichsgärungen unter Atmosphärendruck zwischen neun und 23 Tagen. Die gemessenen Werte von Acetaldehyd und Glycerin liegen im Drucktank jeweils zwischen 10 - 19 mg/L und 3,9 - 5,4 g/L. Unter Atmosphärendruck ergeben sich für Acetaldehyd 5 - 13 mg/L und für Glycerin 4,6 - 6,8 g/L. Bei den erreichten Alkoholgehalten gibt es nur geringe Unterschiede zwischen Drucktank und Getränkefass. Es ergeben sich Werte von 8,1 – 8,6 %-vol..

Es werden die vier verschiedenen Hefen OENOFERM® KLOSTERNEUBURG, OENOFERM® FREDDO (Kaltgärhefe), LITTOLEVURE CHA® (Sekthefer) und CREMANTI® (verkapselte Hefe) verwendet. Die Hefe OENOFERM® KLOSTERNEUBURG erreichte im Laufe des Gärprozesses den niedrigsten maximalen Überdruck von $11,8 \pm 0,4$ bar. Mit der Hefe CREMANTI® konnte der höchste Überdruck von $12,5 \pm 0,4$ bar erreicht werden.

Weiters sollen die Auswirkungen einer Druckregelung während der Gärung beobachtet werden. Bei einem stetigen Überdruck von 10 bar bzw. 15 bar wird noch Zucker abgebaut, aber weitaus langsamer als bei Atmosphärendruck.

Ein Vergleich der Gärtemperaturen 15 und 20°C unter Einsatz der Hefe OENOFERM® FREDDO soll den Einfluss der Temperatur in Kombination mit

Überdruck auf die Gärintensität aufzeigen. Die Gärung dauert bei 15°C länger und es wird ein geringerer Maximaldruck erreicht ($10,6 \pm 0,2$ bar).

Bei den Verkostungen mittels unstrukturierter Skala werden Unterschiede zwischen den Drucktanks und Getränkefässer eindeutig erkannt. Bei weiteren Bewertungen erhalten die Drucktankvarianten größtenteils die besten Ergebnisse.

7 Summary

The aim of this study is to determine the influence of overpressure on various parameters of the fermentation. Therefore, two steel tanks (volume 262 L) are used which can be used for a maximum of 16 bar and two drink barrels (60 L volume) for comparison at atmospheric pressure.

The following analysis are carried out at regular intervals: Measurement of reducing sugar (g/L) and must weight by refractometer ($^{\circ}$ Oe), measuring the alcohol content by FTIR (vol. -%), measurement of temperature ($^{\circ}$ C), overpressure (bar), determination of the total bacterial count (CFU/mL), and final determination of glycerol (g / L) and acetaldehyde content (mg/L).

The fermentation period for overpressure version runs between 16 and 40 days, compared with the fermentation at atmospheric pressure which took between 9 and 23 days.

The measured values of acetaldehyde and glycerol in the pressure tanks are each between 10 - 19 mg/L and 3.9 to 5.4 g/L. Under atmospheric pressure the results are 5-13 mg/L for acetaldehyde and 4.6 to 6.8 g/L for glycerol. At these levels of alcohol, there are only minor differences between the pressure tank and drink barrels. There results reach from 8.1 to 8.6 %-vol.

Four different yeasts are used called OENOFERM® KLOSTERNEUBURG, OENOFERM® FREDDO (used for cold fermentation), LITTOLEVURE CHA® yeast especially for sparkling wine) and CREMANTI® (encapsulated yeast). The yeast OENOFERM® KLOSTERNEUBURG reached the lowest maximum pressure of 11.8 ± 0.4 bar during the fermentation process. The yeast CREMANTI® reached the maximum of overpressure (12.5 ± 0.4 bar).

Furthermore, the effects of pressure control are observed during the fermentation. At a constant pressure of 10 bar and 15 bar sugar is still degraded, but much slower than at atmospheric pressure. Fermentation processes using the yeast OENOFERM® FREDDO with two different temperatures 15 and 20°C are compared.

It shows the influence of temperature in combination with pressure on the intensity of fermentation. Fermentation at 15°C lasts longer and it reaches a lower maximum pressure (10.6 ± 0.2 bar). The differences between the pressure tanks and drink barrels are clearly detected by tastings using an unstructured scale. The pressure tank variants show the best results most of the time.

8 Literaturverzeichnis

ANONYM. Weingesetz, BGBl. I Nr. 111/2009,
http://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2009_I_111/BGBLA_2009_I_111.pdf, abgerufen am 06.02.2012

http://www.abiwissen.info/biologie_heterotrophe_assimilation.html#alkoholische_G%EA4rung, abgerufen am 29.12.2010

ARROYO-LOPEZ F N, DURAN-QUINTANA M C, RUIZ-BARBA J L, QUEROL A, GARRIDO-FERNANDEZ A. Use of molecular methods for the identification of yeast associated with table olives. Food Microbiology 2006; 23: 791-796.

BACH H-P, TROOST G, RHEIN O H. Sekt – Schaumwein – Perlwein. 3. Auflage 2010; 113-119: 391-405.

BECKER R. Vorlesung Getränkemikrobiologie WS 2010.
<http://www.wzw.tum.de/bgt/> abgerufen am 30.07.2011.

BILL R, KÖNITZ R. Verkapselte Hefe für die innovative Sektherstellung. Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau 2006; 16: 6-8.

BÖHRINGER P, STÜHRK A, WENZLER J. Die Durchführung von Gärversuchen in Kleintanks im Vergleich zur Normalgärung und Kaltgärung. Mitteilungen Serie A: Rebe und Wein 1955; 5: 309-317.

BROCKHAUS – Die Enzyklopädie. F.A. Brockhaus Leipzig Mannheim, 20. Auflage 1997; 709.

D'ANS-LAX. Taschenbuch für Chemiker und Physiker, Band 1: Makroskopische chem.-physikal. Eigenschaften, Springer-Verlag, 3. Auflage 1967.

DERNDORFER E. Lebensmittelsensorik. Facultas Verlags- und Buchhandels AG, 3. überarbeitete Auflage 2010; 63: 106-107.

