



Authentizität von Walliser Roggenbrot AOP

Autoren und Autorinnen

Hans-Peter Bachmann, Hélène Berthoud-dit-Gallon Marchand, Vincent Beuret, Edith Beutler, Stephanie Bräunlich, Sébastien Dubois, Lotti Egger, Charlotte Fleuti, Marie-Therese Fröhlich-Wyder, Pascal Fuchsmann, Dominik Guggisberg, Jonas Inderbitzin, Daniel Marzohl, Reto Portmann, Remo Schmidt, Noam Shani, Simon Wacker

Partner

Vereinigung Walliser Roggenbrot,
Schweizerische Vereinigung der AOP-IGP



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Impressum

Herausgeber	Agroscope Schwarzenburgstrasse 161 3003 Bern www.agroscope.ch
Auskünfte	Hans-Peter Bachmann, hans-peter.bachmann@agroscope.admin.ch
Redaktion	Hans-Peter Bachmann
Fotos	Agroscope
Titelbild	Agroscope
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2026
ISSN	2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as225g
Sprachversionen	Diese Publikation ist auch auf Französisch erschienen: https://doi.org/10.34776/as225f

Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhalt

Zusammenfassung	5
1 Konzept der Studie	9
1.1 Einleitung	9
1.2 Zielsetzung	10
1.3 Vorgehen	11
2 Material und Methoden	12
2.1 Probenahmen	12
2.2 Sensorische Beschreibung	13
2.3 Mikrobiologische Analysen	14
2.3.1 Vorbereitung der Proben	14
2.3.2 Keimzahlbestimmungen	14
2.3.3 Analyse mikrobieller Gemeinschaften mittels Sequenzierung der neuesten Generation	14
2.3.4 Multivariate Statistik	14
2.4 Chemische Analysen	15
2.4.1 pH-Wert und Kochsalz	15
2.4.2 Analysen der Nährstoffe und Proteine	15
2.5 Enzymatische Analysen	16
2.6 Totale und freie Aminosäuren	16
2.7 Bestimmung des Volatiloms	16
2.8 Physikalische Analysen	17
2.9 Bestimmung der Fallzahl der Mehle	17
3 Angaben zu den Betrieben und zur Herstellung	18
3.1 Rohstoffe	18
3.2 Sauerteig oder Poolisch	20
3.3 Stock- und Stückgare	21
3.4 Backen	22
4 Ergebnisse der Mehluntersuchungen	23
4.1 Feinheit der Mehle	23
4.2 Fallzahl	24
4.3 Fasern	25
5 Mikrobiologie der Teiglinge	26
5.1 Hefen	26
5.2 Milchsäurebakterien	28
5.3 Essigsäurebakterien	30
5.4 Stammsammlung	31
5.5 Mikrobiom der Hefen	31
5.6 Mikrobiom der Bakterien	33
6 Charakterisierung der Roggenbrote	35
6.1 Chemische und biochemische Analysen	35
6.1.1 Chemische Zusammensetzung	36
6.1.2 Gärungsanalytik	41

6.1.3	Totale und freie Aminosäuren	46
6.2	Physikalische Analysen	50
6.2.1	Textur.....	50
6.2.2	Farbe	51
6.2.3	Makroskopie	51
6.2.4	Computer-Tomografie (CT)	52
6.3	Sensorische Beschreibung.....	54
6.3.1	Textur.....	54
6.3.2	Geschmack.....	57
6.3.3	Aroma	59
6.3.4	Gruppierung nach Attributen und Bäckereien	62
6.3.5	Spinnendiagramme	63
6.4	Kleiner Konsumententest	64
6.5	Flüchtige Aroma-Komponenten.....	66
6.6	Unterschiede zwischen Sauerteig und Poolisch	69
7	Statistische Auswertung.....	70
7.1	Korrelationen	70
7.1.1	Korrelationsmatrix sensorische Attribute.....	70
7.1.2	Attribut «sauer»	71
7.1.3	Attribut «salzig»	72
7.1.4	Festigkeit	72
7.1.5	Trockenmasse	73
7.1.6	Wasserverlust beim Backen und bei der Lagerung	74
7.2	Multivariate Statistik.....	75
7.2.1	Multifaktoranalyse (MFA) mit den Top 30 Variablen	75
7.2.2	Unterschiede zwischen den Sprachregionen	76
8	Schlussfolgerungen	77
8.1	Einflussfaktoren auf die Qualität und Diversität von Walliser Roggenbrot AOP	77
8.2	Wissenschaftliche Hypothesen für Folgestudien	78
8.3	Weiteres Vorgehen.....	78
9	Abbildungsverzeichnis	79
10	Tabellenverzeichnis	80
11	Literaturverzeichnis	82
12	Anhang: Rohdaten Volatilom	84

Zusammenfassung

Um die Authentizität von Walliser Roggenbrot AOP zu beschreiben, wurden von 21 repräsentativ ausgewählten Bäckereien, das Mehl, die Teiglinge sowie das frische und das 1 Woche gelagerte Brot analytisch untersucht und basierend auf den Ergebnissen mögliche Einflussfaktoren auf die Qualität und Diversität von Walliser Roggenbrot AOP ermittelt.

Das Metagenom in den Teiglingen wies bei den Hefen eine kleine und bei den Bakterien eine grosse Biodiversität auf. Das typische Sauerteig-Bakterium *Fructilactobacillus sanfranciscensis* wies nur bei einem einzigen Teigling die höchste Abundanz auf. In 10 von 21 Teiglingen war die 2025 neu beschriebene Spezies *Fructilactobacillus frigidiflavus* vorherrschend. In 7 Teiglingen dominierten unterschiedliche Spezies von anderen Milchsäurebakterien. In 3 Teiglingen hatten gram-negative Bakterien die höchste relative Abundanz, was darauf hinweist, dass es sich um «junge» Sauerteige mit wenig Passagen gehandelt haben könnte. Bei den Hefen konnten nur in 3 Teiglingen andere Spezies als die Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae* in einer signifikanten Menge nachgewiesen werden.

Der bedeutendste Einflussfaktor auf die Qualität und Diversität von Walliser Roggenbrot AOP war bei der vorliegenden Studie der Anteil des Weizenmehles. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Bäckereien, welche 100 % Roggenmehl verwendeten, sich insgesamt auch etwas stärker am ursprünglichen Walliser Roggenbrot AOP orientierten, bei dem die Herstellung in erster Linie auf eine lange Haltbarkeit ausgelegt war. Die Brote aus reinem Roggenmehl waren im Mittel deutlich saurer und auch etwas salziger als die Brote mit dem Zusatz von Weizenmehl. Sie waren zudem leicht aromatischer, fruchtiger, gäriger und etwas weniger getreideartig. Bei der ausschliesslichen Verwendung von Roggenmehl verlief die Gärung intensiver, es entstanden mehr Gärprodukte und der pH-Wert war tiefer.

Die meisten Walliser Roggenbrote AOP waren nur schwach sauer. Die Sauerkeit wurde dabei durch den Gehalt an Milchsäure bestimmt. Die Essigsäure spielte nur eine untergeordnete Rolle. In 5 der 21 untersuchten Walliser Roggenbrote AOP war gar keine Milchsäure nachweisbar. Essigsäure wurde hingegen in allen untersuchten Teiglingen und Broten gefunden. Das Attribut sauer korrelierte positiv mit den Attributen fruchtig, gärig, anhaltend, würzig, Aromaintensität und adstringierend.

Der Einsatz einer Poolisch (einem flüssigen Vorteig) führte zu einer schnelleren Gärung, hatte aber auf die sensorischen Eigenschaften der Roggenbrote nur einen eng begrenzten Einfluss.

Viele Bäckerinnen und Bäcker wendeten bei der Herstellung von Walliser Roggenbrot AOP keine strikte Rezeptur an, sondern führten den Prozess aufgrund von sensorischen Beobachtungen und ihren langjährigen Erfahrungen. Dies schränkte die Möglichkeiten stark ein, statistische Zusammenhänge zwischen den Produktionsparametern und den Eigenschaften der Brote zu berechnen.

Résumé

Une étude a été menée pour décrire l'authenticité du pain de seigle valaisan AOP en analysant la farine, les pâtons ainsi que les pains frais et ceux conservés pendant une semaine de 21 boulangeries représentatives de Suisse. Son but était d'identifier les éléments susceptibles d'affecter la qualité et la variété du pain de seigle valaisan AOP, grâce aux résultats obtenus.

L'analyse du métagénome des pâtons a révélé une faible biodiversité levurienne et une biodiversité bactérienne élevée. La bactérie typique du levain *Fructilactobacillus sanfranciscensis* n'était la plus abondante que dans un seul pâton. Dans 10 des 21 pâtons, l'espèce *Fructilactobacillus frigidiflavus*, nouvellement décrite en 2025, était prédominante. Différentes espèces d'autres bactéries lactiques dominaient dans 7 pâtons, tandis que, dans 3 autres pâtons, l'abondance relative la plus importante était formée par des bactéries Gram négatif, ce qui laisse supposer qu'il s'agissait de «jeunes» levains ayant subi peu de rafraîchis. En ce qui concerne les levures, seules trois pâtons contenaient des espèces autres que la levure de boulangerie *Saccharomyces cerevisiae* en quantité significative.

Dans cette étude, le principal facteur ayant influencé la qualité et la diversité du pain de seigle valaisan AOP était la proportion de farine de blé. Toutefois, il convient de souligner que les boulangeries qui utilisaient exclusivement de la farine de seigle proposaient un pain qui s'inspirait davantage du pain de seigle valaisan AOP d'origine, dont la fabrication visait avant tout une longue durée de conservation. Les pains composés uniquement de farine de seigle étaient en moyenne nettement plus acidulés et légèrement plus salés que ceux avec un complément de farine de blé. Ils étaient également un peu plus aromatiques, fruités, fermentés et un peu moins céréaliers. L'emploi exclusif de farine de seigle a entraîné une fermentation plus intense, une augmentation du nombre de produits de fermentation et un pH plus faible.

Dans la plupart des cas, les pains de seigle valaisan AOP n'étaient que légèrement acides. L'acidité du pain était principalement déterminée par la teneur en acide lactique, tandis que l'acide acétique ne jouait qu'un rôle secondaire. La présence d'acide lactique n'a pas été identifiée dans cinq des 21 pains de seigle valaisan AOP, alors que l'acide acétique était présent dans tous les pâtons et pains analysés. L'étude a également constaté une corrélation positive entre l'attribut «acide» et les attributs «fruité», «fermenté», «persistant», «épicé», «intensité aromatique» et «astringent».

L'utilisation d'une poolish (une sorte de pré-pâte liquide) a entraîné une fermentation plus rapide, mais avec un impact limité sur les propriétés sensorielles des pains de seigle.

Un grand nombre de boulangères et de boulangers n'ont pas suivi de recette strictement standardisée pour la fabrication du pain de seigle valaisan AOP. Leur processus de fabrication reposait souvent sur des observations sensorielles et une longue expérience professionnelle. Cette pratique a considérablement limité la possibilité d'évaluer les corrélations statistiques entre les paramètres de production et les caractéristiques des pains.

Cette publication est également disponible en français: <https://doi.org/10.34776/as225f>

Summary

To characterise the authenticity of Valais rye bread AOP, flour, dough samples and loaves (both fresh and after one week's storage) from 21 representative bakeries were analysed and possible factors influencing the quality and diversity of Valais rye bread AOP were identified based on the results.

Metagenomic analysis of the dough samples showed low yeast biodiversity and high bacterial biodiversity. The typical sourdough bacterium *Fructilactobacillus sanfranciscensis* had the highest abundance in one dough only. *Fructilactobacillus frigidiflavus*, a novel species described in 2025, was dominant in 10 of the 21 doughs. Different species of other lactic acid bacteria dominated in seven doughs. Gram-negative bacteria had the highest relative abundance in three doughs, which suggests that these may have been 'young' sourdoughs that had undergone only a few feeds. As for yeasts, only three doughs were found to contain significant quantities of species other than the brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae*.

This study found the proportion of wheat flour to be the most significant factor influencing the quality and diversity of Valais rye bread AOP. It is important to note that the bakeries which used 100% rye flour also more closely corresponded to the original Valais rye bread AOP, which was designed primarily to have a long shelf life. Loaves made from pure rye flour were on average significantly more sour and slightly saltier than loaves with added wheat flour. They were also slightly more aromatic, fruity, fermented flavour and a little less cereal-like. When rye flour alone was used, fermentation was more intense, more fermentation products were produced, and the pH was lower.

Most of the Valais rye breads AOP were only slightly sour. Sourness was determined by the lactic acid content, with acetic acid playing only a minor role. No lactic acid whatsoever was detected in 5 of the 21 Valais rye breads AOP studied. In contrast, acetic acid was found in all the doughs and loaves analysed. The attribute 'sour' correlates positively with the attributes 'fruity', 'tangy', 'lingering' 'spicey', 'aroma intensity' and 'astringent'.

The use of a poolish (a liquid pre-ferment) led to more rapid fermentation but had only very limited effect on the sensory characteristics of the rye breads.

Many bakers did not follow a strict recipe when making the Valais rye breads AOP. Instead, they relied on their sensory observations and years of experience to guide the process. This greatly limited options for identifying statistical correlations between the production parameters and the characteristics of the breads.

Riassunto

Sono stati analizzati la farina, gli impasti, il pane fresco e quello conservato da una settimana provenienti da 21 panifici selezionati a titolo rappresentativo e, in base ai risultati, sono stati determinati i possibili fattori che influenzano la qualità e la diversità del pane di segale del Vallese AOP per descriverne l'autenticità.

Il metagenoma degli impasti ha mostrato una biodiversità bassa per quanto riguarda i lieviti, ma elevata per i batteri. *Fructilactobacillus sanfranciscensis*, il batterio tipico della pasta acida, è risultato prevalente soltanto in un impasto. La specie *Fructilactobacillus frigidiflavus*, descritta nel 2025, era invece predominante in 10 dei 21 impasti. In 7 impasti erano prevalenti diverse specie di altri batteri acido lattici. In 3 impasti, i batteri gram-negativi avevano l'abbondanza relativa più elevata, il che indica che potrebbe trattarsi di paste acide "giovani" che hanno subito pochi passaggi. Tra i lieviti, specie diverse dal lievito per panificazione *Saccharomyces cerevisiae* sono state rilevate in quantità significative solo in 3 impasti.

Il fattore che nel presente studio ha inciso in maniera più significativa sulla qualità e la diversità del pane di segale del Vallese AOP è stata la percentuale di farina di frumento. Tuttavia, va notato che i panifici che hanno utilizzato il 100 % di farina di segale tendono anche a orientarsi verso il pane di segale del Vallese AOP originale, che si contraddistingue soprattutto per la lunga conservabilità. Le pagnotte prodotte con farina di segale pura risultavano in media significativamente più acide e anche leggermente più salate rispetto a quelle con aggiunta di farina di frumento. Avevano un gusto anche lievemente più aromatico, fruttato e fermentato, con un sapore di cereali meno pronunciato. Utilizzando la sola farina di segale, la fermentazione è stata più intensa, sono stati generati più prodotti di fermentazione, mentre il valore pH risultava più basso.

La maggior parte del pane di segale del Vallese AOP ha mostrato solo una lieve acidità, determinata dal tenore di acido lattico, mentre l'acido acetico svolgeva solo un ruolo secondario. In 5 dei 21 pani di segale del Vallese AOP analizzati non è stato rilevato alcun acido lattico. L'acido acetico, invece, è stato trovato in tutti gli impasti e i pani studiati. L'attributo acido si è correlato positivamente con gli attributi fruttato, fermentato, persistente, piccante, intenso nel gusto e astringente.

L'uso di un poolish (un preimpasto liquido) ha portato a una fermentazione più rapida, ma ha avuto solo un effetto molto limitato sulle proprietà organolettiche del pane di segale.

Molti panettieri non hanno seguito una ricetta rigorosa per la preparazione del pane di segale del Vallese AOP, ma hanno basato il processo su osservazioni sensoriali e su un'esperienza pluriennale. Ciò ha fortemente limitato la possibilità di calcolare correlazioni statistiche tra i parametri di produzione e le proprietà del pane.

1 Konzept der Studie

1.1 Einleitung

Bereits im Mittelalter wurde im europäischen Alpenraum Roggen angebaut und zu Brot verarbeitet. Die Bedeutung des Roggenbrots im Wallis bezeugen bereits Schriften von 1209. Es war damals der Hauptbestandteil der täglichen Nahrung in den Walliser Dörfern, da Roggen als einzige Getreideart die extremen Klimabedingungen überstehen konnte. Der Ofen für die kollektive Brotherstellung im Dorf wurde nur zwei bis drei Mal pro Jahr angefacht. Die produzierten Backwaren, wie das Walliser Roggenbrot, mussten deshalb besonders lange haltbar sein. Das Walliser Roggenbrot AOP dient der Erhaltung der Kultur des Roggenanbaus im Wallis und damit auch dem Landschaftsschutz. Es stellt eine wertvolle Verbindung dar zwischen Konsumentinnen und Konsumenten, Bäckerinnen und Bäcker, Müllerinnen und Müller sowie Bäuerinnen und Bauern. Es wird streng nach den Richtlinien des AOP-Pflichtenhefts hergestellt und trägt dennoch die Handschrift jeder einzelnen Bäckermeisterin bzw. jedes einzelnen Bäckermeisters (Quelle: Vereinigung Walliser Roggenbrot).

Gemäss dem historischen Lexikon der Schweiz wurde schon zur Römerzeit Roggen im Alpenraum angebaut.



Abbildung 1.1: Roggenfeld im alten Saas Fee

Das Foto zeigt ein Bild aus dem privaten Museum des Bäckerei-Hotels Imseng in Saas Fee

Mikroorganismen haben bei der Herstellung von vielen AOP- und IGP-Produkten eine wichtige Funktion und tragen massgeblich zur Qualität und zur Differenzierung bei. Sie kommen natürlicherweise in und auf den Rohstoffen vor und prägen dadurch auch die Authentizität und die Verbindung mit dem Terroir. Über die natürliche Vielfalt der Mikroorganismen bei der Herstellung von Walliser Roggenbrot AOP ist bis heute noch wenig bekannt.

Die Literatur über die Mikrobiologie von Sauerteigbrot wurde in einer separaten Publikation zusammengefasst (Bachmann & Stergiou-Gekenidis, 2024). Mikrobielle Sauerteig-Gemeinschaften können sowohl einfach als auch komplex zusammengesetzt sein. Spontane Fermentationen führen tendenziell zu eher komplexen Systemen, wogegen der Zusatz von ausgewählten Starter-Mikroorganismen eher einfache mikrobielle Systeme erzeugt. Dies lässt eine eher komplexe Zusammensetzung des Mikrobioms in den Sauerteigen für das Walliser Roggenbrot AOP vermuten. In der Schlussfolgerung der Literaturzusammenfassung wurde festgehalten, dass weitere Studien durchgeführt werden müssen, um die verborgenen Mechanismen aufzudecken, die der mikrobiellen

Zusammensetzung, Dynamik und Stabilität von Sauerteig zugrunde liegen. Mit der vorliegenden Arbeit soll dazu ein Beitrag geleistet werden.

1.2 Zielsetzung

Die Studie verfolgte sowohl wissenschaftliche als auch kommunikative Ziele:

- Die natürliche Vielfalt der Mikroorganismen in den Teiglingen von Walliser Roggenbrot bestimmen und Folgerungen zu möglichen Auswirkungen auf die sensorischen Eigenschaften des Roggenbrotes mit den Herstellern diskutieren.
- Wissenschaftliche Hypothesen für Folgestudien formulieren.
- Interessante Mikroorganismen isolieren, in die Stammsammlung von Agroscope aufnehmen und deren weitere Verwendung gegenseitig vereinbaren.
- Fach- und Publikumsmedien berichten positiv über die Authentizität von Walliser Roggenbrot AOP.



Abbildung 1.2: Roggenbrote der Bäckerei Les Artisans in Savièse

1.3 Vorgehen

Die Bäckerinnen und Bäcker von Walliser Roggenbrot AOP wurden Ende 2023 in einem gemeinsamen Schreiben von:

- der Vereinigung Walliser Roggenbrot,
- der schweizerischen Vereinigung der AOP-IGP und
- Agroscope (Forschungsgruppe Käsequalität, Kulturen und Terroir).

zur Teilnahme an der Studie eingeladen. Sie wurden aufgefordert sich für die Studie anzumelden und verschiedene Informationen zum Betrieb und zur Herstellung einzureichen. Die Kosten für das Einsammeln der Proben und für die Analytik wurden von Agroscope übernommen. Schlussendlich haben sich 21 von 37 Bäckereien entschieden an der Studie teilzunehmen.