DITTRICH H H. Die Bedeutung der Gärungswärme für die Weinqualität. Deutsch. Weinb. 1985; 40: 1029-1035.

DITTRICH H H, GROSSMAN M. Mikrobiologie des Weines. Eugen Ulmer KG, 4. aktualisierte Auflage, 2010, 18-95.

DITTRICH H H, STAUDENMAYER T, SPONHOLZ W R. Die Bildung SO₂-bindender Hefestoffwechselprodukte bei der Gärung und während des Weinbaus. Wein-Wiss. 1973; 28: 84-93.

ENNSER A. Ein Betriebszweig mit Potenzial zum Vollerwerb. Der Landwirt, 7/2007; 4-5.

EPICENTRE BIOTECHNOLOGIES. DNA Purification Protocol

FIGURA L. Lebensmittelphysik. Springer Verlag, 2004, 379-383

FISCHER B. Auswirkungen von verändertem CO₂-Überdruck während der Gärung, auf das Aromaprofil von Williams Christ Brand. Diplomarbeit, Universität Hohenheim 2006: 58-59.

FOCKE K. Prüfung verschiedener Anreicherungsverfahren zum Nachweis von Hefen- und Schimmelkontaminationen in Milchprodukten, Diplomarbeit 2009: 18-21.

FRANCK-JUNGE C. Weinanalytik. Erläuterungen D II 13, Carl Heymanns Verlag, 1971.

FRANZ M L. Vom Streuobst zum Apfelwein. Wittbach-Verlag, 2005; 67-117.

HOFMANN R. Jungsommelier Österreich – Kellerwirtschaft. Wifl Österreich, 2002.

JANOVSKY R, LUKAS W. Obstmost – Fruchtsäfte - Obstbrände, Wirtschaftliche Obstverarbeitung. Österreichischer Agrarverlag, 1995, 17-52.

JELLINEK G. Sensorische Lebensmittelprüfung – Lehrbuch für die Praxis. Verlag Pattensen, 1981; 255-300, 349-382.

KUMADA J, NAKAJIMA S, TAKAHASHI T, DG-PROJECTTEAM, NARZISS L. Einfluss von Druck und Temperatur bei der Gärung auf den Stoffwechsel der Hefe und Bierqualität. Proceedings, European Brewery Convention. 15th Congress 1979; 615-623.

LEMPERLE E, KERNER E, HECKEL D. Versuche mit dem Vinotop-Druck-Fermenter. Weinwirtschaft-Technik 1992; 128/4: 22-27.

LUKAS W. Immer mehr Bäume wachsen in den Himmel. Die Landwirtschaft, 7/2007: 2-3.

MANGOLD G. Most – Das Buch zu Apfel- und Birnenwein. Silberburg-Verlag 2003; 22-25, 94-97.

MICHEL H. Qualitätssteigerung durch Gärzügelung 2. Weinwirtsch. Technik 1991; 9:11-14.

MIRHENDI H, DIBA K, REZAEI A, JALALIZAND N, HOSSEINPUR L, KHODADADI H. Colony-PCR is rapid and sensitive method for DNA amplification in yeasts. Iranian J Publ Health 2007; 35/1: 40-44.

OUGH C S, FONG D, AMERINE M A. Glycerol in wine: Determination and some factors affecting. *Amer. J. Enol. Vitic* 1972; 23: 1-5.

PASSECKER A. Der Einfluss der Gärung unter Kohlendruck auf den Hefeorganismus, Universität Wien 1931.

PRETORIUS I S, VAN DER WESTHUIZEN T J, AUGUSTYN O P H. Yeast biodiversity in vineyards and wineries and its importance to the South African wine industry. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*; 1999, 20: 61-74.

PRILLINGER F. Bisherige Ergebnisse der Drucktankgärung. *Mitteilungen Serie A: Rebe und Wein* 1952; 2: 98-104.

RIBÉREAU-GAYON P, DUBOURIDEU D, DONÉCHE B, LONVAUD A. *Handbook of Enology, Volume 1. The microbiology of wines and vinification.* Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd., 2000; 497.

RÖHRIG G. Fermentation at 10, 13 and 16 degrees C. Tests on cold fermenting yeasts. *Kleinbrennerei* 2008; 60 (8): 6-9.

SAPIS-DOMERQ S. Étude de l'influence des produits de traitement de la vigne sur la microflore des raisins et des vins. *Conn. Vigne Vin* 1980; 14: 155-181.

SCHATTAUER D, GÖSSINGER M, MANDL K. Die richtige Hefe für Ihren Apfelwein. *Besseres Obst* 2008; 7: 20-23.

SCHMIDT H. Optimierung der Gärung und Reifung. *Brauwelt* 1995; 18: 870.

SCHNEIDER I. Einfluss von Stressfaktoren auf die Regulation der Glycerin-Bildung und –Sekretion am Beispiel Weinhefen. *Dissertation, Justus-Liebig Universität Giessen* 2001: 14, 48.

SCHOBINGER U. Frucht- und Gemüsesäfte. Eugen Ulmer GmbH & Co, 3. Auflage 2001.

SILHAVY K. Identifizierung relevanter Essigsäurebakterien im Wein, 2005

STADLWIESER P. Biochemische und molekularbiologische Charakterisierung von Reinzuchthefen für die Weinbereitung. Diplomarbeit, 2005, 43-44, 49, 51.

VALLES B S, BEDRINANA R P, TASCÓN N F, SIMÓN A Q, MADRERA R R. Yeast species associated with the spontaneous fermentation of cider. Food Microbiology 2007; 24/1: 25-31.

WALKER G M. Yeast physiology and biotechnology. John Wiley & Sons, 1. Auflage, Cichester, 1998.

WOLF M. Erster heimischer Apfelwein mit kontrollierter Herkunftskennzeichnung. Landwirtschaftskammer Österreich, 2011.

ZUFALL C, KUNERTH S, TIETJE N, WACKERBAUER K. Beeinflussung der Hefevitalität durch physikalischen Druck. Monatsschrift für Brauwissenschaft 2000; 53: 44-49.