Im Januar 2023 wurden mehrere kleinere Vorversuche durchgeführt, um die Vielfalt kennenzulernen, die Analysenmethoden nach Bedarf anzupassen sowie das Sensorik-Panel zu schulen und die Attribute zu definieren. In den Monaten Februar und März 2024 wurden die 21 Bäckereien besucht:

- Rundgang, dokumentiert mit Fotos
- Angaben zum Betrieb und zur Herstellung ergänzt
- MTA (Materialtransfer- und Nutzungsvereinbarung) unterzeichnet
- Probematerialien eingesammelt

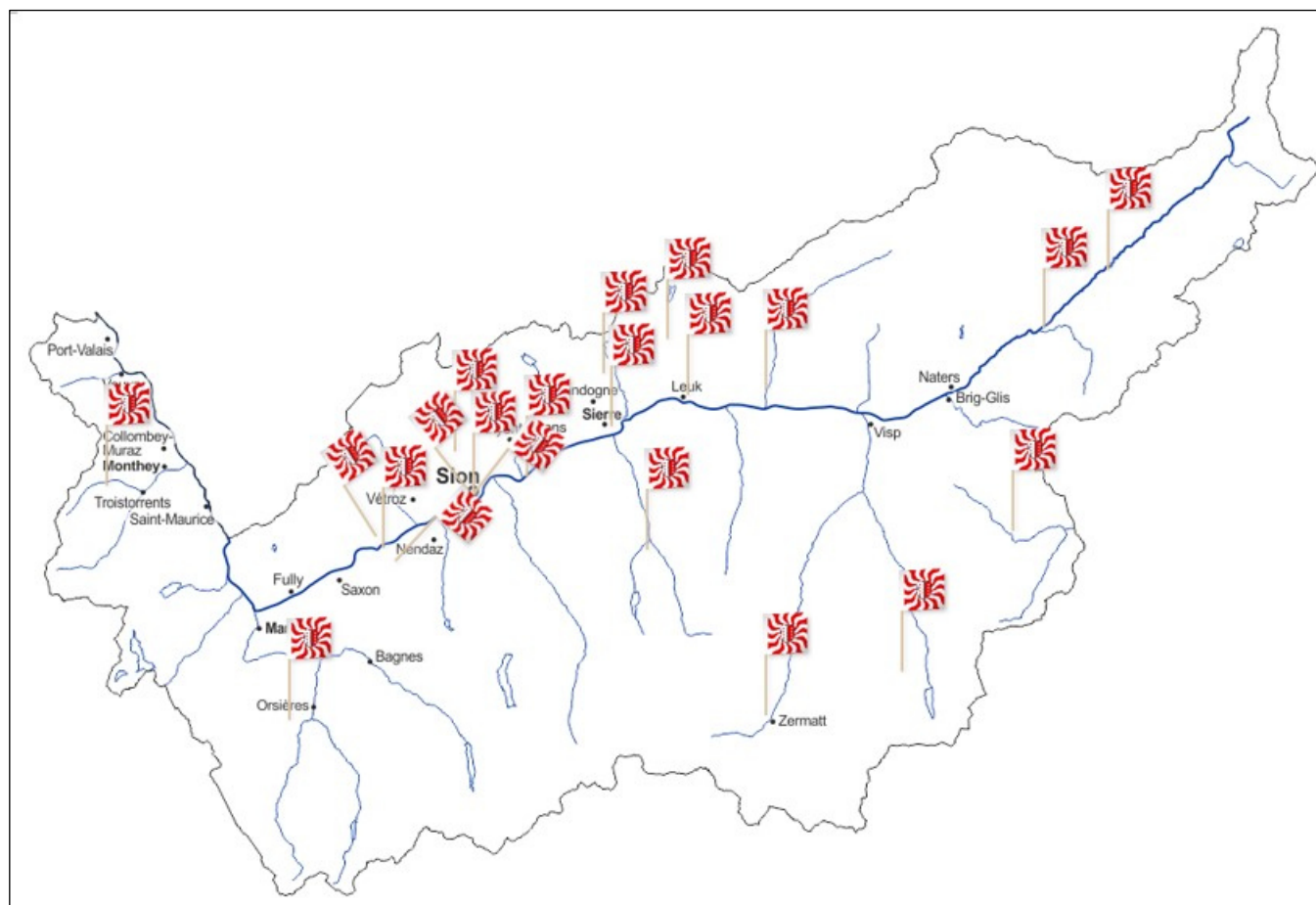


Abbildung 1.3: Aus dem ganzen Kanton Wallis nahmen Bäckereien an der Studie teil

2 Material und Methoden

2.1 Probenahmen

Von jeder Bäckerei wurden jeweils eingesammelt:

- 5 möglichst frische Walliser Roggenbrote AOP (idealerweise 1 kg),
- 5 Teiglinge, aus denen die Brote gebacken wurden (nach Stockgare gefroren) und
- 500 g Mehl, aus dem der Teig für die Brote bereitet wurde.

Die Brote wurden im Alter von 1-3 Tagen sowie für ausgewählte Parameter von 8-10 Tagen untersucht. Zwischen den beiden Untersuchungszeitpunkten wurden die Brote einzeln in einem Leinensack bei Raumtemperatur aufbewahrt.

Für die chemischen und biochemischen Analysen wurden die Teiglinge und die Brote entweder in flüssigem Stickstoff gefroren (Standort Liebefeld) oder lyophilisiert (Standort Posieux) und zu einem Pulver fein vermahlen.

Tabelle 2.1a: Laibgewichte der eingesammelten Brote

Laibgewicht	Bäckereien
Ca. 1 kg	1, 2, 3 (3 Laibe), 4 (3 Laibe), 5, 6, 7, 9, 11, 12, 14 (4 Laibe), 15, 18, 19, 20, 21
Ca. ½ kg	3 (2 Laibe), 4 (2 Laibe), 8, 13, 14 (1 Laib), 16, 17

Einige wenige Unzulänglichkeiten einzelner Proben führten zu kleineren Lücken im Datenset. Diese Lücken waren jedoch insgesamt nicht so gross, dass sie sich negativ auf die Repräsentativität der Ergebnisse und die Aussagekraft der Folgerungen haben auswirken können.

Tabelle 2.1b: Unzulänglichkeiten einzelner Proben mit Auswirkungen auf die Ergebnisse

Unzulänglichkeit	Auswirkung	Betroffene Bäckereien
Schimmelbildungen auf den Laiben während der 1-wöchigen Lagerung im Leinensack	Keine sensorische Beschreibung nach 8-10 Tagen	14, 16, 19
Teigiger Kern in den Laiben, die eingefroren wurden für die physikalischen Messungen	Analysenergebnisse können nicht ausgewertet werden	21, 22
Vorgaben des AOP-Pflichtenheftes nicht eingehalten, weil rechteckige, statt runde Brotlaibe	Ergebnisse trotzdem in die statistischen Berechnungen einbezogen, da Werte innerhalb der Normalverteilung	6
Vollständiger Rückzug aus der Studie	Keine Ergebnisse	10

Für die bedeutendste Abweichung sorgte eindeutig die Bäckerei Nr. 6, die mit der rechteckigen Form ihrer Brote das AOP-Pflichtenheft missachtete. Die Ergebnisse wurden trotzdem in die statistischen Berechnungen einbezogen, da sich die Werte innerhalb der Normalverteilung bewegten.

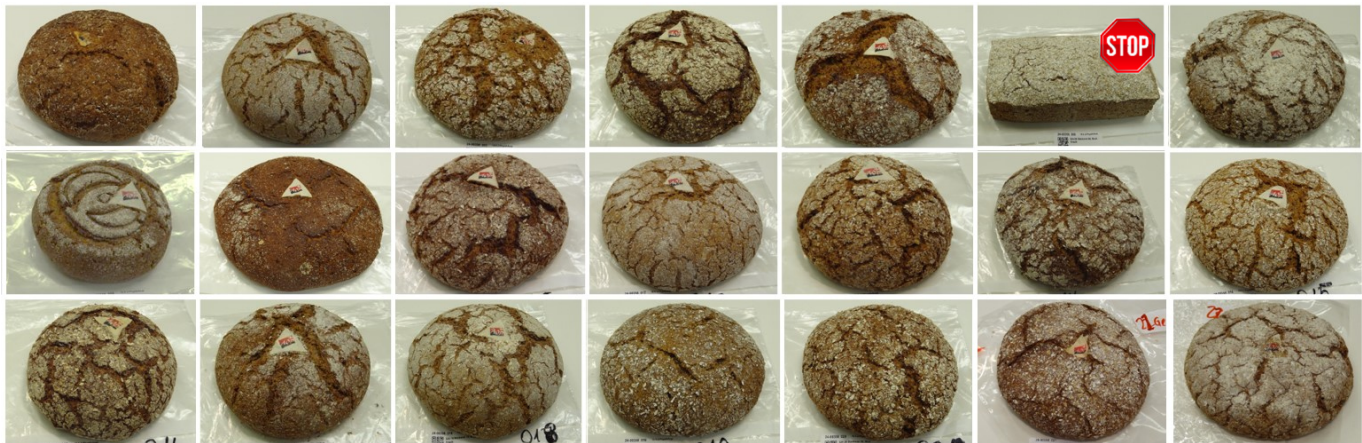


Abbildung 2.1: Brote aus den 21 Bäckereien, die an der Studie teilgenommen haben
(Oberste Reihe: Bäckereien 1 – 7, mittlere Reihe: 8 -15, untere Reihe: 16-22. Das Brot der Bäckerei 6 entspricht wegen der rechteckigen Form nicht dem Pflichtenheft für Walliser Roggenbrot AOP)

2.2 Sensorische Beschreibung

Die Brote wurden einen Tag vor der Verkostung angeliefert, einzeln in Leinensäcke verpackt und bei Raumtemperatur (20-22°C) gelagert. Die Roggenbrote wurden durch das trainierte Sensorik-Panel von Agroscope in Liebefeld, frisch (Alter 1 – 3 Tage, N_{Panelisten} = 21) und nach 1 Woche (Alter 8 – 10 Tagen, N_{Panelisten} = 18) in Sets von maximal 5 Proben, verkostet.

Für die Verkostung wurden die Brote geviertelt, anschliessend mit einer Schneidemaschine in 0.5-0.7 cm dicke Scheiben geschnitten und dem Panel vorgelegt. Die Proben wurden mit zufälligen dreistelligen Zahlen codiert und randomisiert verkostet (sequentiell monadisch, Williams Design). Zwischen den Proben wurde der Gaumen mit Wasser und Schwarztee neutralisiert.

Die Ausprägung folgender Attribute wurde digital mittels Sensorik-Software erfasst (FIZZ 2.61, Biosystèmes, France):

Modalität	Attribut	unstrukturierte Linienskala (10cm)	
		Links	Rechts
Aroma	Aromaintensität	wenig	ausgeprägt
	fruchtig	nicht	ausgeprägt
	gärig	nicht	ausgeprägt
	röstig	nicht	ausgeprägt
	getreideartig	nicht	ausgeprägt
	würzig	nicht	ausgeprägt
	zum ankreuzen ☐ pflanzlich ☐ hefig ☐ grün ☐ holzig ☐ pilzig ☐ buttrig		
Geschmack	salzig	nicht	ausgeprägt
	sauer	nicht	ausgeprägt
	süss	nicht	ausgeprägt
	bitter	nicht	ausgeprägt
	umami	nicht	ausgeprägt
Textur	knusprig (Kruste)	nicht	ausgeprägt
	fest	nicht	ausgeprägt
	elastisch	nicht	ausgeprägt
	feucht	nicht	ausgeprägt
	adhäsiv	nicht	ausgeprägt
	körnig	nicht	ausgeprägt
	adstringierend	nicht	ausgeprägt
	zum ankreuzen ☐ porös ☐ krümelig ☐ Mundgefühl, zäh (Kruste) ☐ faserig		
Persistenz	anhaltend aromatisch	kurz	lang

Als Referenz für die Aroma-Attribute diente das Aromarad für Brot ([Link](#)) der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW). Folgende zusätzlichen Attribut-Definitionen wurden vorgegeben:

- knusprig (Kruste): Grad der wahrgenommenen Knusprigkeit der Kruste (inkl. Akustik).
- fest: Die Kraft, die erforderlich ist, um die Probe durchzubeissen.
- elastisch: Fähigkeit der Probe, nach der Kompression in die Ausgangsposition zurückzukehren.
- feucht: Die Menge an Feuchtigkeit, die auf der Oberfläche des Produkts wahrgenommen wird, wenn es in Kontakt mit der Zunge und Mundhöhle kommt.
- adhäsiv: Der Grad, in dem das Produkt am Gaumen haftet. Analyse nach Kompression zwischen Zunge und Gaumen.
- körnig: Grad, in dem die Probe Partikel unterschiedlicher Grösse enthält.
- porös: Das Ausmass der Perforation der Brotoberfläche.
- adstringierend: Trockenes Gefühl auf den Mundflächen.
- zäh (Kruste): Grad der wahrgenommenen Zähigkeit der Kruste.
- faserig: Gefühl, das durch die Menge der in der Probe vorhandenen Fasern entsteht.
- anhaltend aromatisch: Zeitdauer in der das Aroma nach dem Schlucken retronasal wahrgenommen wird.

2.3 Mikrobiologische Analysen

2.3.1 Vorbereitung der Proben

Die Teiglinge wurden tiefgefroren ins Labor gebracht und über Nacht bei 4 °C aufgetaut, bevor sie für die anschließenden Analysen vorbereitet wurden. Die Proben wurden in einer Peptonlösung mit einem pH-Wert von 7,0 (10 g/l Pepton, 5 g/l Natriumchlorid, 20 g/l Natriumcitrat-Dihydrat, Merck, Grogg Chemie, Schweiz) bei 40 °C in einem Stomacher (Masticator, IUL Instruments GmbH, Troisdorf, Deutschland) 3 Minuten lang homogenisiert. Die erhaltene Suspension wurde 5 Minuten lang bei 200 x g und 4 °C zentrifugiert, um grobe Mehlpartikel zu entfernen, und der Überstand wurde für molekulare Analysen und Keimzahlbestimmungen gesammelt.

2.3.2 Keimzahlbestimmungen

Dezimalverdünnungen der durch Homogenisierung erhaltenen Suspension wurden in Duplikaten auf Agarplatten ausgestrichen, unter den unten angegebenen Bedingungen inkubiert und ausgezählt.

- Hefen: PY-Medium (Phytone Yeast Extract Agar, Becton Dickinson, Grogg Chemie, Schweiz), 30 °C, aerob, 2–5 Tage
- Essigsäurebakterien: ABS-Medium (Kim et al., 2019), 30 °C, aerob, 2–5 Tage
- Milchsäurebakterien (Kokken): M17-S (M17 mit 5 g/l Saccharose, Merck, Grogg Chemie, Schweiz), 30 °C, anaerob, 2–5 Tage
- Milchsäurebakterien (Stäbchen): mMRS-m (MRS mit 10 g/l Saccharose und 10 g/l Maltose; Merck, Grogg Chemie, Schweiz), 30 °C, anaerob, 2–5 Tage

Auf jedem Medium wurden Kolonien mit unterschiedlichem Aussehen ausgewählt und mittels MALDI-TOF auf einem MicroFlex™ LT/SH MS (Bruker Daltonics, Bremen, Deutschland) identifiziert, wie in (Pfrunder et al., 2016) beschrieben. Die Daten wurden mit FlexControl v. 3.4 (Build 206.94) erfasst. Die Spektren wurden mit der Software MBT Compass v.1.4 analysiert und mit dem Realtime Classification Biotyper MBT RUO 3.1 und der Datenbank BDAL v11.0 klassifiziert.

Aus jeder Probe wurde mindestens eine Kolonie jeder Art der biologischen Risikogruppe 1 isoliert, gereinigt und in die Stammsammlung von Agroscope aufgenommen.

2.3.3 Analyse mikrobieller Gemeinschaften mittels Sequenzierung der neuesten Generation

Zur DNA-Extraktion wurden 10 ml des in Punkt 2.3.1 hergestellten Überstands bei 4'600 g für 20 Minuten bei 4 °C zentrifugiert. Der Bodensatz wurde in 2 ml TE-Puffer (10 mM Tris-HCl (pH 8,0), 0,1 mM EDTA) resuspendiert und zur erneuten Zentrifugation bei 13'000 g für 5 Minuten in ein Eppendorf-Röhrchen überführt. Die Zellen wurden mit 400 µl G2-Puffer (Qiagen, Hilden, Deutschland) in die Röhrchen mit 0,1 g 0,1 mm großen Zirkoniumkugeln überführt und anschließend im Bead Ruptor 12 (OMNI International Inc., Kennesaw, GA, USA) 1 Minute lang bei hoher

Geschwindigkeit lysiert. Nach einer Zentrifugation bei 14'000 g für 10 Minuten wurden 200 µl Überstand entnommen, mit 10 µl Proteinase K (Qiagen) gemischt und eine Stunde lang bei 56 °C inkubiert, bevor die DNA mit der BioRobot® EZ1 Workstation und dem EZ1 DNA Tissue Kit (Qiagen) mit einem Elutionsvolumen von 100 µl gereinigt wurde.

Die Libraries und Sequenzanalysen wurden für Bakterien (Dreier et al., 2022) und für Hefen und Schimmelpilze (Sizzano et al., 2023) wie beschrieben durchgeführt. Es wurden die Teile der Gene verwendet, die für 16S rDNA und für den Elongationsfaktor 1- α kodieren.

2.3.4 Multivariate Statistik

Alle multivariaten statistischen Analysen der mikrobiellen Gemeinschaften wurden mit der Software R v.4.3.3 in RStudio Pro 2025.05.1 Build 513.pro3 durchgeführt. Die durch Sequenzierung gewonnenen mikrobiellen Datensätze (Pilze bzw. Bakterien) wurden vor jeder Analyse mithilfe des *vegan*-Packages v. 2.6-4 mittels Hellinger-Transformation präprozessiert. Alle weiteren Datensätze (chemische, sensorische usw.) wurden vor den Analysen zentriert und skaliert.

Die Multifaktoranalyse der mikrobiellen und physikochemischen Datensätze wurde mit dem *FactoMineR*-Package v. 2.8 generiert.

2.4 Chemische Analysen

2.4.1 pH-Wert und Kochsalz

Der pH-Wert wurde in doppelter Bestimmung mit einem pH-Meter gemessen. Bei zwei Proben von den 1-3 Tage alten Broten (Bäckereien 4 und 14) sowie bei allen 8-10 Tage alten Broten wurden etwa 10 Tropfen Milli-Q-Wasser zum Pulver hinzugefügt, da die Messung ohne Wasser nicht stabil war.

Für die Chloridanalyse wurden etwa 1–2 g Pulver (nur bei den Broten nach 1–3 Tagen) doppelt gewogen und anschliessend mit dem Titrationssystem Metrohm OMNIS potentiometrisch titriert. Das Ergebnis für Natriumchlorid (NaCl) wurde mit der Molmasse von NaCl berechnet.

2.4.2 Analysen der Nährstoffe und Proteine

Alle Proben wurden bis zur Analyse bei -20 °C gelagert. Teiglinge und Brote wurden vor der Analyse gefriergetrocknet (Christ Delta 2-24, Kühner AG, Birsfelden, Schweiz).

Nach dem Mahlen durch ein 1-mm-Sieb (Brabender-Rotationsmühle; Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Deutschland) wurden alle Proben (Mehl, Teiglinge und Brote) auf ihren Trockensubstanzgehalt analysiert, indem sie 3 Stunden lang bei 105 °C erhitzt und anschliessend bei 550 °C verbrannt wurden, bis eine stabile Masse erreicht war, um den Aschegehalt gemäss ISO 5984:2002 (prepASH, Precisa Gravimetrics AG, Dietikon, Schweiz) zu bestimmen.

Der Mineralstoffgehalt wurde gemäss EN 15510:2008 mit ICP-OES (ICP-OES 5800, Agilent Technologies, Schweiz) nach Mikrowellenaufschluss analysiert. Die Proben wurden in einer Glas-Tube unter Verwendung eines Mikrowellenaufschlussgeräts (Multiwave, Anton Paar) aufgelöst. Falls erforderlich, wurden die Proben vor der Analyse mit HNO₃ 2 % verdünnt.