Sicherheitsdatenblatt D-Glucose, DiaSys Diagnostic Systems GmbH, Holzheim, Version 24.08.2007.

Sicherheitsdatenblatt D-Fructose, DiaSys Diagnostic Systems GmbH, Holzheim, Version 27.07.2009.

Sicherheitsdatenblatt Saccharose (Gesamtglucose), DiaSys Diagnostic Systems GmbH, Holzheim, Version 28.04.2008.

Produktmerkblatt Blankasit, Erbslöh Geisenheim AG, Deutschland, Edition 11/05.

Produktmerkblatt Gelita-Klar, Erbslöh Geisenheim AG, Deutschland, Edition 06/07.

Produktmerkblatt NaCalit® PORE-TEC, Erbslöh Geisenheim AG, Deutschland, Edition 11/05.

9 Anhang

9.1 Geräteliste

Becherelevator	Voran MaschinenGmbH	Österreich
Rätzmühle	Voran MaschinenGmbH	Österreich
Bandpresse	Valentin Stossier KG	Österreich
Röhrenpasteur 400L/h, Type EUROCAL5	Fischer Maschinen und Anlagenbau AG	Österreich
Drucktank 1 und 2, 262L, max. 16bar	Balik Anlagentechnikbau GmbH	Österreich
Gärbehälter, 60L: Getränkefass Type R	Speidel Tank- und Behälterbau GmbH	Deutschland
Temperaturregler Labu Weinsteuern, Type K/H	Labu Buchrucker GmbH	Österreich
Tank, 200L	Ghidi Metalli Sirl	Italien
Thermometer Einstich Hanna	Hanna Instruments Deutschland GmbH	Deutschland
FTIR WineScan FT 120	Foss GmbH	Österreich
Hand-Refraktometer	Reichert GmbH	Deutschland
Kühlzentrifuge J2-HC	Beckmann	Deutschland
Konelab K20 Analyser, 955/P4518981	Thermo Fisher	Österreich
Hera Safe Lamin-Air	Thermo Electron LED GmbH	Österreich
Autoklav HV-85l Hiclave	HMC	Deutschland
Autoklav HV-25l Hiclave	HMC	Deutschland
Brutschrank Heraeus	Thermo Electron LED GmbH	Österreich
Vortexer VF-2	Janke & Kunkel, Ika-Werk	Deutschland

Waage Typ 1401	Sartorius	Deutschland
Elektrophorese Sub-Cell GT	Biorad	Deutschland
MasterCycler® Gradient	Eppendorf	Deutschland
Thermoblock QBT	Grant	Großbritannien
Ultra Freeze -80°C Tiefkühltruhe	Heto Holten	Dänemark
Zentrifuge Mikro 20	Hettich	Deutschland
Autoklav HV-85I Hiclave	HMC	Deutschland
Autoklav HV-25I Hiclave	HMC	Deutschland
Vortex VF2	IKA	Deutschland
Mini Cooler -20°C, Art.Nr. 114935	neoLab Migge	Deutschland
GeneAmp 2400 PCR System	Perkin Elmer	USA
Waage Typ 1401 A MP8-1	Sartorius	Deutschland
Mikrowelle R-85ST with grill/hot air	Sharp	Deutschland
Hera Safe Lamin-Air	Thermo Electron LED GmbH	Österreich
Brutschrank Heraeus	Thermo Electron LED GmbH	Österreich
Geldokumentationssystem AutoChemi Labworks Software	UVP	Großbritannien
Rundfilter R22 Niro	Brelu	Österreich

9.2 Chemikalienliste

Oenoferm Klosterneuburg®, Hefestamm LW 415-58	Erbslöh Geisenheim AG	Deutschland
Oenoferm Freddo®, Hefestamm LW 317-30	Erbslöh Geisenheim AG	Deutschland
LittoLevure CHA®,	Erbslöh Geisenheim AG	Deutschland
Cremanti®	Erbslöh Geisenheim AG	Deutschland

Kieselöl, z.B. Blankasit®	Erbslöh Geisenheim AG	Deutschland
Gelatine, z.B. Gelita-Klar®	Erbslöh Geisenheim AG	Deutschland
Bentonit , z.B. NaCalit® PORE-TEC	Erbslöh Geisenheim AG	Deutschland
Gärsalz, z.B. SIHA Gärsalz	E. Begerow GmbH & Co.	Deutschland
Normalkristallzucker	Agrana Zucker GmbH	Österreich
Zitronensäure	Jungbunzlauer Austria AG	Österreich
Kohlendioxid E290	Messer Austria GmbH	Österreich
Enzytec™ fluc Glycerin Id-N°: 5360	DiaSys Diagnostic Systems GmbH	Deutschland
Glycerin wasserfrei >99,5% (GC), Nr. 49770	Fluka	Österreich
Glycerin-Standard Lot-Nr.: 60051592, Art.Nr. 5480 (=Teil des Testsets)	DiaSys Diagnostic Systems GmbH	Deutschland
Acetaldehyd, UV-Test, 10668613035	Boehringer Mannheim, r-biopharm	Deutschland
Acetaldehydammoniak trimer 98%, Nr. 00090	Fluka	Österreich
Natriumchlorid	Carl Roth GmbH + Co. KG	Deutschland
Biozym LE Agarose, Art.Nr. 84004	Biozym Scientific GmbH	Deutschland
Yeast Cell Lysis Solution for MasterPure™ Kit, Lot No. MPY2-91025	Epicentre Biotechnologies	USA
MPC Protein Precip. Reagent for MasterPure™ Kit, Lot No. MPY2-91025	Epicentre Biotechnologies	USA
TE Buffer, for MasterPure™ Kit, Lot No. MPY2-91025	Epicentre Biotechnologies	USA
Isopropanol PHE ACM	Herba Chemosan Apotheker-AG	Österreich

Ethanol 96% Art.Nr.1.00971.1000	Merck	Deutschland
WL Nutrient Agar, Art.Nr.CM0309	Oxoid	Großbritannien
Glycerin 87% Art.Nr.G7757	Sigma	Deutschland
dNTP Mix (2mM), Art.Nr.R0241	Fermentas	Deutschland
GeneRuler™ 100bp DNA Ladder Art.Nr. SM0241	Fermentas	Deutschland
Taq DNA Polymerase (native, with BSA), Art.Nr.EP0071	Fermentas	Deutschland
10x DreamTaq™ Green Buffer, Art.Nr.EP0712	Fermentas	Deutschland
Primer ITS1 (5'- TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3')	VBC Biotech	Österreich
Primer ITS4 (5'- TCCTCCGCTTATTGATATGC-3')	VBC Biotech	Österreich
Kadifit – Kaliumdisulfit zur Schwefelung (E224)	Erbslöh Geisenheim AG	Deutschland

9.3 Materialienliste

Tiefenfilterschichten, PF25, 400mmx400mm	PREZISO c/o RWA AG	Österreich
Glasballon, 25L		
Faltenfilter (hart, 1291: 150mm, 85g/m ²)	Sartorius Stedim Biotech	Österreich
Trichter		
Pyrexflaschen		
FTIR-Gläser		
Multicell Küvetten (Ref. 984000)	Thermo Fisher	Österreich
Faltenfilter (hart, 1291: 150mm, 85g/m ²)	Sartorius Stedim Biotech	Österreich

Multipipette plus	Eppendorf	Österreich
Combitip plus 50mL, steril,	Eppendorf	Österreich
Pipette 10-100 μ L	Eppendorf	Österreich
Pipette 100-1000 μ L	Eppendorf	Österreich
Petrischalen 92x16mm mit Nocken	Sarstedt	Deutschland
Bag in Boxes		

9.4 Werte

9.5 Versuchsplan 1

9.5.1 Überdruck

Überdruck [bar]								
	VP1/K		VP1/L		VP1/F		VP1/C	
Tag	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,5	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
3	3,5	1,5	1,4		1,2	0,6	1,5	1,3
4	4,7	3,0	3,8		3,2	2,1	3,2	2,9
5	5,4			5,0	5,5	4,0		
6				6,2				
7			8,6	7,2			6,6	6,2
8	8,1	6,5	9,4	8,0	9,0	7,8	7,4	7
9	8,7	7,2	10,0	8,8	9,9	8,5	8,1	7,7
10	9,1	7,7	10,5		10,8	9,2	9,0	8,4
11	9,5	8,1	10,9		10,6	9,8	9,4	8,9
12	10,0			10,1	10,9	10,1		
13								
14		9,3	11,6	11,0			10,9	10,5
15	10,9	9,6	11,6	11,1	11,3	11,1	11,2	10,9
16	11,0	9,9	11,5	11,5	11,1	10,9	11,5	11,3
17	11,1	10,1			11,5	11,1	11,9	11,7

18	11,4	10,3	11,8					
19	11,5			12,0	11,4	11,6		
20				12,0				
21		10,9		12,0				
22	11,8	10,9		12,1	11,2	11,9	12,2	12,8
23		11,0			11,3	12,6		
24	11,9	11,1			11,6	12,3		
25	11,9	11,1						
26	12,0			12,3				
27				12,3				
28		11,5		12,3				
29	12,0	11,5						
30	12,0	11,3						
31	12,0	11,4						
32	12,0	11,3						
33								
34								
35		11,3						
36		11,2						
37		11,2						

9.5.2 Temperatur

Temperatur [°C]								
Tag	VP1/K		VP1/L		VP1/F		VP1/C	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
1	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20
2	18,3	18,4	18,9	18,9	16,3	17,0	18,1	17,1
3	18,1	18,1					20,0	19,1
4	17,9	17,9			18,6	18,8	20,6	19,8
5			18,4	18,4	18,7	18,8		
6			18,3	18,3				
7			18,6	18,7			19,8	19,9
8	17,6	17,7	18,6	18,8	17,3	17,3	20,0	20
9	18,0	18,1	18,5	18,6	17,9	17,9	19,9	19,8
10	18,2	18,3			18,0	18,3	19,7	19,6
11	17,9	17,8			17,6	17,8	19,7	19,8
12			17,7	17,7	17,3	17,5		
13								
14	16,6	16,7	18,3	18,3			19,8	19,7

9.6 Reduzierende Zucker laut FTIR

Reduzierende Zucker [g/L]																
Tag	VP1/K		VP1/L		VP1/F		VP1/C		VP1/K		VP1/L		VP1/F		VP1/C	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
1	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8	99,8
2	88,2	83,1	82,6	74,1	83,3	79,0	83,6	82,3	82,4	81,7	71,2	72,4	73,4	74,1	79,8	78,6
3	86,7	87,3	82,3		89,2	88,8	98,2	96,8	90,2	90,1			87,7	87,9	97,8	96,7
4	81,6	86,2	81,5		87,6	91,1	97,2	97,9	89,4	89,5			89,6	90,3	102,1	103,0
5	76,7			75,1	75,3	83,8					78,5	80,1	85,8	86,7		
6				68,4							74,8	73,5				
7			52,6	61,5			74,0	76,9			66,1	66,3			83,4	85,4
8	57,2	67,8	45,0	54,1	40,9	55,1	66,7	70,2	56,0	54,2	56,6	55,6	54,9	58,7	75,9	77,6
9	51,8	61,9	37,0	47,7	32,8	46,8	59,5	63,1	46,5	44,7	47,0	45,1	43,5	47,8	68,2	69,8
10	46,6	57,4	31,6		25,9	39,9	50,9	55,1	38,2	36,4			33,1	37,7	59,4	61,0
11	41,8	52,3	25,4		21,5	34,2	45,7	50,3	30,5	28,6			24,0	28,7	54,0	55,2
12	37,4			31,8	18,3	29,0					21,6	19,0	16,3	20,9		
13																
14		39,1	13,7	24,0			29,0	34,1	14,2	12,4	7,9	6,1			36,1	36,6
15	27,2	35,4	11,8	20,8	12,5	18,2	24,3	29,4	10,4	8,7	3,7	2,6	3,2	6,7	29,9	30,3
16	24,2	31,9	9,4	18,6	11,0	15,7	20,3	25,3	7,3	5,8	1,7	1,4			23,8	24,3
17	21,7	28,9			9,9	13,4	16,6	21,3	4,9	3,6					18,2	18,3
18	19,3	25,4	6,5						2,9	1,7						
19	17,5			12,7	8,7	10,6			1,3							