Der Stickstoffgehalt (N) wurde nach der Dumas-Methode (ISO 16634) bestimmt und der Rohproteingehalt wurde als $N \times 6,25$ berechnet.

Der Stärkegehalt wurde gemäss VDLUFA-Methodenbuch III Chemische Analyse von Futtermitteln: 7.2.1 Bestimmung von Stärke: Polarimetrische Methoden, 8. Erg. 2012 und ISO 6493 Ed. 2000-02-01 (F) analysiert.

Der Fettgehalt wurde nach einer Säurehydrolyse (ISO 6492:1999) mit einem Büchi Speed Extractor E-916, Flawil, Schweiz, mit Petrolether extrahiert.

Die verschiedenen Fasertypen wurden nach Standardprotokollen analysiert. Der Rohfasergehalt wurde gravimetrisch (ISO 6865:2000) durch die Verbrennung der Restasche nach saurer und alkalischer Aufschlussbehandlung mit einem Faseranalysator (Fibretherm Gerhardt FT-12, C. Gerhardt GmbH & Co. KG, Königswinter, Deutschland) bestimmt. Der α NDFom- und ADFom-Gehalt (ISO 16472:2006 für α NDF und ISO 13906:2008 für ADF) wurden mit demselben Faseranalysator (Fibretherm Gerhardt FT-12, C. Gerhardt GmbH & Co.

KG, Königswinter, Deutschland) analysiert und ohne Restasche angegeben. Neutrale Detergensfasern (α NDFom) wurden mit hitzestabiler Amylase und Natriumsulfit bewertet und nach Verbrennung bei 600 °C für 3 Stunden ohne Restasche angegeben. Die Rohfaser Analysen wurden nur in den Mehl-Proben durchgeführt.

2.5 Enzymatische Analysen

Zucker (Maltose, Saccharose, Glucose und Fructose) und Gärprodukte (Gesamtmilchsäure, Ethanol und Essigsäure) wurden nach dem Probenaufschluss mit Hilfe einer Klärung, mittels enzymatischer Analysen bestimmt. Für die individuellen Parameter wurden kommerzielle Kits verwendet. Ethanol (Enzytec™), Maltose und Essigsäure (R-Biopharm®) wurden manuell mit einem Spektrophotometer bestimmt. Die Analysen für Gesamtmilchsäure (Thermo), Saccharose, Glucose und Fructose (Enzytec™) wurden angepasst und mit einem automatisierten Spektrophotometer (Gallery, Thermo) durchgeführt.

2.6 Totale und freie Aminosäuren

Zur Bestimmung der freien und totalen Aminosäuren wurden alle Proben (Mehl, Teiglinge und Brote) nach der Gefriertrocknung fein vermahlen. Die Analysen erfolgten mittels Hochleistungsflüssigchromatografie (UPLC) nach der AccQ-Tag™-Methode (Waters Corporation, Milford, USA), bei der die Aminosäuren derivatisiert und bei 260 nm detektiert werden.

Für die Bestimmung der freien Aminosäuren wurden jeweils 150 mg Pulver mit 400 μ L 10 %iger Trichloressigsäure (TCA) versetzt und gut gemischt. Nach einer Zentrifugation bei 3500 rpm während 10 Minuten bei 10 °C wurde der Überstand entnommen. Davon wurden 10 μ L mit 120 μ L 0.1 M HCl verdünnt, filtriert und anschliessend mit AccQ-Tag derivatisiert. Als interner Standard wurde Norvalin verwendet.

Für die Analyse der totalen Aminosäuren wurden ca. 30 mg der vermahlenen Probe mit 4 mL 6 N HCl mit 1 % DPP in einer gasdicht verschlossenen Glasampulle unter Stickstoffatmosphäre bei 110 °C während 24 Stunden hydrolysiert. Anschliessend wurde das Hydrolysat mit Natronlauge (NaOH) auf einen neutralen pH-Wert normalisiert, mit 0.1 M HCl auf geeignetes Volumen eingestellt, filtriert und mit AccQ-Tag derivatisiert. Auch hier wurde Norvalin als interner Standard eingesetzt.

Die chromatografische Trennung erfolgte auf einer Acquity UPLC BEH C18-Säule (2.1 $\times$ 150 mm, 1.7 μ m; Waters) bei 55 °C unter Verwendung eines Gradienten aus AccQ-Tag Eluent A und Acetonitril. Die Quantifizierung erfolgte anhand externer Standards sowie des internen Standards Norvalin.

2.7 Bestimmung des Volatils

Die Brote wurden inklusive Rinde in etwa 2 cm grosse Würfel geschnitten, mit Flüssigstickstoff schockgefroren und anschliessend bei 3500 U/min mithilfe eines Robot-Coupe Blixer 4 V.V. homogenisiert. Aus der homogenisierten Matrix wurden 250 mg entnommen und mittels Dynamischem Headspace (DHS) in Kombination mit dem Vakuum-In-Tube Extraction (V-ITEX)-System angereichert. Die angereicherten flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) wurden im Anschluss mittels Gaschromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie (GC-MS) analysiert.

Für die Analytik wurde ein GC-MS-System bestehend aus einem Agilent 7890 Gaschromatographen und einem Agilent 5977 Massenspektrometer eingesetzt. Helium wurde mit konstantem Fluss als Trägergas verwendet. Die chromatographische Trennung erfolgte auf einer polar funktionalisierten Kapillarsäule vom Typ OPTIMA® FFAPplus mit den Dimensionen 60 m $\times$ 320 μ m $\times$ 1 μ m. Das Temperaturprogramm des GC-Ofens startete bei 40 °C mit einer Haltezeit von 5 min, stieg anschliessend mit 5 °C/min auf 240 °C an und wurde dort für 15 min gehalten. Die durchschnittliche lineare Fliessgeschwindigkeit des Trägergases betrug 29.3 cm/s.

Die Massenspektren wurden mittels der Dekonvolutions-Software *MassHunter Profinder* (Agilent Technologies) ausgewertet. Die Substanzidentifikation erfolgte durch Spektrenvergleich mit der NIST23-Datenbank.

2.8 Physikalische Analysen

Die Brote wurden fotografiert unter Standardbelichtungseinstellungen.

Anschliessend wurden die Brote in der Mitte mit einem Spezialmesser von Victorinox (Präzisionsmesser, Dux, P.F0005, Ibach, Schweiz) in 17 mm breite Scheiben geschnitten.

Farbmessung: Die Farbmessung wurde auf einem Farbmessgerät (Minolta, CM 3500 d, Zürich, Schweiz) im CIELab-Farbmesssystem von 1976 unter Standardbedingungen gemessen.

Uniaxiale Kompression: Die Analyse erfolgte mit den Brotscheiben und einem 13 mm breiten Zylinder, gem. der Analyse für die «uniaxiale Kompression von Käse»; ISO/TS 17996:2023 | IDF/RM 205:2023; «Cheese — Determination of rheological properties by uniaxial compression at constant displacement rate» auf einer Universalprüfmaschine von Zwick bis 5kN Kraftaufnahme (Zwick & Roell, Ulm, Deutschland).

2.9 Bestimmung der Fallzahl der Mehle

Für die Fallzahlanalyse wurden 6.81 g des Mehls (unterschiedlicher Vermahlungsgrad, siehe Abbildung 4.1) ohne weitere Vermahlung in ein Reagenzglas überführt und gemäss der ICC Standard Methode 107/1 (Hagberg) analysiert. Es wurden 25 ml entmineralisiertes Wasser hinzugegeben und im Shakematic 1095 (Perten Instruments, Stockholm, Schweden) mit dem Mehl gemischt. Anschliessend wurde der Deckel durch den Rührer ausgetauscht und das Reagenzglas in das Fallzahlgerät FN 1000 (Perten instruments) gestellt. Im Fallzahlgerät wurde die Mischung aus Mehl und Wasser während einer Minute im kochend heissen Wasserbad gerührt. Danach wurde die Zeit gemessen, die es dauerte, bis der Rührer zum Boden des Reagenzglases abgesunken war.

3 Angaben zu den Betrieben und zur Herstellung

Die Angaben zu den Betrieben und zur Herstellung basieren auf einer Selbstdeklaration der beteiligten Bäckerinnen und Bäcker. Bei auffallenden Werten wurde nachgefragt und um eine Verifizierung gebeten. Auf eine weitergehende Prüfung, z.B. durch schriftliche Unterlagen, wurde jedoch verzichtet.

Bei vielen Bäckerinnen und Bäcker war gut erkennbar, dass sie nicht strikt nach einer exakten Rezeptur vorgehen, sondern vieles auch aufgrund von sensorischen Beobachtungen und ihrer grossen Erfahrung entscheiden. So wird oftmals die Menge des Wassers nicht präzise abgemessen, sondern aufgrund der Teigeigenschaften festgelegt. Oder die Dauer der Stückgare wird durch das beobachtete «Aufgehen» bestimmt. Und ein Blick in den Ofen entscheidet, ob die Brote ausreichend gebacken sind.

3.1 Rohstoffe

Die 21 beteiligten Bäckereien stellen sehr unterschiedliche Mengen von Walliser Roggenbrot AOP her. Die verarbeitete Mehlmenge unterscheidet sich um einen Faktor 330 zwischen der grössten und der kleinsten Menge. Insgesamt verarbeiteten die beteiligten Bäckereien in den Jahren 2022 und 2023 im Mittel 270 Tonnen AOP-Roggenmehl, wobei der grösste Betrieb (Bäckerei 15) fast die Hälfte des Mehles verarbeitete.

Tabelle 3.1: Verwendete Rohstoffe gemäss den Angaben der Bäckereien

Bäckerei	AOP-Roggenmehl pro Jahr [kg] ^{a)}	Anteil Weizenmehl [%]	Wasser [in % des Mehles]	Salz [g pro kg Teig]	Hefe [g pro kg Teig]
01	900 ^{b)}	10	71	15	12
02	9'600	0	74-77	14	20
03	12'000	10	80	19	15
04	15'300	10	86	15	3 (Sommer) 6 (Winter)
05	1'000	10	70	18	0
06	4'000 ^{b)}	0	63-67	19-21	0
07	6'500	10	80	22	5
08	29'500	0	71	12	0
09	4'800	0	80	11	10
11	13'000	10	69	17	5
12	25'300	0	73	15	12
13	3'900	10	74-77	16	10
14	500	10	63-67	10-12	4-6
15	132'200	10	70	15	4
16	1'000 ^{c)}	10	80	14	5
17	400	10	80-82	17	1
18	3'200	0	67	24	5 g in Poolisch 15 g in Teig
19	3'300	10	71	15	5
20	2'200	0	83	16	8
21	1'200	10	56-58	22	5-10
22	1'100	8	83	19	5-6

a) Mittelwert aus den Jahren 2022 und 2023 gemäss Angaben der Vereinigung Walliser Roggenbrot

b) Menge gemäss Angabe des Betriebes

c) nur 2023

Sieben Bäckereien verwendeten ausschliesslich Roggenmehl, dreizehn Bäckereien setzten die gemäss Pflichtenheft erlaubten 10 % Weizenmehl zu und eine Bäckerei begnügte sich beim Weizenmehl mit einer Zugabe von 8 %. Gemäss dem AOP müssen die Produktion des Getreides (Roggen und Weizen) und dessen Verarbeitung zu Mehl

und Brot im Kanton Wallis erfolgen. Mit wenigen Ausnahmen bezogen die Bäckereien ihr Mehl von der Rhone-Mühle in Naters. In historischen Kleinmühlen wird auch etwas Roggenmehl produziert, zum Teil gar in Bio-Qualität.

Überraschend gross waren die Unterschiede beim zugesetzten Wasser im mengenmässigen Verhältnis zum Mehl (Abbildung 3.1a). Am wenigsten Wasser setzte nach eigenen Angaben die Bäckerei 21 ein mit 56-58 %. Bei der Bäckerei 4 betrug der Wasserzusatz hingegen 86 %.

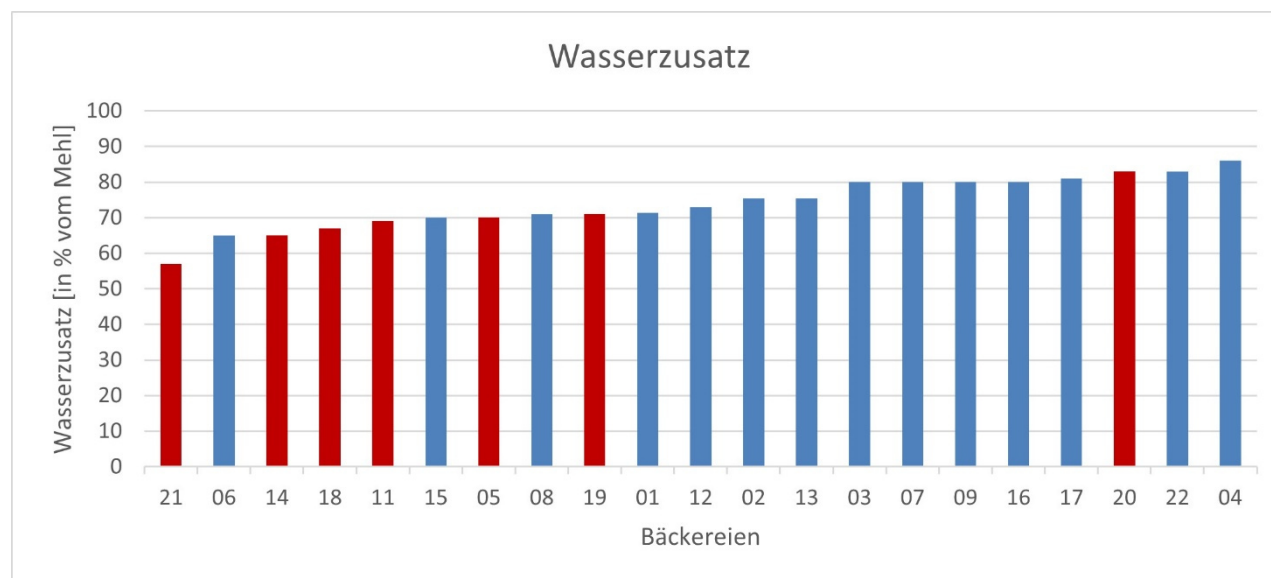


Abbildung 3.1a: Mittlerer Wasserzusatz bei der Teigbereitung
(rote Balken = Wasserzusatz sehr wahrscheinlich deutlich unter- oder überschätzt)

Aufgrund des Wassergehaltes in den Teiglingen (siehe Kapitel 7.1.4) kann grob abgeschätzt werden, welche Angaben über den Wasserzusatz bei der Teigbereitung von den Bäckern zu tief oder zu hoch angegeben wurden (rote Balken). Auch mit diesem Vorbehalt unterscheidet sich die zugesetzte Wassermenge zwischen den Bäckereien enorm.

Das Unter- bzw. Überschätzen des Wasserzusatzes ist erklärbar durch die Tatsache, dass die Herstellung von Walliser Roggenbrot nicht immer strikt nach einer präzise formulierten Rezeptur erfolgt. Die Bäckerinnen und Bäcker steuern den Wasserzusatz oftmals eher über die angestrebten Teigeigenschaften. Beim Kneten wird so viel Wasser zugesetzt, bis die erwünschte Festigkeit erreicht ist. Es ist gut möglich, dass auch die anderen erhobenen Herstellungsparameter zum Teil etwas über- oder unterschätzt sind, was bei der Interpretation und der statistischen Auswertung berücksichtigt wurde.

Nur 3 Bäckereien (5, 6 und 8) verzichteten vollständig auf den Zusatz von Bäckerhefen. Die Bäckerhefen stehen bei der Vergärung der verfügbaren Zucker in Konkurrenz mit den Mikroorganismen des Sauerteigs. Je mehr Hefen zugesetzt werden, desto stärker werden die Mikroorganismen des Sauerteigs konkurrenziert.

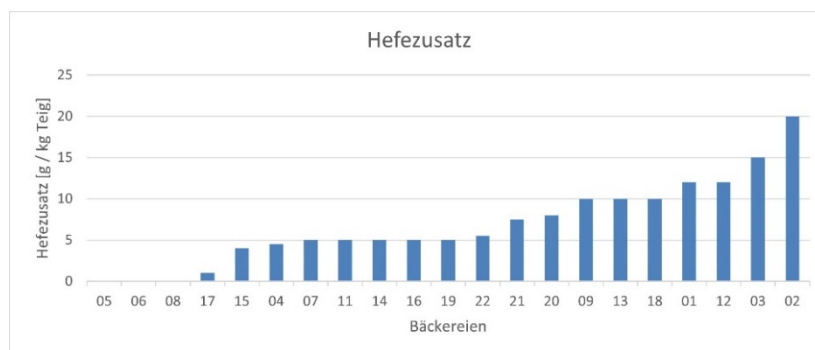


Abbildung 3.1b: Mittlerer Hefezusatz bei der Teigbereitung

3.2 Sauerteig oder Poolisch

Gemäss dem Pflichtenheft kann Sauerteig mit einer Poolisch ersetzt werden. Die Poolisch (oder Pouliche) ist ein flüssiger Hefe-Vorteig, der aus 1/3 Mehl und 2/3 Wasser sowie einer kleinen Menge Hefe hergestellt wird. Die Herstellung mit einer Poolisch zielt darauf ab, glutenbildende Proteine wie Gliadin oder Glutenin aufzuschliessen. Wegen des hohen Wasseranteiles kann das Klebereiweiss komplett verquellen. Erfahrungen aus der Praxis deuten darauf hin, dass die Poolisch auch einen wesentlichen Einfluss auf den Geschmack und das Aroma haben kann.

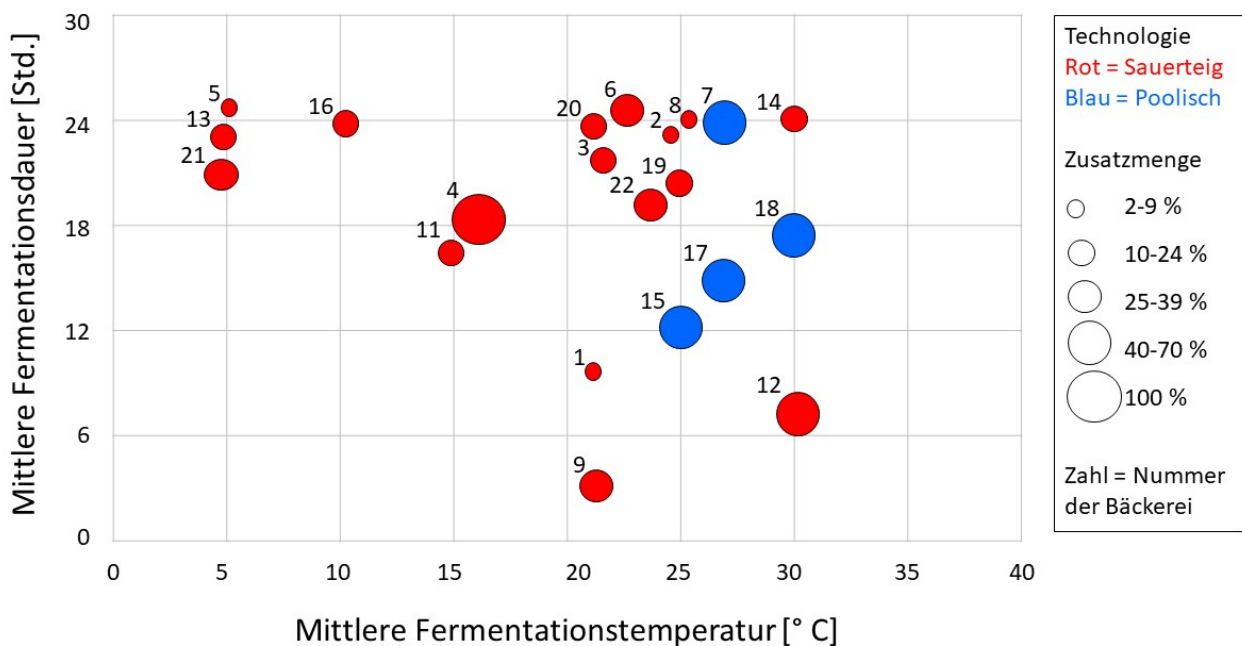


Abbildung 3.2: Herstellung und Zusatzmenge an Sauerteig bzw. Poolisch

Vier Bäckereien (7, 15, 17 und 18) setzten 50 – 65 % Poolisch zu. Die anderen 17 Bäckereien arbeiteten mit Sauerteig, wobei die mittlere Temperatur und die mittlere Dauer bei der Fermentation sowie die Zusatzmenge sich zwischen den Bäckereien sehr stark unterschieden. Eine einzige Bäckerei (Nr. 4) fermentierte den ganzen Teig während 18 Stunden bei 15 (Winter) bzw. 18 °C (Sommer).

Es gibt Studien, bei denen wärmere Sauerteigfermentationen (z. B. 20-37 °C) homofermentative Milchsäurebakterien (*Lactobacillaceae*) begünstigten, verglichen mit kühleren Fermentationen (z. B. 4-15 °C), die heterofermentative Milchsäurebakterien wie z.B. *Fructilactobacillus*-, *Leuconostoc*- und *Weissella*-Arten fördern können (Calvert et al., 2021).

Die "ideale" Fermentationszeit ist subjektiv, da manche eher scharfe, säuerliche Sauerteigbrote bevorzugen, die aus einer längeren Fermentation resultieren.

Das im Sauerteig-Starter verfügbare Wasser wird als Hydratation (d. h. der prozentuale Anteil von Wasser zu Mehl) oder als Teigausbeute (d. h. das Verhältnis von Mehl zu Wasser bei Verwendung von 100 g Mehl) bezeichnet. Die Hydratation ist für die mikrobielle Ökologie und ihre Stoffwechselfunktion von grosser Bedeutung: je mehr verfügbares Wasser, desto schneller diffundieren Nährstoffe und Enzyme (De Vuyst et al., 2014). Tendenziell fördert eine starke Hydratation eher die Milchsäurebakterien und eine verminderte Hydratation eher die Hefen (Di Cagno et al., 2014).

3.3 Stock- und Stückgare

Sechs Bäckereien (4, 8, 14, 16, 19 und 21) führten eine Stockgare über Nacht (18 – 24 Stunden) durch, bei Temperaturen zwischen 5 °C und Raumtemperatur.

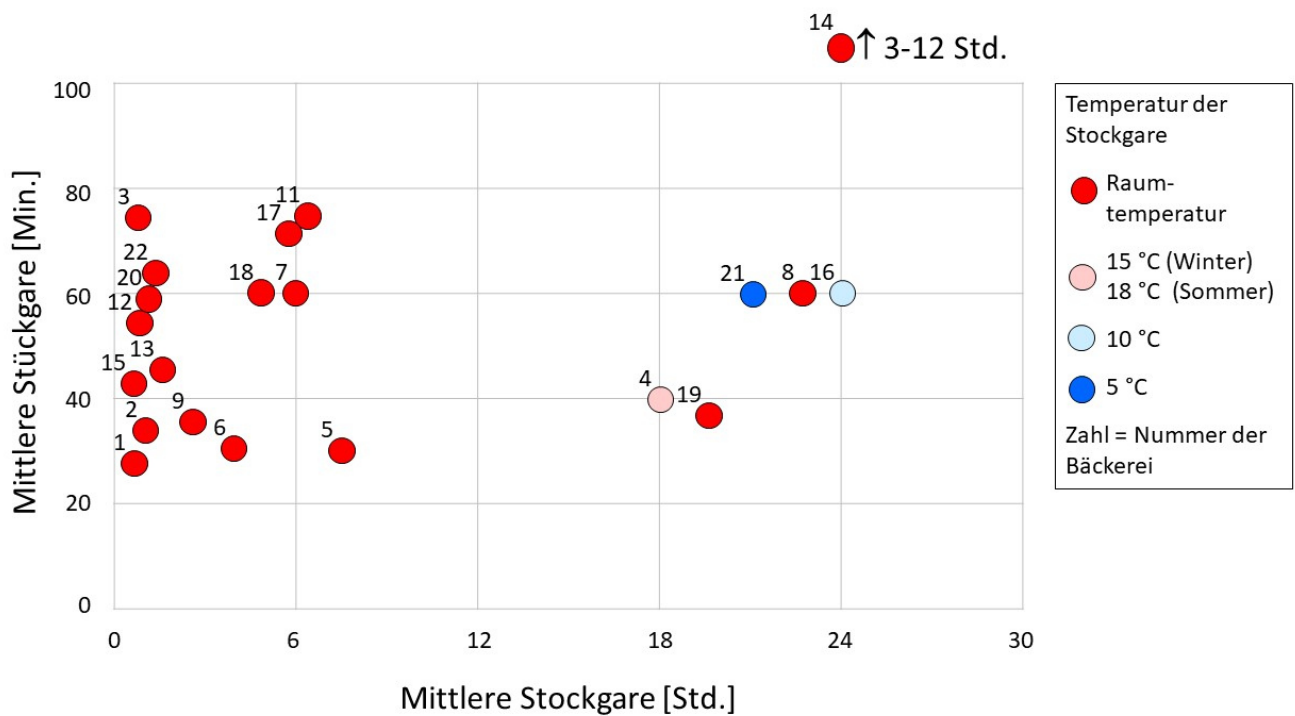


Abbildung 3.3: Mittlere Stock- und Stückgare

Kürzere Stockgaren und sämtliche Stückgaren erfolgten bei Raumtemperatur. Bei der Dauer gab es keine Abhängigkeit zwischen Stock- und Stückgare. Bäckerei 14 fällt mit einer deutlich längeren Stückgare auf.

3.4 Backen

Die Backdauer bewegte sich zwischen 45 und 85 Minuten, mit einer Häufung bei 60 Minuten. Die Backtemperatur lag innerhalb eines Bereiches von 200 – 250 °C und war – überraschenderweise – nicht negativ mit der Backdauer korreliert.

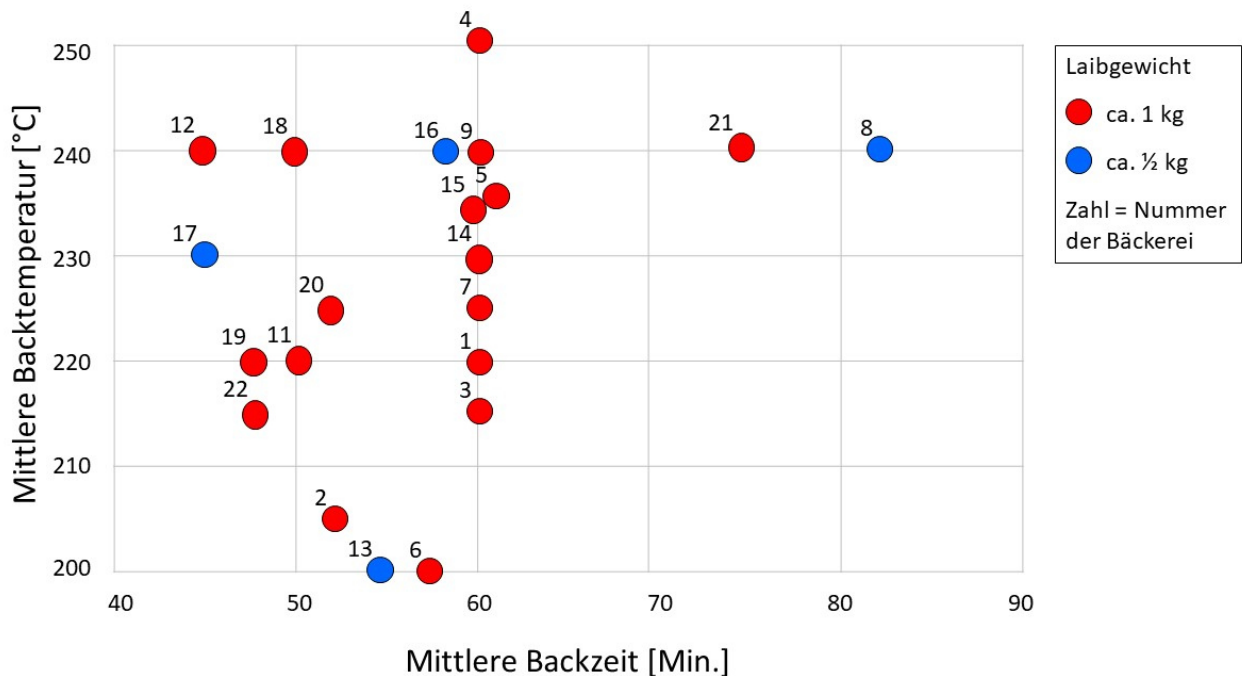


Abbildung 3.4: Mittlere Backzeit und -temperatur

Die Backbedingungen waren auch unabhängig vom Gewicht der Brotlaibe.

Einzig Bäckerei 16 gab an, mit Umluft zu backen und die Bäckereien 2, 5 und 15 verzichteten nach eigenen Angaben auf das «Schwaden» (befeuchten des Ofens).

4 Ergebnisse der Mehluntersuchungen

4.1 Feinheit der Mehle

Bei der Feinheit des Mehles gab es sehr grosse Unterschiede. Am feinsten waren die Mehle der Bäckereien 2, 9 und 12. Am gröbsten war das Mehl von der Bäckerei 15.

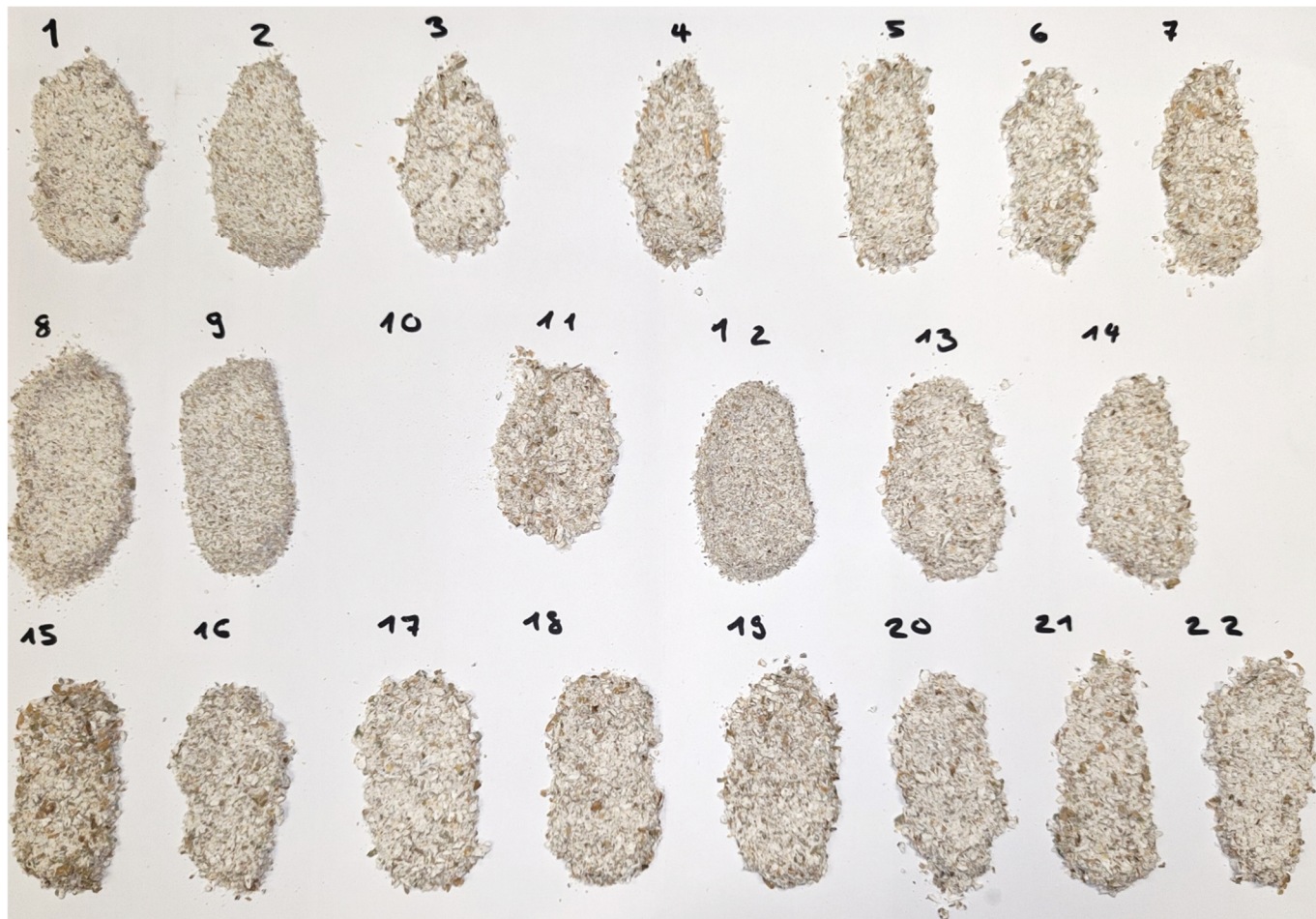


Abbildung 4.1: Feinheit der verwendeten Mehle

Die Bäckereien 2, 6, 8, 9, 12, 18, 20 verwenden nach eigenen Angaben reines Roggenmehl.

Der Kleianteil des Getreides beeinflusst die mikrobielle Ökologie in einer Weise, die noch nicht vollständig geklärt ist (Minervini et al., 2012).

4.2 Fallzahl

Die Fallzahl ist ein Mass für die Qualität des Mehls und dessen α -Amylase-Aktivität. Mehle mit tiefer Fallzahl deuten auf hohe Enzymaktivität hin, die durch schlechte Bedingungen (z.B. starker Regen) kurz vor der Ernte hervorgerufen wird, was im schlimmsten Fall zu Auswuchs führt. Die Fallzahlanalyse beruht auf der raschen Verkleisterung einer wässrigen Suspension aus Mehl oder Schrot im kochenden Wasserbad und der nachfolgenden Messung der Verflüssigung des Stärkegels durch die α -Amylase in der Probe. Es wird die Zeit gemessen, die ein Rührer braucht, um durch sein eigenes Gewicht in die Mehlsuspension zu sinken.

Tabelle 4.2: Fallzahl

Parameter	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Fallzahl	in s mit 6.81 g Mehl	21	275	284	80	71	481	62

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

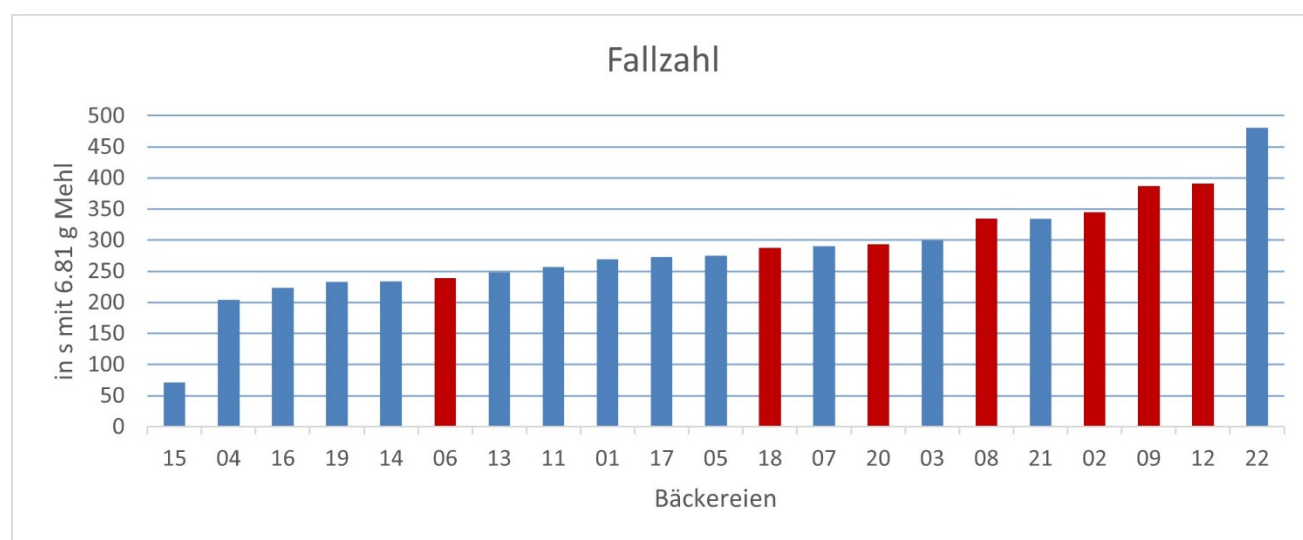


Abbildung 4.2: Fallzahl
(rote Balken = 100 % Roggenmehl)

Roggenmehl für Walliser Roggenbrot AOP sollte eine Fallzahl von höher als 160 Sekunden haben. Liegt die Fallzahl unter 160 s, liegt Auswuchs vor und das Mehl kann nicht für die Brotherstellung verwendet werden. Einzig das Mehl der Bäckerei 15 erfüllte diese Anforderung nicht (Abbildung 4.2). Es fiel auch optisch durch eine sehr grobe Vermahlung auf (Abbildung 4.1). Daraus kann jedoch nicht gefolgert werden, dass die Vermahlung einen direkten Einfluss auf die Fallzahl hat. Nur das Mehl der Bäckerei 22 hätte gemäss dem Schema zur Einschätzung der Qualität des Roggens die maximale Punktzahl erreicht. Die meisten Proben haben dennoch mehr als die Hälfte der Punkte erreicht (Brabant et al., 2013).

Die Fallzahl war im Mittel in den reinen Roggenmehlen tendenziell etwas höher als in den Mehlen mit einem Zusatz von 8 – 10 % Weizenmehl. Sauerteige aus Roggenmehl weisen in der Regel eine hohe Amylase-Aktivität auf und säuern deshalb auch schneller; dies kann zu einer verringerten Hefeaktivität, einem stärker sauren Geschmack und zu einer längeren Haltbarkeit führen (Calvert et al., 2021).

Die Messwerte der Fallzahl müssen jedoch mit grosser Vorsicht interpretiert werden, da es sich um Einzelwerte handelt und es gibt auch keine Gewähr wie repräsentativ die Mehlproben durch die Bäckerinnen und Bäcker gefasst wurden.

4.3 Fasern

Das Mehl von der Bäckerei 15 mit dem optisch gut erkennbaren sehr hohen Kleie-Anteil (Abbildung 4.1) hatte auch den höchsten Gehalt an Fasern, welche in neutralen Lösungsmitteln nicht gelöst werden können (Abbildung 4.3).