9.7 Versuchsplan 2

9.7.1 Überdruck und Temperatur

Tag	Überdruck [bar]						Temperatur [°C]			
	VP2/1		VP2/2				VP2/1		VP2/2	
	T2	Bemerkung	T1	Bemerkung	T2	Bemerkung	B1	B2	B1	B2
1	0		0,0		0,0		20,0	20,0	20,0	20,0
2	0		0,0		0,0		21,2	20,6	20,5	20,4
3	1,1		1,0				22,2	22,7		
4	4,5		3,7				22,6	22,6		
5	5,6		6,0	erhöhen auf 15 bar	5,0		22,6	22,5	20,9	21,1
6					6,8				20,9	20,9
7					8,0				19,7	19,7
8	9,1	erhöhen auf 10 bar	14,9		9,0	erhöhen auf 15 bar	20,3	20,5	18,9	19
9	9,6		15,1		14,7		19,7	19,7	19,1	19
10	10		15,1							
11	10,3		15,2							
12	10,5		15,2		14,0					
13					14,5					
14					14,0					
15	10,5				14,5					
16	10,5		15,0	erniedrigen auf 7,5 bar	14,5					

17			9,0							
18			9,0							
19			9,3		14,5					
20					14,4					
21					14,4					
22			9,4		14,5					
23			9,3		14,5					
24			9,4							
25			9,4							
26			9,3		14,0					
27					14,0	aus dem Tank entnommen und im Getränkefass fertig vergären				
28										
29			9,4							
30			9,4							
31			9,4							
32			9,4	aus dem Tank entnommen und im Getränkefass fertig vergären						
33			9,4							

9.7.2 Reduzierende Zucker laut FTIR

Reduzierende Zucker [g/L]							
Tag	VP2/1	VP2/2		VP2/1		VP2/2	
	T2	T1	T2	B1	B2	B1	B2
1	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5	102,5
2		95,4	99,6	99,4	96,8	100,5	99,4
3	99,9	89,4		80,2	76,3		
4	84	85,5		44,9	52,9		
5	66,3	63,9	73,2	17	30,6	54	51,3
6			55,2			33,7	31
7			41,9			19,2	17,4
8	27,5	36,9	31,9	2,3	2,9	9,4	8,5
9	21	32,7	26,4	2,1	2,6	3,8	3,4
10	15,7	28,8					
11	11,8	26,2					
12	8,4	23,8					
13							
14			15,1				
15	3,6		13,6				
16	3,3	17,7	13,4				
17		15,9					
18		14,8					
19		13,5	10,2				
20			9,9				
21			9,4				
22		11,5	8,8				
23		11,1	8,6				
24		10,5					
25		10,4					
26		9,9	8,0				
27			7,8				
28			7,7				
29		9,4	7,6				
30		8,8	7,0				
31		8,7					
32		8,7					
33		8,4					
34			5,3				
35			4,8				
36		7,6	4,4				
37		7,3	4,1				
38		7,3					
39		6,9					

40		6,6	3,5				
----	--	-----	-----	--	--	--	--

9.7.3 Mostgewicht

Tag	Mostgewicht [°Oe]						
	VP2/1	VP2/2		VP2/1		VP2/2	
	T2	T1	T2	B1	B2	B1	B2
1	60	60	60	60	60	60	60
2	53	52	54	50	53	53	53
3	48	50		41	44		
4	41	41		30	33		
5	34	34	35	20	24	30	29
6			30			25	24
7			25			20	20
8	24	28	24	18	16	19	19
9	22	26	22	18	16	16	17
10	21	25					
11	19	24					
12	18	24	22				
13			22				
14			21				
15	17		20				
16	17	22	20				
17		22					
18		21					
19		20	19				
20			19				
21			19				
22		20	19				
23		20	18				
24		20					
25		20					
26		20	18				
27			18				
28			18				
29		20	18				
30		19	18				
31		19					
32		19					
33		19					
34			18				
35			18				
36		18	17				
37		18	17				
38		18					

39		18					
40		18	17				

9.7.4 Alkoholgehalt

Alkoholgehalt [%-vol.]								
Tag	VP2/1		VP2/2		VP2/1		VP2/2	
	T2	T1	T2	B1	B2	B1	B2	
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2		0,0	0,0	0,7		0,0	0,0	
3	0,6	0,5		2,6	1,9			
4	2,2	2,2		4,8	4,3			
5	3,5	3,7	3,0	6,4	5,7	4,3	4,4	
6			4,3			5,6	5,8	
7			5,1			6,5	6,7	
8	5,7	5,5	5,8	7,3	7,5	7,1	7,2	
9	6,5	5,7	6,1	7,4	7,5	7,5	7,5	
10	6,7	6,0						
11	7,1	6,1						
12	7,3	6,4						
13								
14			6,8					
15	7,7		7,0					
16	7,7	6,7	7,0					
17		6,8						
18		6,9						
19		6,9	7,2					
20			7,3					
21			7,3					
22		7,0	7,3					
23		7,1	7,3					
24		7,1						
25		7,2						
26		7,0	7,3					
27			7,3					
28			7,4					
29		7,2	7,3					
30		7,2	7,3					
31		7,2						
32		7,3						
33		7,3						
34			7,2					
35			7,5					
36		7,3	7,4					