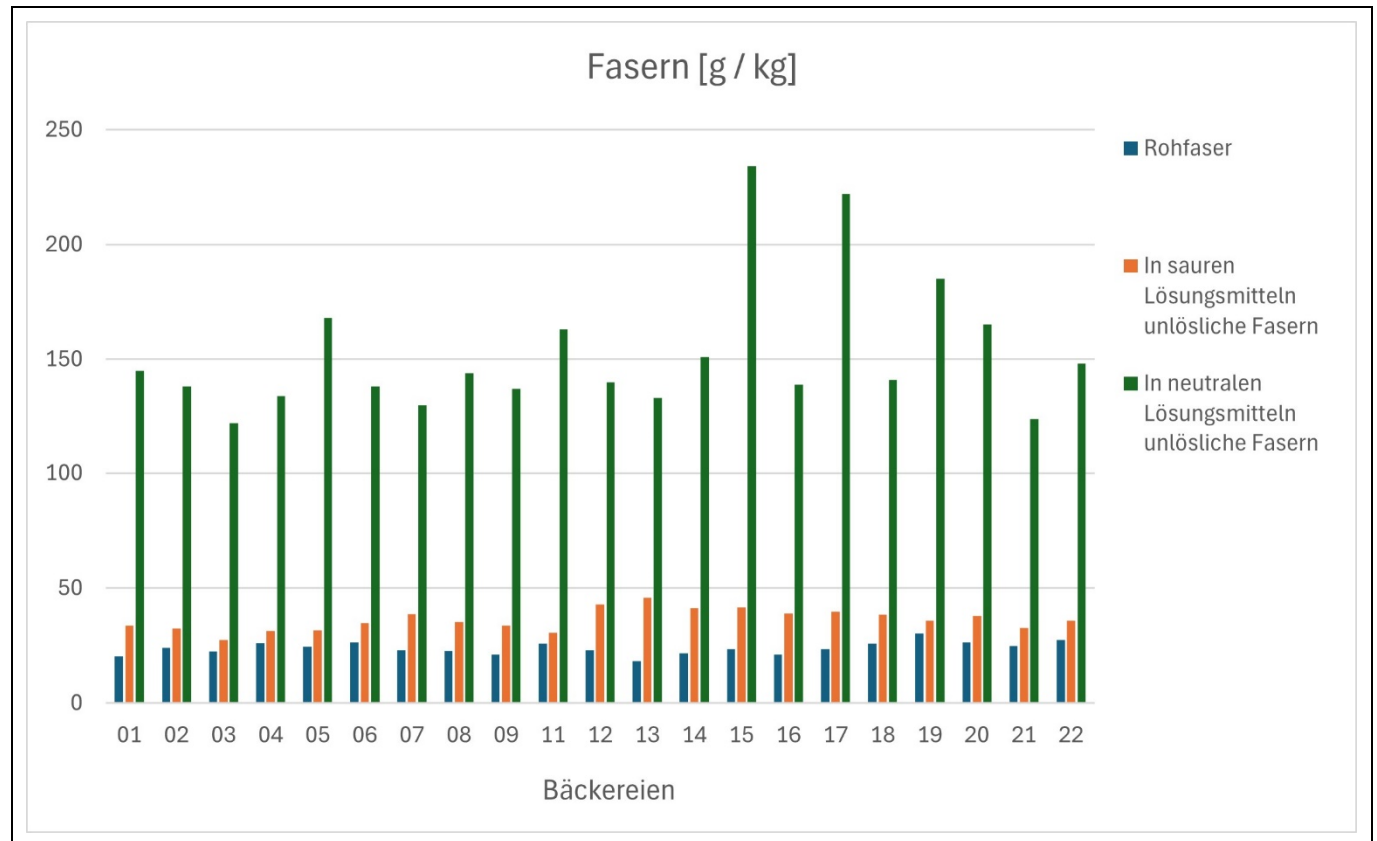


Abbildung 4.3: Gehalt an Fasern

Der Zusatz von 8 – 10 % Weizenmehl erhöhte den mittleren Gehalt von in neutralen Lösungsmitteln unlöslichen Fasern (NDF) von 143 auf 157 g / kg.

5 Mikrobiologie der Teiglinge

Aufgrund der Angaben in der verfügbaren Literatur ist Sauerteig ein einfaches mikrobielles System mit einer geringen mikrobiellen Vielfalt. Sauerteiggemeinschaften setzen sich aus zwei funktionellen Gruppen zusammen: Hefen und Bakterien. Diese funktionellen Gruppen spielen unterschiedliche Rollen (z. B. die Produktion von CO₂ bzw. organischen Säuren), die sich erheblich auf die Broteigenschaften auswirken (Calvert et al., 2021).

Um die Mikrobiologie zu erfassen, wurden von jeder Bäckerei Teiglinge nach der Stückgare untersucht.

5.1 Hefen

Die Bäckereien 5, 6 und 8 setzten gemäss eigenen Angaben keine Bäckerhefen zu, wobei im Sauerteig in der Regel natürlicherweise Hefen vorkommen. Es überrascht demnach, dass im Teigling der Bäckerei 8 keine Hefen nachgewiesen werden konnten. Bei den anderen 20 Teiglingen bewegten sich die Hefen in einem Bereich von vier Zehnerpotenzen.

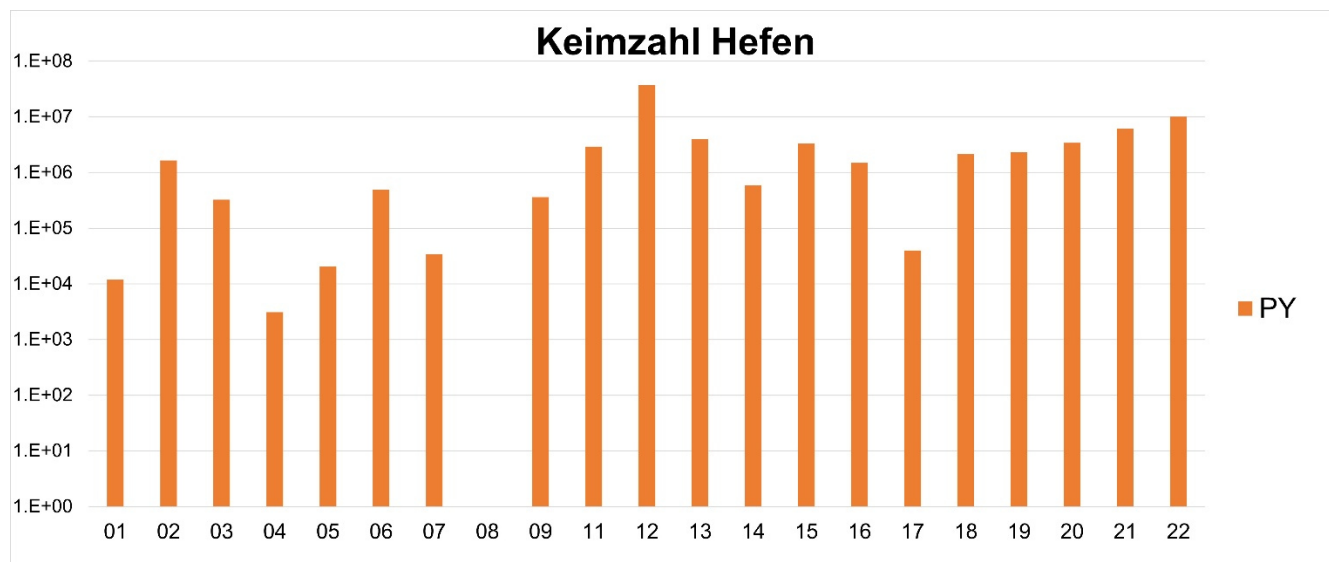


Abbildung 5.1a: Nachgewiesene Hefen in Teiglingen nach der Stückgare [KbE / g]
PY = Peptone Yeast, Nährmedium für Hefen

Die Anzahl Hefen korrelierte nicht mit dem Gehalt an Ethanol (Abbildung 6.1.2e).

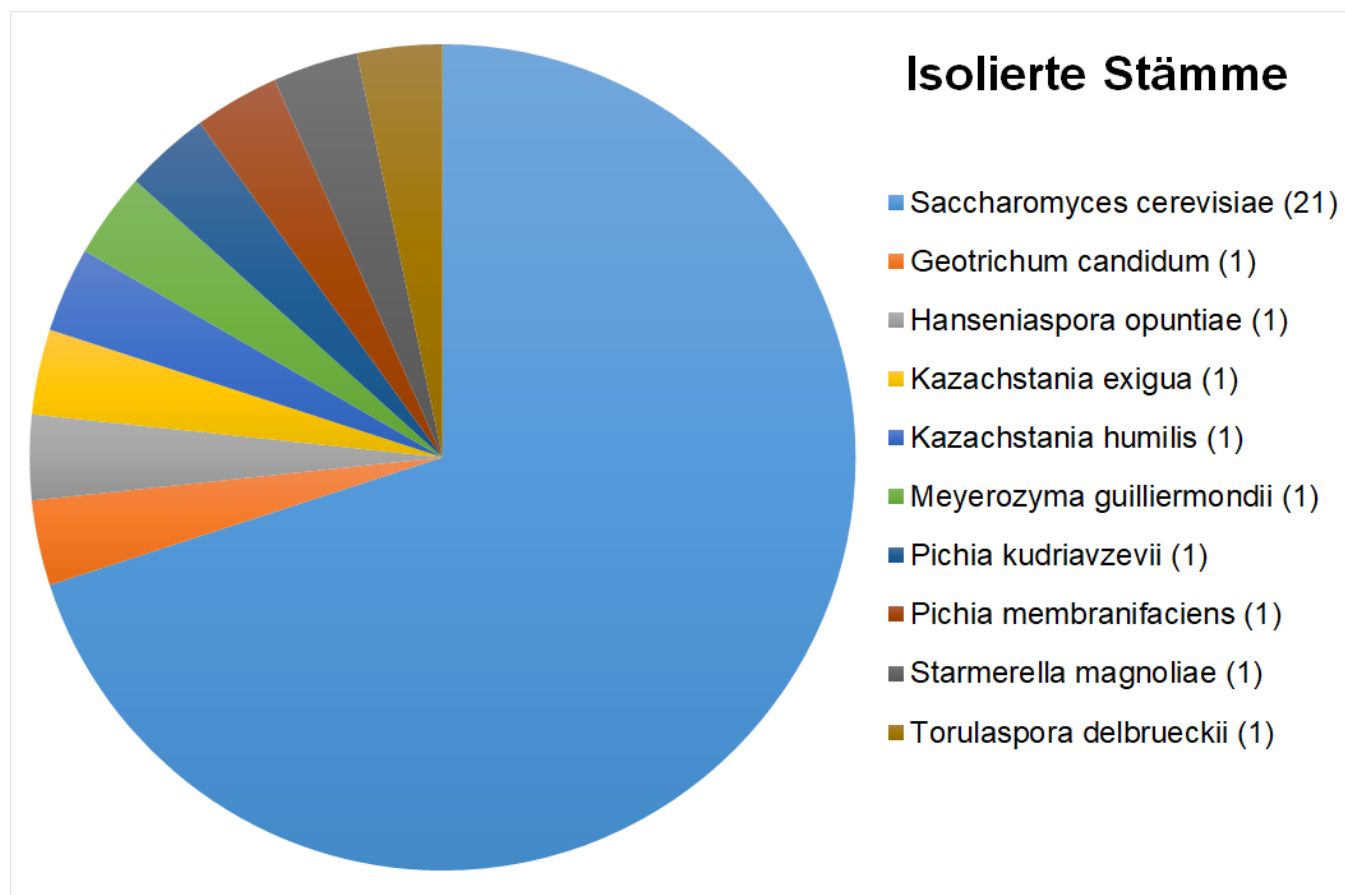


Abbildung 5.1b: Isolierte Hefe-Stämme aus Teiglingen nach der Stückgare

Erwartungsgemäss wurden die meisten isolierten Hefe-Stämme als *Saccharomyces cerevisiae*, die klassische Bäckerhefe, identifiziert. Daneben konnten 9 weitere Hefe-Stämme isoliert werden.

In der verfügbaren Literatur sind rund 40 verschiedene Hefearten in der Sauerteigumgebung beschrieben worden, wobei einige Arten erstmals an Sauerteigstartern entdeckt und benannt wurden. Von dieser potenziellen Vielfalt enthält der durchschnittliche Starter jedoch typischerweise nur relativ wenige Arten - in vielen Fällen nur eine oder zwei, manchmal überhaupt keine Hefen (Landis et al., 2021). Zu den üblichen Sauerteighefen gehören unter anderem *Saccharomyces cerevisiae*, *Kazachstania humilis*, *Candida krusei*, *Kazachstania exigua*, *Torulaspora delbrueckii*, *Wickerhamomyces anomalus* und *Pichia kudriavzevii* (Ercolini et al., 2013). *S. cerevisiae* wird oft als die "klassische" Sauerteighefe angesehen, da sie in den meisten Startern dominant vorhanden ist.

Alle aus den Teiglingen von Walliser Roggenbrot AOP isolierten Hefen gehören zu Gattungen, die in der Literatur schon im Zusammenhang mit Sauerteigen beschrieben wurden (Sevgili et al., 2023), mit der Ausnahme von *Hanseniaspora opuntiae*, die eher für ihre Aromabildung beim Wein, Bier und anderen fermentierten Getränken bekannt ist (Bourbon-Melo et al., 2021).

Der in der Literatur beschriebene Zusammenhang von einem steigenden Gehalt an Hefen mit zunehmendem Anteil Starter (Sauerteig und Poolisch) konnte nicht bestätigt werden (Lattanzi et al., 2014).

5.2 Milchsäurebakterien

Der Teigling der Bäckerei 8 enthielt auch markant weniger Milchsäurebakterien im Vergleich mit allen anderen Teiglingen. Es konnten auch keine Hefen nachgewiesen werden (siehe oben). Dies spricht dafür, dass sich die Fermentation im Teigling der Bäckerei 8 noch im Anfangsstadium (möglicherweise vor der Stockgare) befand, als er eingefroren wurde.

Wie bei den Hefen bewegten sich die Keimzahlen bei den Milchsäurebakterien ebenfalls in einem Bereich von 4 Zehnerpotenzen (ausgenommen Bäckerei 8), lagen aber eine Zehnerpotenz höher als die Hefen nämlich zwischen 10^5 - 10^9 . Bei den Teiglingen der Bäckereien 3, 8 und 9 wurden auf der mMRS-m-Agarplatte sehr viele, sehr kleine, «nicht zählbare» Kolonien vermerkt. Die gleiche Feststellung wurde beim M17S-Agar von Bäckerei 4 notiert. Wahrscheinlich handelte es sich dabei ebenfalls um Milchsäurebakterien.

Auf der mMRS-m-Agarplatte von Bäckerei 18 waren die meisten Kolonien sehr schleimig und breiteten sich auf der ganzen Platte aus.

Bei den meisten Teiglingen waren die Keimzahlen bei beiden Nährmedien vergleichbar, was auf ein Gleichgewicht zwischen Kokken und Stäbchen hindeutet.

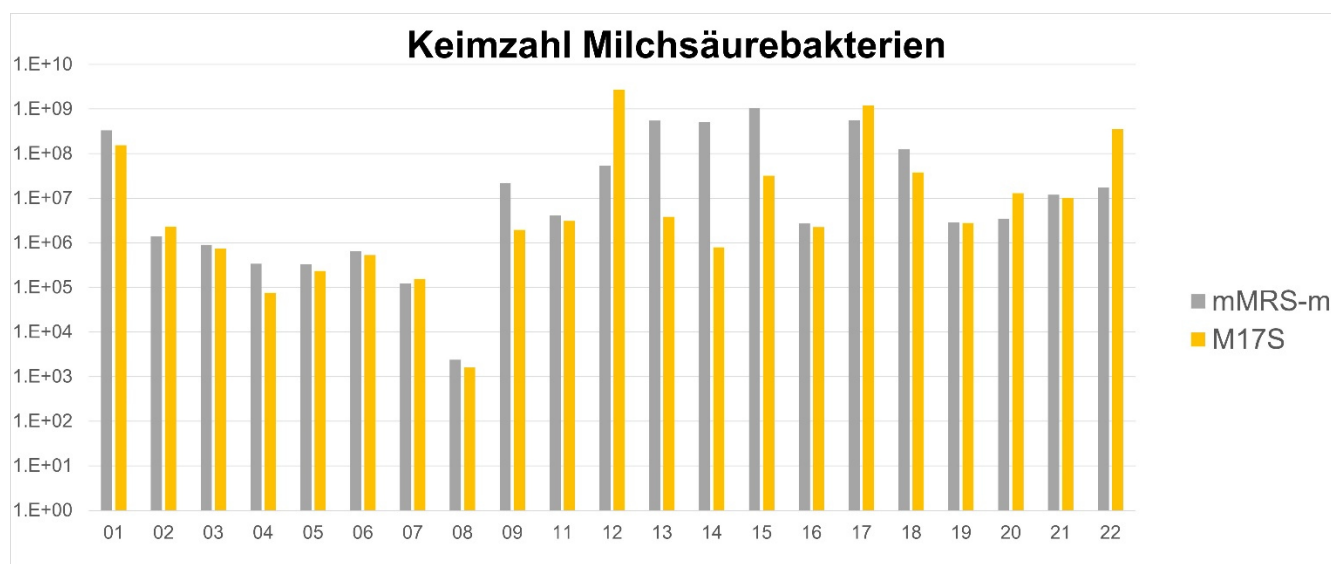


Abbildung 5.2a: Nachgewiesene Milchsäurebakterien in Teiglingen nach der Stückgare [KbE / g]

mMRS-m: Medium für Milchsäurebakterien (eher Stäbchen)

M17S: Medium für Milchsäurebakterien (eher Kokken)

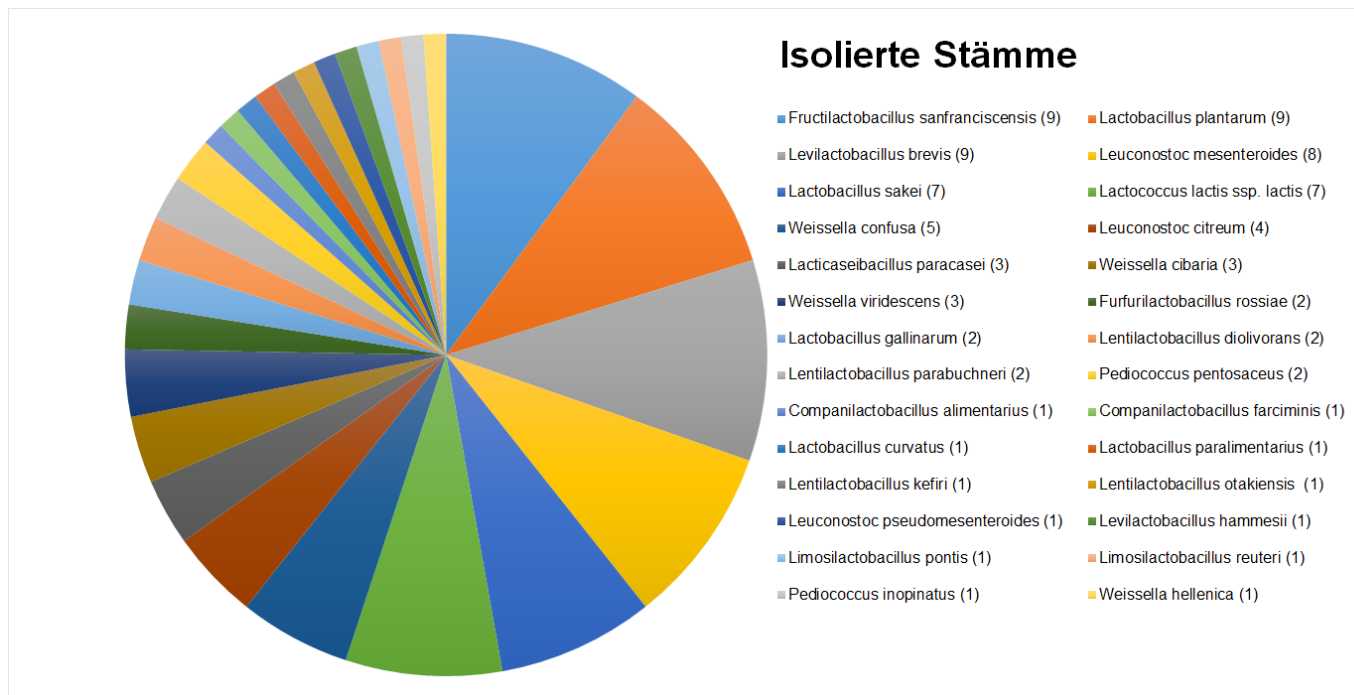


Abbildung 5.2b: Isolierte Milchsäurebakterien-Stämme aus Teiglingen nach der Stückgare
(Die Anzahl der Isolate ist in Klammern angegeben)

Die mikrobielle Biodiversität bei den Milchsäurebakterien war überraschend gross. Neben dem klassischen Sauerteig-Stäbchen *Fructilactobacillus sanfranciscensis* konnten Stämme von nicht weniger als 27 weiteren Milchsäurebakterien-Arten isoliert werden, die allesamt zu den sauerteigspezifischen Gattungen gehören (De Vuyst & Neysens, 2005).

Mit dem Reifegrad eines Sauerteigs nimmt die Vielfalt der Bakteriengattungen in der Sauerteiggemeinschaft in der Regel ab. Die Vielfalt der Arten und Stämme kann hingegen mit der Zeit zunehmen (Gobbetti et al., 2016). Der Befund, dass bei der mikrobiellen Biodiversität in den untersuchten Teiglingen, sowohl eine grosse Vielfalt an Gattungen (13), als auch eine grosse Zahl an Arten festgestellt wurde, könnte ein Hinweis sein, dass beim Walliser Roggenbrot die Sauerteige der verschiedenen Bäckereien einen unterschiedlichen Reifegrad aufweisen.