37		7,3	7,5				
38		7,1					
39		7,3					
40		7,5	7,4				

9.7.5 Hefezellzahl

Hefezellzahl [KBE/mL]							
Tag	VP2/1	VP2/2		VP2/1		VP2/2	
	T2	T1	T2	B1	B2	B1	B2
1	7,4E+05	1,49E+06	9,04E+05	7,4E+05	7,4E+05	1,09E+06	1,09E+06
2			1,09E+06			2,76E+06	2,17E+06
3	1,01E+07	3,92E+06		2,06E+08	1,49E+07		
4							
5	2,01E+07	1,74E+07	2,40E+07	1,67E+08	1,72E+07	2,73E+07	2,95E+07
6							
7			2,13E+07			2,92E+08	2,13E+07
8	2,73E+07	1,73E+07		3,30E+08	2,03E+07		
9			1,13E+07			2,94E+08	1,70E+07
10	1,45E+07	1,35E+07					
11							
12	1,84E+07	1,09E+07					
13							
14			8,63E+06				
15	9,12E+06		5,14E+06				
16		6,17E+06					
17		5,97E+06					
18							
19		2,83E+06	4,71E+06				
20							
21			2,93E+06				
22		2,32E+06					
23			2,22E+06				
24		1,35E+07					
25							
26		7,36E+05	3,27E+05				
27							
28							
29		3,16E+05					
30			1,09E+07				
31							
32							
33		1,01E+06					
34			6,17E+06				

35			5,97E+06			
36		2,10E+05				
37			2,83E+06			
38						
39						
40			2,12E+06			

9.8 Versuchsplan 3

9.8.1 Überdruck und Temperatur

Tag	Überdruck [bar]		Temperatur [°C]	
	VP3/15-T1	VP3/15-T2	VP3/15-B1	VP3/15-B2
1	0,0	0,0	15,0	15,0
2	0,0	0,0	12,2	12,2
3		0,0		
4				
5	2,7			
6	3,9	1,4	12,5	12,5
7	4,7	2,5	13,5	13,5
8	5,5	3,4	18	18
9	6,1	4,1	12,7	12,7
10		4,9	16,4	16,4
11				
12	7,7			
13	8,1	6,6	17,9	17,9
14	8,5	7,0	14,1	14,1
15	8,9	7,3	15,1	15,2
16	9,0	7,8	14,9	15
17		8,0	14,6	14,8
18				
19	9,6			
20	9,9	8,8	13,8	14
21		9,0	15	15,2
22	10,0			
23	10,1	9,4	16,6	16,6
24		9,5		
25				
26	10,4			
27	10,5	10,1		
28	10,4	10,4		
29	10,5	10,3		
30	10,4	10,2		

31		10,4		
32				
33	10,4			
34	10,4	10,6		
35		10,7		

9.8.2 Reduzierende Zucker

Tag	Reduzierende Zucker [g/L]			
	VP3/15-T1	VP3/15-T2	VP3/15-B1	VP3/15-B2
1	99,8	99,8	99,8	99,8
2	76,1	73,1	71,3	71,6
3	88,5	84,1	78,9	78,8
4				
5				
6	89,6	96,4	96,5	96,4
7	84,3	93,4	98,8	98
8	78,1	89,4	94,7	93,2
9	71,6	83,3	89,3	86,5
10	65,9	77,6	84,1	80,3
11				
12				
13	49,5	59,9	58,5	51,5
14	45,1	55,3	49,7	41,7
15	41,2	50,1	41,7	34,3
16	37,4	47,0	34	27,3
17	34,6	43,6	28,1	21,1
18				
19				
20	26,9	34,6	14,2	7,7
21	24,6	32,0	9,8	4,2
22				
23	20,6	26,5	3,4	1,2
24	19,3	25,2		
25				
26				
27	14,6	19,5		
28	13,5	18,3		
29	12,0	16,4		
30	11,0	14,8		
31	10,5	13,8		

9.8.3 Mostgewicht

Mostgewicht [°Oe]				
Tag	VP3/15-T1	VP3/15-T2	VP3/15-B1	VP3/15-B2
1	60	60	60	60
2	56	57	56	56
3	54	55	55	55
4				
5				
6	46	50	54	54
7	43	48	53	52
8	42	45	48	48
9	38	42	46	45
10	36	42	42	42
11				
12				
13	32	35	34	33
14	30	33	31	28
15	28	32	29	28
16	27	31	26	25
17	26	30	25	23
18				
19				
20	24	27	22	19
21	24	26	20	18
22				
23	22	24	18	17
24	22	24		
25				
26				
27	22	23		
28	21	22		
29	20	21		
30	20	21		
31	20	21		
32				
33				
34	20	20		
35	19	20		
36	18	19		
37	18	18		
38	17	17		

9.8.4 Alkoholgehalt

Tag	Alkohol [%-vol.]			
	VP3/15-T1	VP3/15-T2	VP3/15-B1	VP3/15-B2
1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0
4				
5				
6	1,7	0,9	0,1	0,1
7	2,4	1,6	0,4	0,4
8	3	2,2	1,1	1,2
9	3,4	2,8	1,9	2,0
10	3,9	3,3	2,5	2,7
11				
12				
13	4,9	4,5	4,3	4,8
14	5,2	4,8	5,0	5,5
15	5,4	5	5,4	5,8
16	5,7	5,3	5,7	6,3
17	5,8	5,5	6,3	6,8
18				
19				
20	6,4	6,2	7,2	7,6
21	6,4	6,3	7,5	7,8
22				
23	6,7	6,5	7,8	8,1
24	7,0	6,8		
25				
26				
27	7,2	7,1		
28	7,4	7,3		
29	7,4	7,3		
30	7,2	7,3		
31	7,4	7,4		

9.8.5 Hefezellzahl

Hefezellzahl [KBE/mL]				
Tag	VP3/15-T1	VP3/15-T2	VP3/15-B1	VP3/15-B2
1	1,09E+06	1,09E+06	1,09E+06	1,09E+06
2				
3	2,69E+06	1,21E+06	1,24E+06	1,06E+06
4				
5				
6	2,69E+06	1,13E+07	3,05E+06	3,58E+06
7				
8	2,35E+07	2,19E+07	2,56E+07	2,59E+07
9				
10	1,67E+07	1,91E+07	3,12E+07	3,29E+07
11				
12				
13	1,78E+07	2,75E+07	3,24E+07	3,51E+07
14				
15	1,72E+07	2,01E+07	3,29E+07	3,22E+07
16				
17	1,72E+07	1,92E+07	2,18E+07	3,07E+07
18				
19				
20	2,43E+07	2,18E+07	2,70E+07	2,22E+07
21	1,70E+07	1,78E+07	1,72E+07	2,40E+07
22				
23				
24	1,53E+07	1,63E+07		
25				
26				
27	1,15E+07	1,40E+07		
28				
29	1,01E+07	1,38E+07		