Reife Sauerteige werden in der Regel von heterofermentativen Milchsäurebakterien dominiert (De Vuyst & Neysens, 2005). In den Teiglingen für Walliser Roggenbrot AOP konnten auch verschiedene Gattungen von heterofermentativen Milchsäurebakterien nachgewiesen werden, z.B. *Fructilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Leuconostoc* oder *Weissella*.

Anmerkung: Keines der Isolate wurde als *Fructilactobacillus frigidiflavus* identifiziert. Dies ist erklärbar, weil von dieser erst im 2025 beschriebenen Spezies zum Zeitpunkt der Analyse noch keine MALDI-TOF-Referenzspektren zur Verfügung standen. Es ist plausibel anzunehmen, dass bei einer Nachkontrolle einige der isolierten Stämme von *F. sanfranciscensis* neu als *F. frigidiflavus* identifiziert würden.

5.3 Essigsäurebakterien

In 13 von 21 Teiglingen konnten Essigsäurebakterien nachgewiesen werden. Die Keimzahlen waren jedoch deutlich kleiner im Vergleich mit den Milchsäurebakterien.

Aus der Literatur ist bekannt, dass im Sauerteig ebenfalls Essigsäurebakterien vorkommen können, wenn auch deutlich weniger häufig als Milchsäurebakterien. Sie sind negativ mit *F. sanfranciscensis*, aber positiv mit einigen Hefen assoziiert (Comasio et al., 2020). Es ist wenig bekannt, welche Faktoren ihr Vorhandensein beeinflussen (Di Cagno et al., 2014).

Beim Auszählen der Kolonien auf den ABS-Agarplatten von den Teiglingen der Bäckereien 18, 20 und 21 wurde vermerkt, dass es wahrscheinlich keine Essigsäurebakterien waren, da die typische gelbliche Verfärbung fehlte.

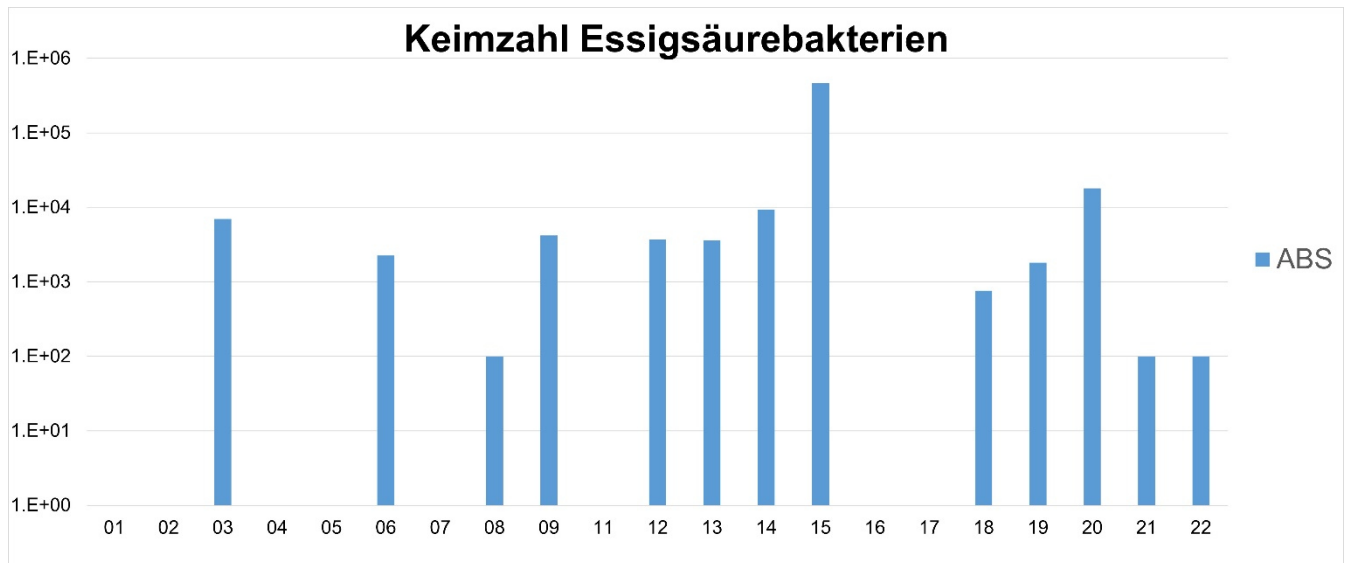


Abbildung 5.3a: Nachgewiesene Essigsäurebakterien in Teiglingen nach der Stückgare [KbE / g]
ABS: Medium für Essigsäurebakterien

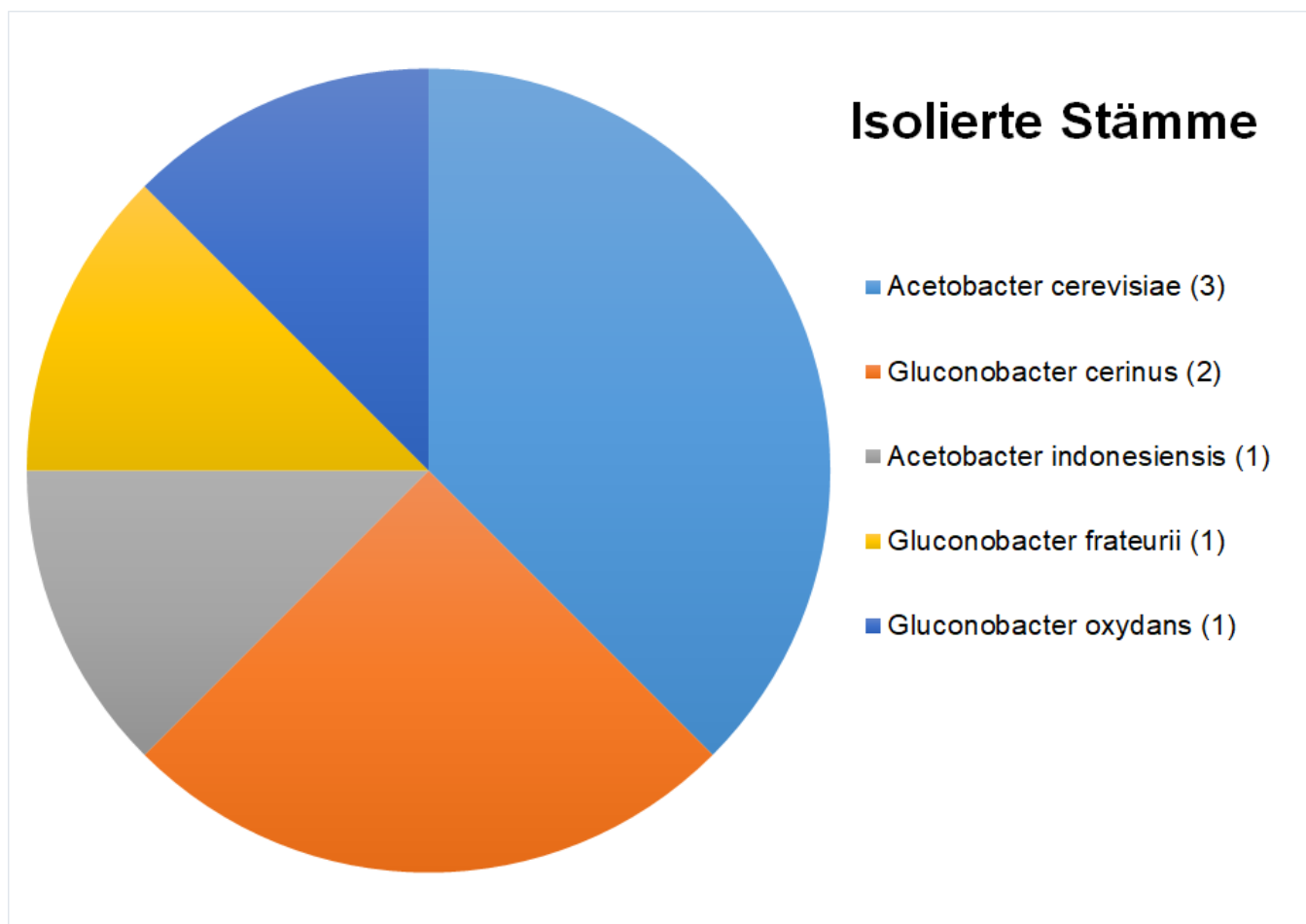


Abbildung 5.3b: Isolierte Essigsäurebakterien-Stämme aus Teiglingen nach der Stückgare

Die 8 isolierten Stämme konnten 5 verschiedenen Arten zugeordnet werden.

5.4 Stammsammlung

Mit jeder Bäckerei wurde eine «Materialtransfer- und Nutzungsvereinbarung (MTA)» bzw. ein «Accord de transfert de matériel et accord d'utilisation (ATM)» unterzeichnet. Gemäss diesem MTA behält die Bäckerin bzw. der Bäcker das Eigentumsrecht auf den aus den Teiglingen isolierten Mikroorganismen (Bakterien, Hefen). Sollte die Analyse der Teiglinge interessante Mikroorganismen (Bakterien, Hefen) ergeben, werden diese eindeutig, d.h. gemäss ihrer Herkunft bezeichnet und in die Stammsammlung der Liebefeld Kulturen AG aufgenommen. Sollten die Stämme in Zukunft einmal für kommerzielle Zwecke verwendet werden, wird die weitere Verwendung dieser Mikroorganismen mit der Bäckerin bzw. dem Bäcker besprochen und bei einer Einigung in einem weiteren Vertrag festgehalten. Agroscope kann aufgrund des MTA's alle Daten für wissenschaftliche Zwecke nutzen und die Ergebnisse in anonymisierter Form veröffentlichen.

Die verschiedenen Isolate aus den Teiglingen wurden in die Stammsammlung der Liebefeld Kulturen AG aufgenommen. Sie haben die FAM-Nummern 28524 bis 28652.

5.5 Mikrobiom der Hefen

Gemäss eigenen Angaben werden in den Bäckereien 5, 6 und 8 keine Hefen zugesetzt. Bei der analytisch bestimmten Diversität unterschieden sich die Teiglinge der Bäckereien 8, 12 und 15 deutlich von allen anderen. In

den Teiglingen der meisten Bäckereien wurden fast ausschliesslich Signale der «Bäckerhefe» *Saccharomyces cerevisiae* gemessen.

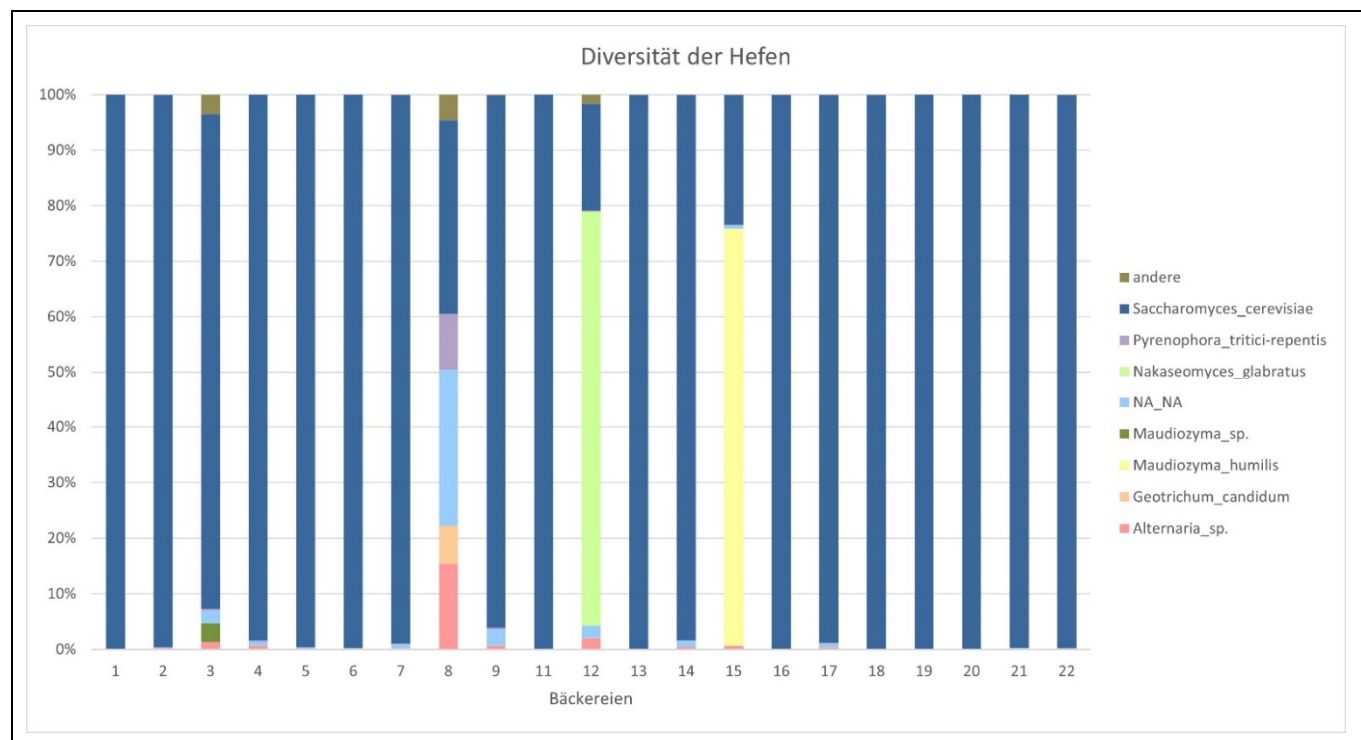


Abbildung 5.5a: Diversität der Hefen in den Teiglingen (EF abrel species)

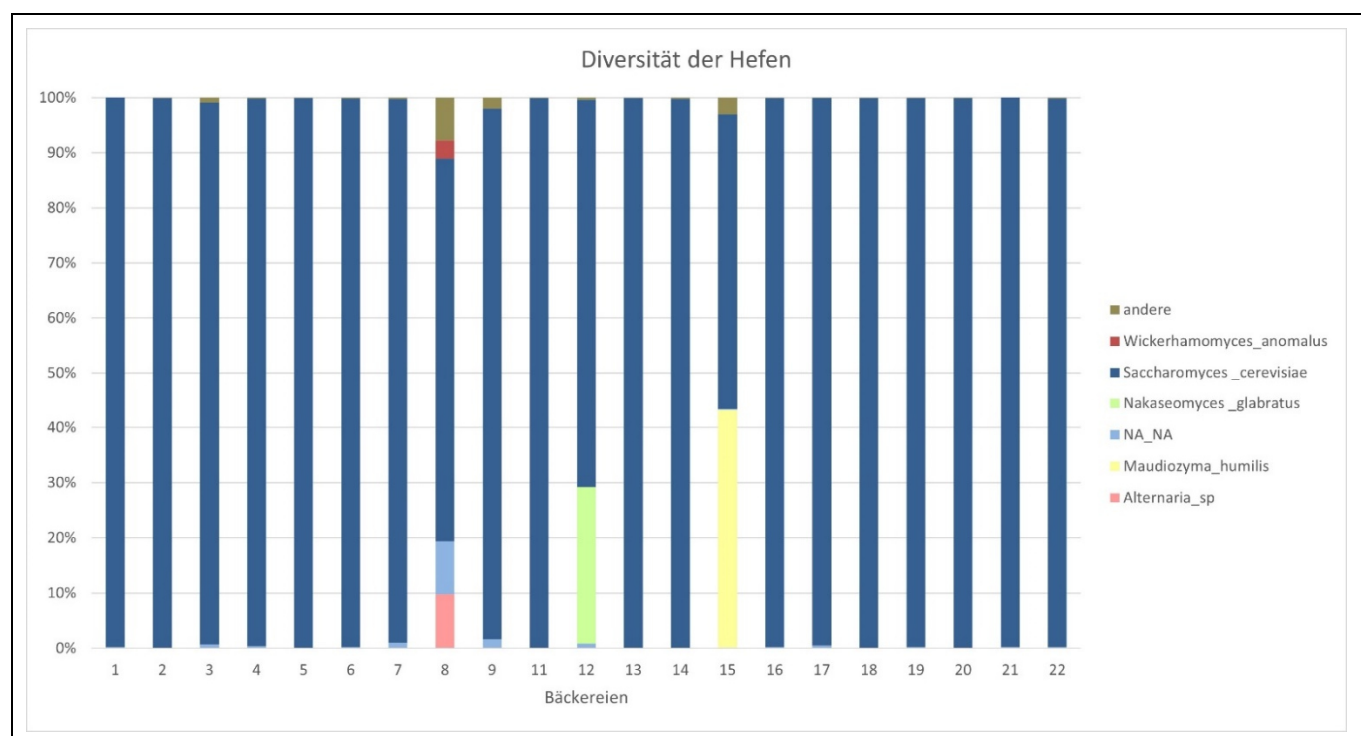


Abbildung 5.5b: Diversität der Hefen in den Teiglingen (LSU abrel species)

Die Ergebnisse der beiden Methoden EF und LSU stimmten gut überein.

Es ist interessant, dass verschiedene Hefe-Spezien im Mikrobiom des Teiglings der Bäckerei 8 nachgewiesen wurden, obwohl mittels klassischer Mikrobiologie (Kapitel 5.1) gar keine Hefen nachgewiesen werden konnten. Dieses Mikrobiom muss eventuell anders bewertet werden, da es nicht genau bekannt ist, wann der Teigling tatsächlich eingefroren wurde.

Nakaseomyces glabrata (früher *Candida glabrata* oder noch früher *Torulopsis glabrata*) galt bis vor kurzem als ein primär nicht pathogener Organismus. Mit der ständig wachsenden Zahl immunsupprimierter Personen zeigte sich, dass *N. glabrata* ein hoch opportunistischer Erreger des Urogenitaltrakts und der Blutbahn ist (Fungämie). Er kommt ubiquitär vor und ist ein Kontaminationskeim von Obstsäften. Bei Kühen kann er eine Mastitis hervorrufen. Für Sauerteig ist das Vorkommen von *N. glabrata* atypisch (Beardsley et al., 2024).

5.6 Mikrobiom der Bakterien

Das typische Sauerteig-Bakterium *Fructilactobacillus sanfranciscensis* wies nur beim Teigling 7 die höchste Abundanz auf. In 10 von 21 Teiglingen dominierte die 2025 neu beschriebene Spezies *Fructilactobacillus frigidiflavus* (Pham & Gänzle, 2025). Die gram-negativen *Pantoea* spp. dominierten in 3 Teiglingen (2, 11 und 16), was dafürspricht, dass es sich um eher junge (mit wenig Passagen) Sauerteige handelte. In je 2 Teiglingen überwiegen *Weissella* spp. und *Latilactobacillus sakei*. *Lactobacillus helveticus* und *Leuconostoc* spp. waren je in 1 Teigling dominant. Insgesamt war die Diversität bemerkenswert gross.

Die Teiglinge der Bäckereien 8 und 12, deren Brote durch einen hohen Milchsäuregehalt (Abbildung 6.1.2e) und einen deutlich sauren Geschmack (Abbildung 6.3.2a) auffielen, wiesen ein vollkommen verschiedenes Metagenom auf. Im Teigling der Bäckerei 8 dominierte *Fructilactobacillus frigidiflavus* und im Teigling der Bäckerei 12 *Lactobacillus helveticus*.

Die Teiglinge aus den Bäckereien in deren Teiglingen und Broten keine Milchsäure nachgewiesen werden konnte (4, 5, 16, 19 und 21) hatten keine auffälligen Gemeinsamkeiten beim Mikrobiom.