9.9 Mittelwerte der Verkostung mit unstrukturierter Skala

9.10 VP1 – Merkmal Sauberkeit

Probencode	1	4	5	6	8	10	11	14	16
Koster 1	66,7	34,8	64,3	63,1	68,0	74,5	64,6	61,5	50,2
Koster 2	68,2	37,7	72,5	60,4	60,1	63,6	64,4	60,9	59,8
Koster 3	63,6	30,5	42,4	68,5	75,0	72,6	73,0	54,4	67,5
Koster 4	62,7	31,9	63,6	75,9	68,8	49,9	72,5	61,4	60,8
Koster 5	68,3	34,5	52,9	59,2	62,0	71,5	61,0	71,4	66,8

9.10.1 VP1– Merkmal Geruch

Probencode	1	4	5	6	8	10	11	14	16
Koster 1	57,6	32,9	62,8	40,8	67,8	52,0	36,4	56,8	55,1
Koster 2	47,5	33,5	64,6	45,6	59,4	43,6	60,1	50,6	57,3
Koster 3	40,8	36,8	30,8	41,1	67,7	53,9	72,0	50,9	68,1
Koster 4	54,7	28,9	45,9	65,2	61,9	45,5	68,0	33,9	58,1
Koster 5	48,9	37,9	38,4	31,5	59,7	48,2	68,9	68,1	60,6

9.10.2 VP1– Merkmal Mundgefühl

Probencode	1	4	5	6	8	10	11	14	16
Koster 1	49,9	56,2	66,4	50,4	39,7	44,1	45,5	80,9	66,6
Koster 2	62,5	42,8	66,2	55,7	43,7	36,9	58,0	81,7	52,3
Koster 3	51,7	26,0	36,7	61,5	67,2	68,6	64,9	61,2	61,8
Koster 4	53,0	23,4	55,7	63,3	54,9	56,6	60,6	79,1	53,2
Koster 5	44,7	32,8	41,8	43,0	65,8	68,0	65,8	77,4	60,3

9.10.3 VP1– Gesamturteil

Probencode	1	4	5	6	8	10	11	14	16
Koster 1	61,1	22,9	60,7	55,8	55,0	58,2	40,8	56,8	42,4
Koster 2	47,2	31,3	61,1	49,3	59,6	38,4	59,8	58,3	48,7
Koster 3	49,3	26,6	27,9	60,1	55,4	58,1	61,8	58,0	56,7
Koster 4	54,5	27,2	49,8	70,0	58,3	46,8	53,1	41,5	52,7
Koster 5	40,1	32,0	37,1	40,3	59,2	48,3	60,7	74,6	61,4

9.10.4 VP2– Merkmal Sauberkeit

Probencode	18	19	20	21	22	23
Koster 1	132,6	108,3	113,7	117,4	126,6	99,9
Koster 2	106,0	110,5	118,0	119,1	117,2	127,5
Koster 3	120,9	117,5	103,0	125,7	114,2	117,1
Koster 4	129,0	119,2	117,9	108,7	121,9	101,6
Koster 5	114,6	115,5	134,3	102,3	105,6	126,0
Koster 6	128,7	115,9	116,7	124,3	123,3	89,5

9.10.5 VP2– Merkmal Geruch

Probencode	18	19	20	21	22	23
Koster 1	87,6	58,2	61,8	61,3	79,4	48,1
Koster 2	67,9	54,9	75,4	48,1	59,9	90,1
Koster 3	57,5	73,3	50,0	73,7	62,8	79,1
Koster 4	72,9	72,1	71,0	49,0	59,9	71,5
Koster 5	78,7	62,4	52,6	78,3	60,4	63,9
Koster 6	74,9	70,7	66,6	69,4	74,5	40,2

9.10.6 VP2– Merkmal Mundgefühl

Probencode	18	19	20	21	22	23
Koster 1	80,6	54,0	54,4	59,1	71,8	53,1
Koster 2	49,8	63,4	69,1	77,8	42,8	70,0
Koster 3	59,2	72,5	62,7	56,6	60,4	61,7
Koster 4	66,4	51,1	61,1	70,9	67,2	56,2
Koster 5	64,0	53,7	63,9	63,5	69,2	58,7
Koster 6	72,4	72,1	67,8	61,3	45,1	54,3

9.10.7 VP2– Gesamturteil

Probencode	18	19	20	21	22	23
Koster 1	89,1	50,7	63,7	63,9	84,5	62,8
Koster 2	60,1	66,1	77,7	75,3	48,1	87,3
Koster 3	77,4	71,5	60,9	79,4	55,5	70,0
Koster 4	81,7	58,0	75,5	59,6	75,1	64,8
Koster 5	76,0	76,2	51,1	84,5	53,9	73,1
Koster 6	81,7	76,8	76,6	74,8	60,2	44,6

9.10.8 VP3– Merkmal Sauberkeit

Probencode	10	11	26	27
Koster 1	64,8	61,7	70,1	73,5
Koster 2	69,1	63,7	60,8	76,5
Koster 3	69,3	72,7	56,3	71,7
Koster 4	62,9	80,7	58,8	67,5
Koster 5	61,3	61,9	70,6	76,3

9.10.9 VP3– Merkmal Geruch

Probencode	10	11	26	27
Koster 1	84,0	53,1	70,3	54,3
Koster 2	68,1	62,9	66,0	64,7
Koster 3	70,3	79,0	47,9	64,5
Koster 4	60,8	83,8	58,6	58,4
Koster 5	67,1	55,2	69,4	70,0