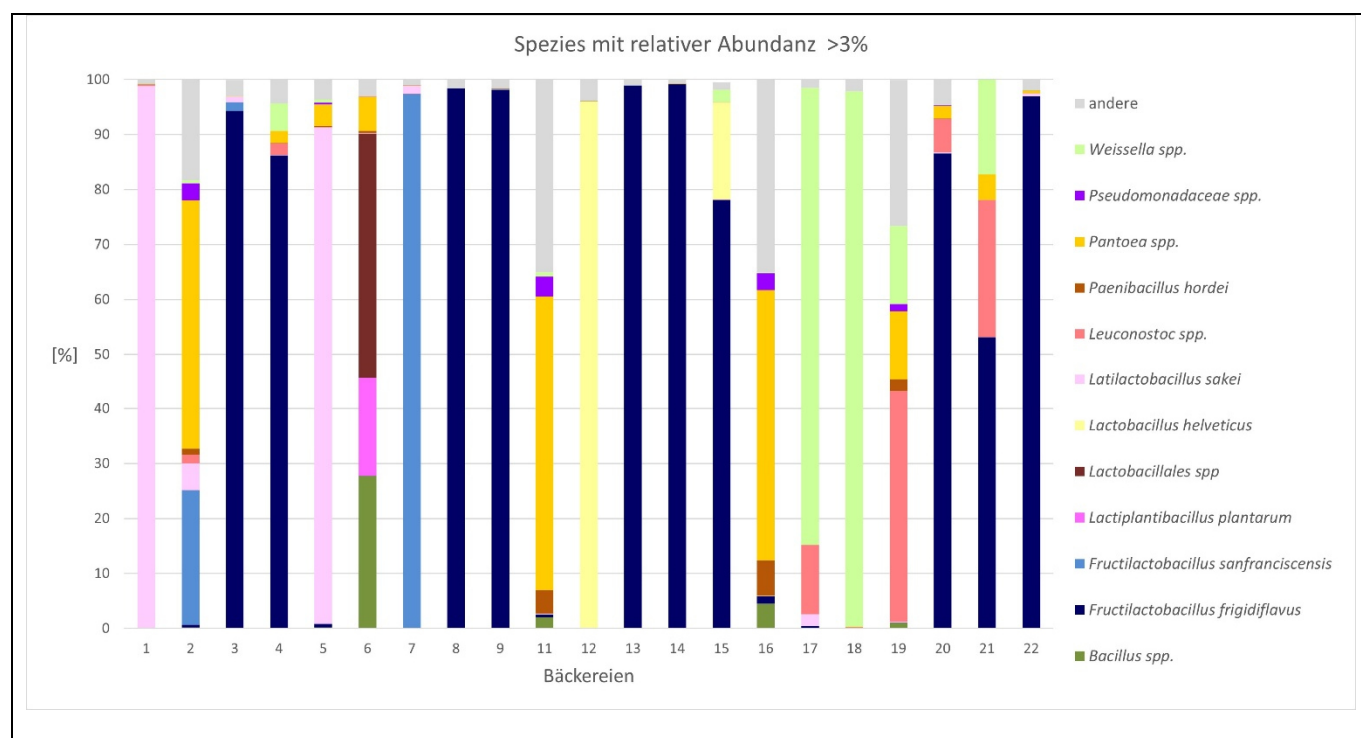


Abbildung 5.6: Diversität der Bakterien in den Teiglingen

In 6 von 7 Teiglingen mit einem Ethanolgehalt von mehr als 10 g / kg konnten keine *Fructilactobacillus* spp. nachgewiesen werden (von den Bäckereien 1, 5, 11, 12, 18 und 19). Die Ausnahme war der Teigling der Bäckerei 20 mit einer hohen Abundanz von *F. frigidiflavus*.

Die 3 Teiglinge mit einer grösseren Biodiversität im Metagenom der Hefen (8, 12 und 15) wiesen im Metagenom der Bakterien eine eher kleine Biodiversität auf. Interessanterweise wurde nur in den Teiglingen der Bäckereien 12 und 15 *Lactobacillus helveticus* nachgewiesen, was aber auch ein zufälliger Befund sein kann.

Unter den 128 Milchsäurebakterien-Stämmen, die aus den Teiglingen isoliert und in die Stammsammlung aufgenommen wurden, fanden sich keine *L. helveticus*. Aus früheren Studien ist bekannt, dass Stämme von *L. helveticus* schwer kultivierbar sein können. Umgekehrt konnte *L. brevis* mehrfach isoliert werden, ohne dass beim Metagenom ein entsprechendes Signal gemessen wurde.

Von den isolierten Essigsäurebakterien der Gattungen *Acetobacter* und *Gluconobacter* (siehe Kapitel 5.1) wurden keine Signale gemessen.

6 Charakterisierung der Roggenbrote

6.1 Chemische und biochemische Analysen

Um zu verifizieren, ob die unterschiedliche Probenaufarbeitung

- Posieux: Lyophilisation
- Liebefeld: einfrieren in Flüssig-Stickstoff und anschliessendes Vermahlen

einen Einfluss auf die Analysenergebnisse hatte, wurde die Trockenmasse mit beiden Vorgehensweisen bestimmt. Die Ergebnisse mit der unterschiedlichen Probenaufarbeitung, berechnet mit allen 63 Analysenergebnissen von den Teiglingen sowie von den 1 - 3 und 8 -10 Tage alten Broten, stimmen sehr gut überein (Abbildung 6.1). Die unterschiedliche Probenaufarbeitung hatte demnach keinen relevanten Einfluss auf die Analysenergebnisse und wird in der Folge nicht weiter berücksichtigt.

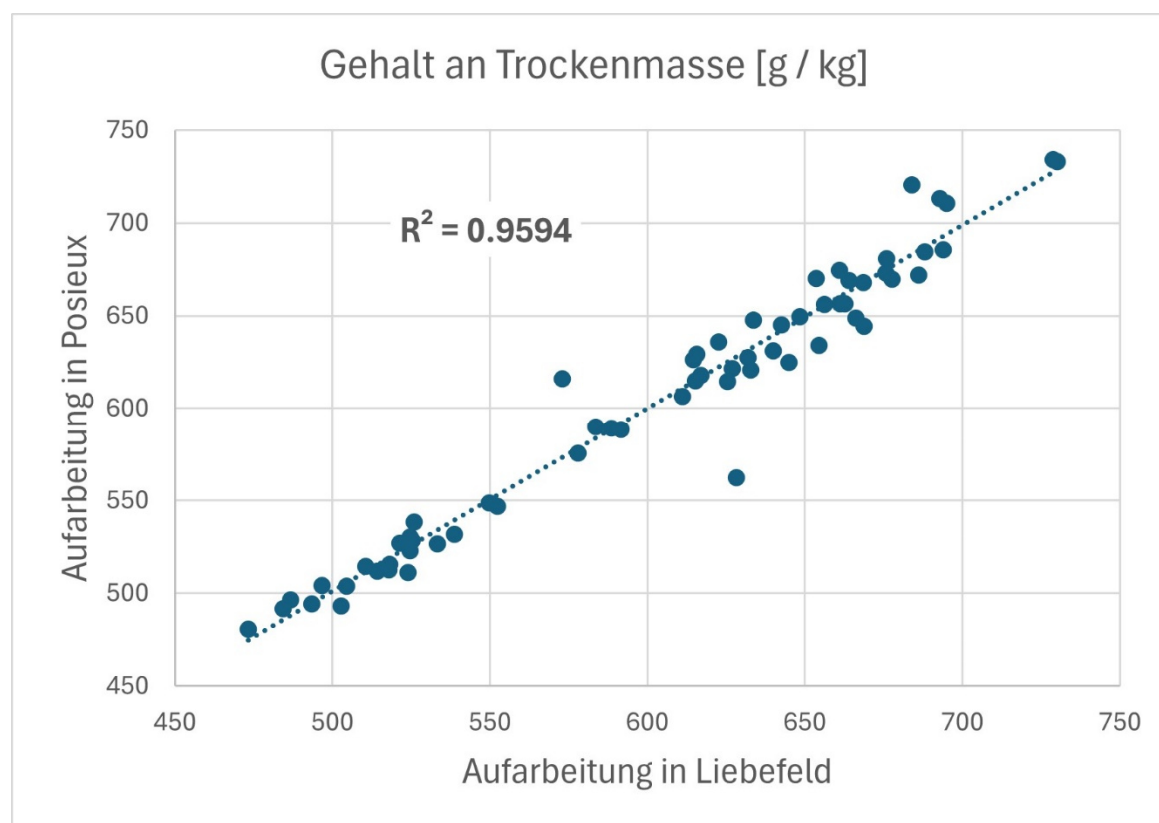


Abbildung 6.1: Trockenmassegehalt mit unterschiedlicher Aufarbeitung

6.1.1 Chemische Zusammensetzung

Die Mehle unterschieden sich nicht nur beim Kleie-Anteil (Abbildung 4.1) und bei der Fallzahl (Abbildung 4.2), sondern auch bei der chemischen Zusammensetzung, wie die deutliche Streuung s_x bei allen untersuchten Parametern zeigt (Tabelle 6.1.1a). Die Zugabe von Weizenmehl führte zu einem höheren Protein- und einem tieferen Stärkegehalt.

Tabelle 6.1.1a: Chemische Zusammensetzung (absolute Werte)

Para- meter	Probematerial	Ein- heit	N	Media n	Mittel- wert	s_x	Mini- mum	Maxi- mum	Roggen- mehl ¹⁾
Trocken- masse	Mehl	g/kg	21	882.6	885.0	10.0	873.7	918.9	7.7
	Teiglinge	g/kg	21	514.5	515.7	18.3	480.5	548.6	14.6
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	620.6	617.9	25.1	562.3	656.4	4.3
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	672.1	676.8	30.0	631.2	734.2	-0.7
	Zunahme beim Backen	g/kg	21	95.7	102.2	21.9	71.4	152.8	-10.3
	Zunahme bei Lagerung	g/kg	21	61.4	58.9	25.5	9.4	105.4	-5.1
Stärke	Mehl	g/kg	21	579.0	577.9	12.8	550.0	601.0	3.6
	Teiglinge	g/kg	21	323.0	320.7	13.4	295.0	355.0	9.6
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	369.0	370.2	16.9	343.0	401.0	8.9
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	405.0	405.4	20.5	378.0	463.0	5.6
Protein (N x 5.80)	Mehl	g/kg	21	87.6	86.4	5.4	74.2	93.4	-3.2
	Teiglinge	g/kg	21	51.5	52.7	4.4	45.5	66.1	-1.6
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	60.9	62.5	5.1	53.6	77.1	-2.8
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	67.3	68.3	6.4	59.7	88.2	-3.8
Fett	Mehl	g/kg	21	16.6	16.6	1.0	14.7	18.3	0.1
	Teiglinge ²⁾	g/kg	10	10.8	11.0	0.6	10.2	12.2	-0.1
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	12.0	12.3	1.2	10.5	16.1	-0.3
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	11.8	12.4	1.5	10.7	17.6	-0.1
Rohasche	Mehl	g/kg	21	15.1	15.2	1.1	12.3	17.5	0.3
	Teiglinge	g/kg	21	21.8	21.9	1.9	17.1	25.9	0.4
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	26.7	26.3	2.5	20.1	30.4	-0.01
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	29.2	28.2	2.8	22.2	34.2	-0.2

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

2) 11 Teiglinge hatten einen Fettgehalt von kleiner als 10 g/kg

Die Variabilität bei der chemischen Zusammensetzung der Teiglinge und der Brote war vor allem durch den deutlich unterschiedlichen Wassergehalt bedingt. Erwartungsgemäss sank der Wassergehalt beim Backen und bei der 1-wöchigen Lagerung, wobei es aber überraschend grosse Unterschiede zwischen den 21 Bäckereien gab (Abbildung 6.1.1a).

Die Teiglinge aus 100 % Roggenmehl wiesen im Mittel einen deutlich tieferen Wassergehalt auf. Nach dem Backen war dieser Unterschied deutlich kleiner. Nach der 1-wöchigen Lagerung war der Wassergehalt vergleichbar zwischen den Broten aus 100 % Roggenmehl und den Broten mit dem Zusatz von 8-10 % Weizenmehl. Diese beiden Feststellungen bedeuten, dass die Brote aus 100 % Roggenmehl beim Backen und beim Lagern im Mittel weniger Wasser verloren haben.

Die grossen Unterschiede beim Wassergehalt in den Teiglingen zeigen, dass die Bäckereien eine sehr unterschiedliche Teigfestigkeit anstreben.

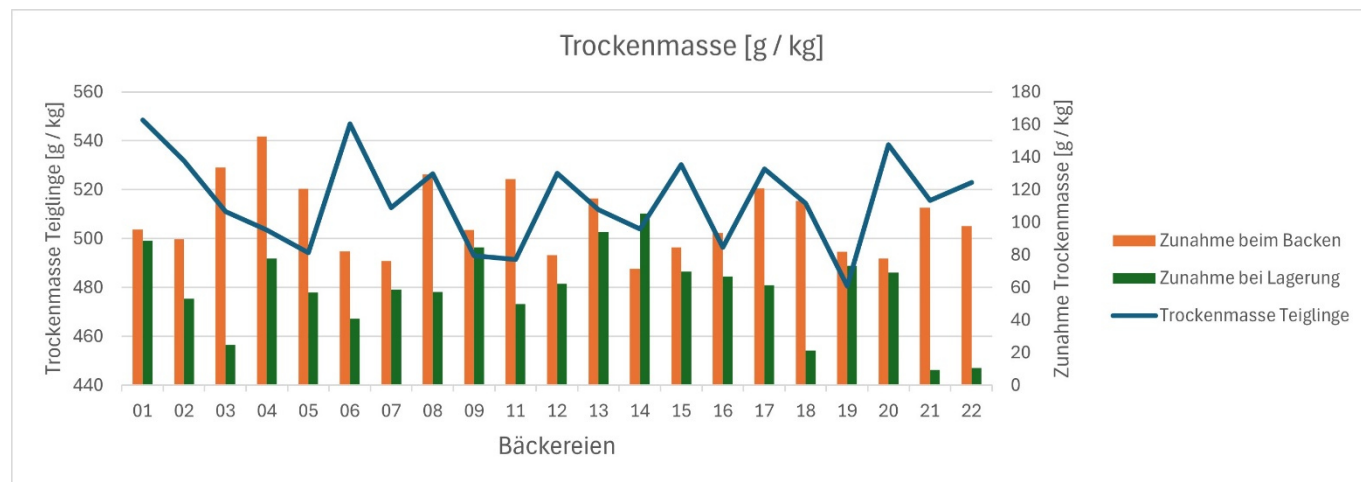


Abbildung 6.1.1a: Trockenmasse

Gehalt in Teiglingen und Zunahme beim Backen und während der 1-wöchigen Lagerung

Die Backtemperaturen und -zeiten (Abbildung 3.4) vermögen die hohe Variabilität beim Wasserverlust durch das Backen nicht vollständig zu erklären. Immerhin wurde das Brot der Bäckerei 4, das den grössten Wasserverlust aufwies, auch als einziges bei 250 °C gebacken. Das Brot der Bäckerei 3, das den zweitgrössten Wasserverlust verzeichnete, wurde hingegen bei einer unterdurchschnittlichen Temperatur von 215 °C gebacken. Sowohl bei der Bäckerei 3 wie auch bei der Bäckerei 4 wurden die Brote während 60 Minuten gebacken.

Die Bäckereien 8 und 21, welche mit 82 bzw. 75 Minuten als einzige Backzeiten von mehr als 1 Stunde aufwiesen, fielen nicht mit einem grossen Wasserverlust auf.

Einzig Bäckerei 16 gab an mit Umluft zu backen und die Bäckereien 2, 5 und 15 verzichteten nach eigenen Angaben auf das «Schwaden» (befeuchten des Ofens). Auch diese Besonderheiten vermögen den unterschiedlichen Wasserverlust nicht zu erklären.

Ebenso erstaunlich ist, wie unterschiedlich stark die Brote während der 1-wöchigen Lagerung im Leinensack austrockneten. Auffallend sind die Brote der Bäckereien 21 und 22, die während der Lagerung am wenigsten Wasser verloren. Es ist wohl kein Zufall, dass diese Brote nach dem Einfrieren für die physikalischen Messungen auch einen teigigen Kern aufwiesen und deshalb nicht untersucht werden konnten.

Werden die Ergebnisse der chemischen Zusammensetzung relativ auf die Trockenmasse bezogen, verkleinern sich die Streuungen s_x bei den verschiedenen Parametern (Tabelle 6.1.1b) und auch die Unterschiede zwischen den Broten aus 100 % Roggenmehl und den Broten mit dem Zusatz von 8 – 10 % Weizenmehl.

Tabelle 6.1.1b: Chemische Zusammensetzung (relative Werte)

Parameter	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s_x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Trockenmasse	Mehl	%	21	88.3	88.5	1.0	87.3	91.9	0.77
	Teiglinge	%	21	51.5	51.6	1.8	48.1	54.9	1.46
	Brot, 1-3 Tage	%	21	62.1	61.8	2.5	56.2	65.6	0.43
	Brot, 8-10 Tage	%	21	67.2	67.7	3.0	63.1	73.4	-0.74
Stärke	Mehl	% von TM	21	65.3	65.3	1.3	62.8	68.3	-0.16
	Teiglinge	% von TM	21	61.8	62.2	1.2	60.0	64.7	0.14
	Brot, 1-3 Tage	% von TM	21	59.9	59.9	1.4	56.7	62.5	1.01
	Brot, 8-10 Tage	% von TM	21	59.9	59.9	1.5	56.7	63.2	0.90
Protein (N x 5.80)	Mehl	% von TM	21	9.85	9.76	0.62	8.41	10.64	-0.44
	Teiglinge	% von TM	21	10.35	10.23	0.75	9.15	12.05	-0.60
	Brot, 1-3 Tage	% von TM	21	10.13	10.12	0.75	9.02	11.97	-0.53
	Brot, 8-10 Tage	% von TM	21	10.07	10.09	0.76	8.94	12.03	-0.53
Fett	Mehl	% von TM	21	1.88	1.87	0.12	1.68	2.06	-0.01
	Teiglinge ²⁾	% von TM	10	2.08	2.11	0.12	1.93	2.35	-0.10
	Brot, 1-3 Tage	% von TM	21	1.98	1.99	0.17	1.68	2.62	-0.07
	Brot, 8-10 Tage	% von TM	21	1.80	1.83	0.17	1.63	2.40	0.00
Rohasche	Mehl	% von TM	21	1.72	1.71	0.12	1.41	2.00	0.02
	Teiglinge	% von TM	21	4.36	4.26	0.40	3.18	5.05	-0.05
	Brot, 1-3 Tage	% von TM	21	4.37	4.25	0.40	3.26	4.96	-0.03
	Brot, 8-10 Tage	% von TM	21	4.39	4.26	0.42	3.24	5.05	-0.03

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

2) 11 Teiglinge hatten einen Fettgehalt von kleiner als 10 g/kg

Hingegen wird bestätigt, dass der Zusatz von Weizenmehl im Mittel zu einem höheren Proteingehalt führt.

Die Veränderungen beim Fett- und Rohaschegehalt waren hingegen nur marginal.

Der Salzgehalt variierte bei den Broten aus den verschiedenen Bäckereien zwischen 10 und 20 g/kg, wobei die meisten Brote einen Gehalt zwischen 15 und 18 g / kg aufwiesen (Abbildung 6.1.1b).

Auch beim Salzgehalt bestätigte sich die Feststellung, dass die deklarierten Angaben der Bäckerinnen und Bäcker (Tabelle 3.1) nur mit einem Vorbehalt interpretiert werden können. Es kommt wohl häufig vor, dass das Salz nicht genau abgewogen wird.

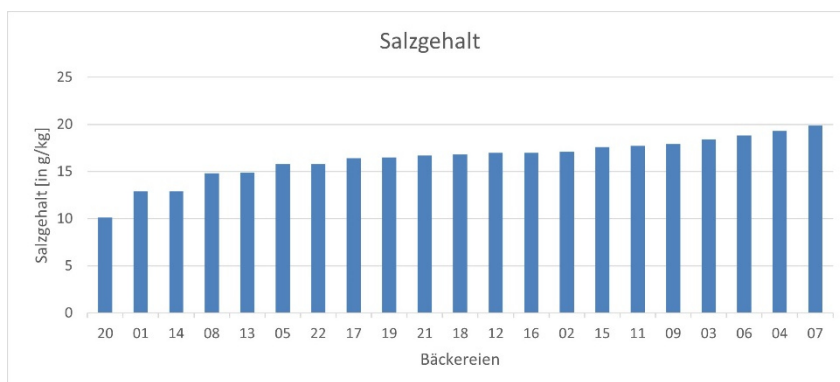


Abbildung 6.1.1b: Salzgehalt in den 1 – 3 Tage alten Broten

Die Brote aus 100 % Roggenmehl wiesen im Mittel einen leicht höheren Kalium-Gehalt auf (Tabelle 6.1.1d). Gemäss der schweizerischen Nährwertdatenbank ist der Kaliumgehalt in Roggenmehl fast doppelt so hoch im Vergleich mit dem Weizenmehl.