9.10.10 VP3– Merkmal Mundgefühl

Probencode	10	11	26	27
Koster 1	62,2	62,0	74,4	63,2
Koster 2	70,0	66,5	64,1	61,2
Koster 3	70,3	72,3	52,8	66,5
Koster 4	68,4	63,6	66,6	63,2
Koster 5	56,4	62,1	67,8	75,4

9.10.11 VP3– Gesamturteil

Probencode	10	11	26	27
Koster 1	56,2	44,5	72,7	51,1
Koster 2	56,0	49,3	62,0	57,2
Koster 3	62,2	68,8	40,5	52,9
Koster 4	63,8	58,7	46,8	55,2
Koster 5	44,9	53,1	60,8	65,8

9.11 Werte für Glycerin, Acetaldehyd, Alkoholgehalt und SO₂

		Glycerin	Alkohol	Acetaldehyd	SO ₂
		g/L	%-vol.	mg/L	g/L
VP1/K	T1	-	8,5	-	18,5

VP1/K	T1	-	8,5	-	18,5
VP1/K	T2	3,989	8,4	10	17,5
VP1/K	T2	4,105	8,4	10	17,5
VP1/K	B1	5,019	8,4	5	19,0
VP1/K	B1	5,234	8,4	6	19,0
VP1/K	B2	5,165	8,4	6	21,0
VP1/K	B2	5,291	8,4	6	21,0
VP1/L	T1	4,185	8,6	12	15,0
VP1/L	T1	4,101	8,6	12	15,0
VP1/L	T2	3,890	8,4	13	19,0
VP1/L	T2	3,879	8,4	12	19,0
VP1/L	B1	4,836	8,4	6	21,0
VP1/L	B1	4,868	8,4	6	21,0
VP1/L	B2	4,776	8,4	6	19,0
VP1/L	B2	4,942	8,4	6	19,0
VP1/F	T1	4,629	8,3	18	20,0
VP1/F	T1	4,539	8,3	18	20,0
VP1/F	T2	4,527	8,4	18	20,0
VP1/F	T2	4,545	8,4	19	20,0
VP1/F	B1	4,732	8,1	6	19,0
VP1/F	B1	4,511	8,1	6	19,0
VP1/F	B2	6,912	8,2	5	19,0
VP1/F	B2	6,719	8,2	5	19,0
VP1/C	T1	-	8,5	-	19,0
VP1/C	T1	-	8,5	-	19,0
VP1/C	T2	-	8,2	-	19,0
VP1/C	T2	-	8,2	-	19,0
VP1/C	B1	-	8,2	-	19,0
VP1/C	B1	-	8,2	-	19,0
VP1/C	B2	-	8,2	-	19,0
VP1/C	B2	-	8,2	-	19,0
VP2_1	T1	-	8,2	-	21,0
VP2_1	T1	-	8,2	-	21,0
VP2_1	T2	4,016	7,9	18	21,0
VP2_1	T2	4,124	7,9	16	21,0
VP2_1	B1	4,732	7,6	6	19,0
VP2_1	B1	4,511	7,6	6	19,0
VP2_1	B2	6,912	7,7	5	19,0
VP2_1	B2	6,719	7,7	5	19,0
VP2_2	T1	4,232	7,0	14	19,0
VP2_2	T1	4,434	7,0	14	19,0
VP2_2	T2	-	7,7	-	19,0
VP2_2	T2	-	7,7	-	19,0
VP2_2	B1	-	7,7	-	19,0
VP2_2	B1	-	7,7	-	19,0

VP2_2	B2	-	7,7	-	19,0
VP2_2	B2	-	7,7	-	19,0
VP3	T1	5,240	8,1	15	19,0
VP3	T1	4,986	8,1	15	19,0
VP3	T2	5,309	8,3	13	19,0
VP3	T2	5,402	8,3	13	19,0
VP3	B1	5,074	8,1	13	21,0
VP3	B1	5,217	8,1	13	21,0
VP3	B2	5,191	8,1	9	19,0
VP3	B2	5,337	8,1	10	19,0

Codierung der PCR-Proben

Nr.	Bezeichnung
1	VP1/K-T1
2	VP1/K-T2
3	VP1/K-B1
4	VP1/K-B2
5	VP1/L-T1
6	VP1/L-T2
7	VP1/L-B1
8	VP1/L-B2
9	VP1/F-T1
10	VP1/F-T2
11	VP1/F-B1
12	VP1/F-B2
13	VP1/C-T1
14	VP1/C-T2
15	VP1/C-B1
16	VP1/C-B2
17	VP2/1-T1
18	VP2/1-T2
19	VP2/1-B1
20	VP2/1-B2
21	VP2/2-T1
22	VP2/2-T2
23	VP2/2-B1
24	VP2/2-B2

25	VP3/15-T1
26	VP3/15-T2
27	VP3/15-B1
28	VP3/15-B2
29	VP2/1-T1(2)
30	VP2/1-T1(3)

Curriculum Vitae

Barbara Sterkl

Geburtsdatum	05.12.1985
Familienstand	ledig
Staatsbürgerschaft	Österreich
Mail	babsisterkl@hotmail.com

Ausbildung

2004 – 2012	Studium der Ernährungswissenschaften mit Schwerpunkt Lebensmitteltechnologie, Universität Wien
1996 – 2004	Bundesrealgymnasium mit Schwerpunkt Naturwissenschaften, Ringstraße Krems Matura im Juni 2004

Berufspraxis

seit 09/2011	Ankerbrot AG, Wien Qualitätsmanagement
07/2010 – 08/2011	Sterkl GmbH, Statzendorf Qualitätsmanagement
09/2009 – 02/2010	Bundesamt für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg Abteilung Obstverarbeitung, Diplomarbeit
09/2008	Bundesamt für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg Abteilung Obstverarbeitung, Praktikum
02/2008	Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Wien Praktikum
09/2008	Gutschermühle, Traismauer Qualitätssicherung, Praktikum
08 – 09/2006	Biomin GmbH – Research Center, Tulln Abteilung Mikrobiologie, Praktikum