Tabelle 6.1.1c: Mineralstoffe

Parameter	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	S _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Calcium	Mehl	g/kg	21	0.41	0.39	0.05	0.31	0.48	-0.01
	Teiglinge	g/kg	21	0.26	0.28	0.13	0.21	0.86	-0.04
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	0.30	0.31	0.08	0.25	0.67	-0.02
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	0.33	0.34	0.09	0.24	0.73	-0.02
Magnesium	Mehl	g/kg	21	0.95	0.93	0.10	0.68	1.14	0.03
	Teiglinge	g/kg	21	0.57	0.56	0.04	0.51	0.65	0.01
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	0.65	0.66	0.05	0.59	0.73	-0.01
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	0.69	0.71	0.05	0.60	0.81	0.00
Natrium	Mehl	g/kg	21	< 0.05	< 0.05		< 0.05	< 0.05	
	Teiglinge	g/kg	21	5.26	5.25	0.74	3.17	6.89	-0.02
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	6.22	6.18	0.94	3.60	7.58	-0.20
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	6.76	6.76	1.02	3.92	8.51	-0.18
Kalium	Mehl	g/kg	21	4.09	4.08	0.31	3.46	4.64	0.22
	Teiglinge	g/kg	21	2.44	2.45	0.17	2.17	2.78	0.23
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	2.85	2.88	0.17	2.60	3.14	0.15
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	3.11	3.14	0.21	2.72	3.56	0.17
Phosphor	Mehl	g/kg	21	2.71	2.67	0.23	2.06	3.18	0.06
	Teiglinge	g/kg	21	1.68	1.69	0.09	1.54	1.92	0.05
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	1.97	1.99	0.11	1.80	2.16	0.00
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	2.11	2.14	0.14	1.86	2.39	0.00

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Bäckerei 05 hatte deutlich höhere Calcium-Gehalte im Teigling und in den Broten nach 1-3 bzw. 8-10 Tagen, nicht aber im Mehl (Abbildung 6.1.1c). Die Bäckerei 05 befindet sich an einem Ort mit hartem Wasser, was zumindest einen Teil zu erklären vermag.

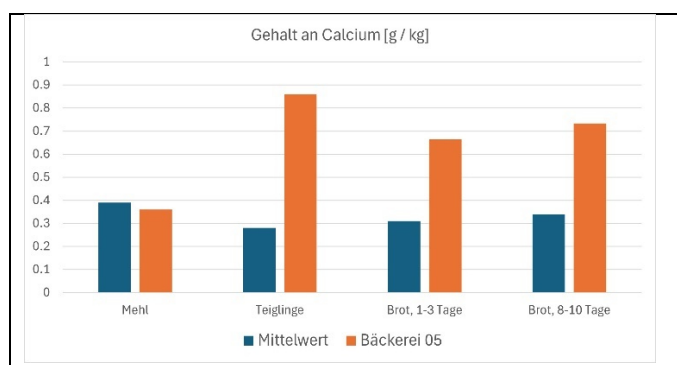


Abbildung 6.1.1c: Gehalt an Calcium bei der Bäckerei 05 im Vergleich mit dem Mittelwert

Bäckerei 20 wies deutlich tiefere Natrium-Gehalte im Teigling und in den Broten nach 1-3 bzw. 8-10 Tagen auf, was gut mit dem tieferen Salzgehalt übereinstimmte. Da der Natrium-Gehalt im Mehl unterhalb der Nachweisgrenze lag, korrelierte der Natrium-Gehalt in den Broten sehr eng mit dem Kochsalz-Gehalt ($R^2 = 0.973$).

Bei den Spurenelementen Eisen, Kupfer, Mangan und Zink war die Streuung s_x erwartungsgemäss verhältnismässig klein (Tabelle 6.1.1e).

Tabelle 6.1.1d: Spurenelemente

Parameter	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s_x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Eisen	Mehl	mg/kg	21	22.7	22.2	2.2	16.1	25.9	0.05
	Teiglinge	mg/kg	21	14.2	14.1	1.5	11.5	16.7	-0.09
	Brot, 1-3 Tage	mg/kg	21	15.7	16.1	1.8	13.2	19.8	-0.25
	Brot, 8-10 Tage	mg/kg	21	16.7	17.0	2.0	13.3	21.6	-0.56
Kupfer	Mehl	mg/kg	21	3.8	3.8	0.3	2.9	4.4	-0.05
	Teiglinge	mg/kg	21	2.6	2.5	0.2	2.1	3.0	0.08
	Brot, 1-3 Tage	mg/kg	21	2.8	2.8	0.2	2.3	3.2	-0.02
	Brot, 8-10 Tage	mg/kg	21	3.0	3.0	0.2	2.5	3.5	0.00
Mangan	Mehl	mg/kg	21	7.3	7.5	3.4	5.1	21.6	-0.88
	Teiglinge	mg/kg	21	4.6	5.2	2.6	3.0	13.0	0.36
	Brot, 1-3 Tage	mg/kg	21	5.3	6.1	2.9	3.5	15.6	0.49
	Brot, 8-10 Tage	mg/kg	21	5.5	6.6	3.2	4.0	17.5	0.46
Zink	Mehl	mg/kg	21	22.5	22.7	2.2	17.0	26.7	-0.23
	Teiglinge	mg/kg	21	14.6	14.7	1.1	12.9	17.6	0.39
	Brot, 1-3 Tage	mg/kg	21	17.6	17.2	1.3	15.3	20.0	0.09
	Brot, 8-10 Tage	mg/kg	21	18.0	18.2	1.1	16.2	20.3	0.27

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Einzig beim Mangan gab es auffallende Werte: Die Bäckereien 01 und 06 hatten deutlich höhere Gehalte im Teigling und in den Broten nach 1-3 bzw. 8-10 Tagen als alle anderen Bäckereien. Bei der Bäckerei 01 war der Gehalt bereits im Mehl stark erhöht, nicht aber bei der Bäckerei 06 (Abbildung 6.1.1d).

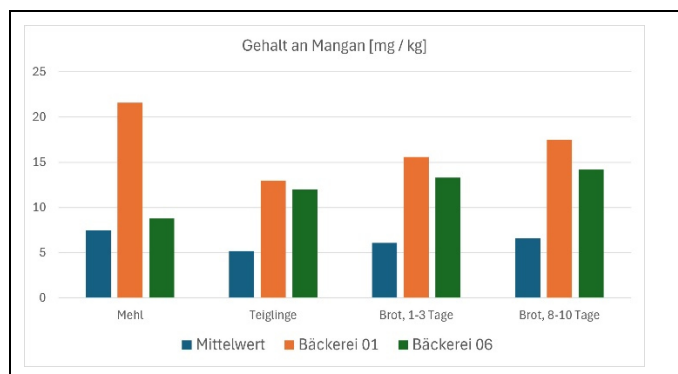


Abbildung 6.1.1d: Gehalt an Mangan bei den Bäckereien 01 und 06 im Vergleich mit dem Mittelwert

6.1.2 Gärungsanalytik

Die Saccharose des Mehles wird bei der Teigbereitung rasch in Glukose und Fruktose aufgespalten und ist im Teigling meist kaum noch nachweisbar.

Die mehleigene Amylase und mikrobielle Enzyme führen durch die Hydrolyse der Stärke dazu, dass das frische Brot höhere Gehalte an Maltose, Saccharose und Fruktose hat als die Teiglinge. Der Gehalt an Glukose nimmt hingegen ab, weil die Glukose der für die Mikroorganismen bevorzugte Zucker ist. Die leichte Zunahme der verschiedenen Zucker im 1 Woche alten Brot ist durch die Abnahme des Wassergehaltes bedingt.

Tabelle 6.1.2a: Vergärbare Zucker

Parameter	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	S _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Maltose	Mehl	g/kg	21	1.80	2.09	0.75	0.80	4.00	-0.67
	Teiglinge	g/kg	21	1.65	2.39	1.82	0.30	6.05	-1.49
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	4.70	6.06	4.82	0.85	18.80	-5.24
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	5.20	6.46	5.11	0.80	20.30	-5.64
Saccharose	Mehl	g/kg	21	10.00	10.00	0.96	7.22	12.10	0.00
	Teiglinge	g/kg	21	<0.01	0.05	0.09	<0.01	0.29	0.01
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	0.44	0.54	0.32	0.11	1.07	-0.14
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	0.45	0.51	0.32	0.12	1.13	-0.12
Glukose	Mehl	g/kg	21	1.05	1.25	0.41	0.70	2.15	0.04
	Teiglinge	g/kg	21	3.05	3.08	1.71	0.14	6.63	-0.95
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	2.57	2.25	1.49	0.24	4.73	-0.93
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	2.73	2.42	1.59	0.27	5.13	-1.01
Fruktose	Mehl	g/kg	21	0.90	0.93	0.16	0.65	1.35	0.01
	Teiglinge	g/kg	21	3.72	4.15	2.95	0.55	11.60	-0.07
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	5.95	5.02	2.74	<0.01	11.90	0.61
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	6.28	5.51	3.06	<0.01	13.70	0.77

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Die Brote aus 100 % Roggenmehl enthielten im Mittel weniger Maltose, Saccharose und Glukose als die Brote mit dem Zusatz von 8 – 10 % Weizenmehl. Im Gegensatz dazu war der Gehalt an Fruktose höher, was auf eine höhere Hefeaktivität hinweist, da Hefen Fruktose freisetzen (Siepmann et al., 2019). Der tiefere Gehalt an vergärbaren Zucker war höchstwahrscheinlich nicht die Folge einer schwächeren Amylase-Aktivität, sondern eher das Ergebnis einer intensiveren Gärung. Sauerteige aus Roggenmehl weisen in der Regel eine hohe Amylase-Aktivität auf und säuern deshalb auch schneller; dies kann zu einer verringerten Hefeaktivität, einem stärker sauren Geschmack und zu einer längeren Haltbarkeit führen (Calvert et al., 2021).

Insgesamt fällt auf, dass die Gehalte an vergärbaren Zucker in den Broten aus den 21 Bäckereien sehr stark variierten (Abbildung 6.1.2a).

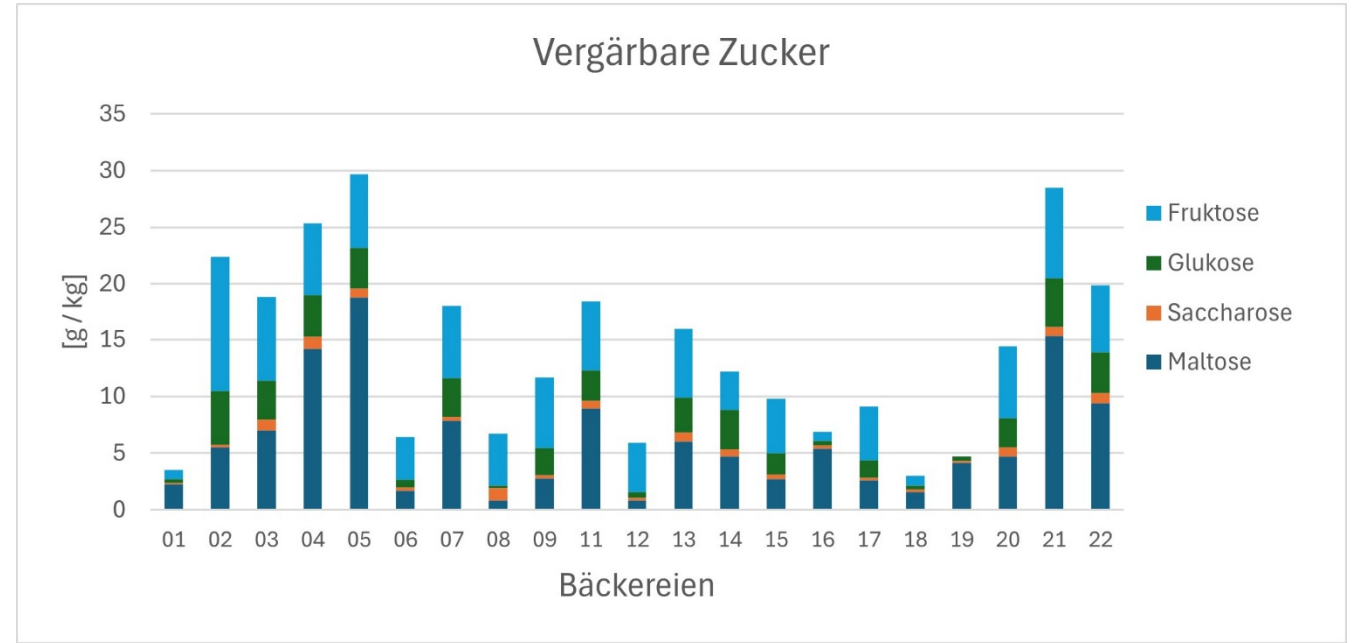


Abbildung 6.1.2a: Gehalt an vergärbaren Zuckern in den Broten nach 1-3 Tagen

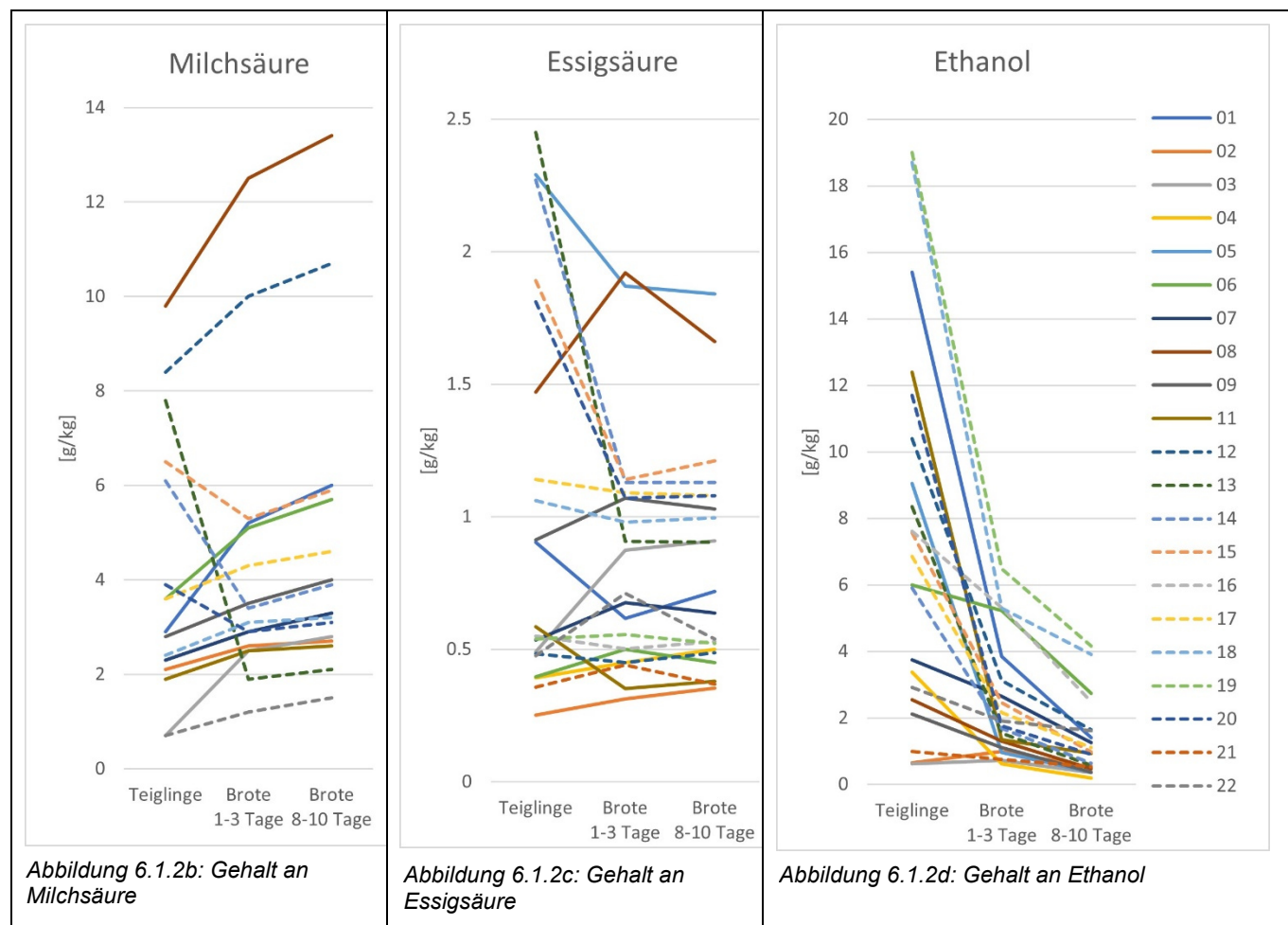
In den Teiglingen und Broten der Bäckereien 04, 05, 16, 19 und 21 konnte keine Milchsäure nachgewiesen werden. Essigsäure und Ethanol wurden hingegen in sämtlichen Proben gefunden. Der in der Literatur beschriebene Zusammenhang von einem höheren Ethanolgehalt mit steigendem Anteil Starter (Sauerteig und Poolisch) und einer höheren Hefezelldichte konnte nicht bestätigt werden (Lattanzi et al., 2014).

Tabelle 6.1.2b: Gärprodukte

Parameter	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Milchsäure	Teiglinge	g/kg	21	2.40	3.11	2.93	0	9.8	2.39
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	2.90	3.28	3.12	0	12.5	3.59
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	3.10	3.60	3.36	0	13.4	3.78
Essigsäure	Teiglinge	g/kg	21	0.59	1.01	0.70	0.25	2.45	-0.15
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	0.71	0.84	0.44	0.31	1.92	0.09
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	0.72	0.82	0.41	0.35	1.84	0.06
Ethanol	Teiglinge	g/kg	21	6.85	7.42	5.44	0.62	19.0	0.03
	Brot, 1-3 Tage	g/kg	21	1.76	2.44	1.73	0.62	6.48	0.37
	Brot, 8-10 Tage	g/kg	21	0.94	1.29	1.11	0.20	4.16	0.32
pH-Wert	Teiglinge		21	5.20	5.04	0.60	3.89	5.83	-0.51
	Brot, 1-3 Tage		21	5.10	5.04	0.43	3.92	5.79	-0.53
	Brot, 8-10 Tage		21	5.07	5.02	0.45	3.88	5.75	-0.51

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Die gemessenen Gärprodukte und der pH-Wert bestätigen, dass die Gärung in den Broten aus reinem Roggenmehl intensiver verlief (Tabelle 6.1.2b), wahrscheinlich eine Folge der höheren Amylase-Aktivität (Calvert et al., 2021).



Die Abbildungen 6.1.2b – 6.1.2d zeigen eindrücklich auf, wie divers die Gärungen in den Teigen der 21 beteiligten Bäckereien verliefen. Die individuellen Gehalte in den Teiglingen und Broten lassen sich schlecht aus diesen Grafiken herauslesen, weshalb für jede Bäckerei eine separate Grafik erstellt wurde (Abbildung 6.1.2e). Es können einige interessante Feststellungen gemacht werden:

- In den Teiglingen und Broten der Bäckereien 04, 05, 16, 19 und 21 konnte keine Milchsäure nachgewiesen werden. Diese fünf Bäckereien arbeiteten alle mit Sauerteig, fielen aber weder bei der Fermentationsdauer noch bei der Fermentationstemperatur auf (Abbildung 3.2). Enthielten die untersuchten Matrices hingegen Milchsäure, war der entsprechende Gehalt fast immer höher als der Gehalt an Essigsäure.
- Essigsäure und Ethanol wurden in sämtlichen Proben gefunden. Im Mittel waren die Gehalte an Essigsäure eher tief, wahrscheinlich eine Folge der eher hohen Fermentationstemperaturen und der eher kurzen Fermentationszeiten (De Vuyst et al., 2016).
- Die Teiglinge der Bäckereien 1, 5, 11, 12, 18, 19 und 20 enthielten mehr als 10 g / kg Ethanol. Wegen der hohen Flüchtigkeit nahm der Ethanolgehalt beim Backen deutlich ab. In den 1 – 3 Tage alten Broten fielen die Bäckereien 6, 16, 18 und 19 mit einem Ethanol-Gehalt von mehr als 5 g / kg auf.
- Der pH-Wert war einzig in den Broten aus den Bäckereien 8, 12 und 15 deutlich unter 5.
- Der deutlich tiefere pH-Wert in den Teiglingen der Bäckereien 13, 14 und 15 im Vergleich mit den Broten war wahrscheinlich dem Umstand geschuldet, dass die Teiglinge nicht unmittelbar eingefroren wurden und sich die Gärung dadurch verlängerte.

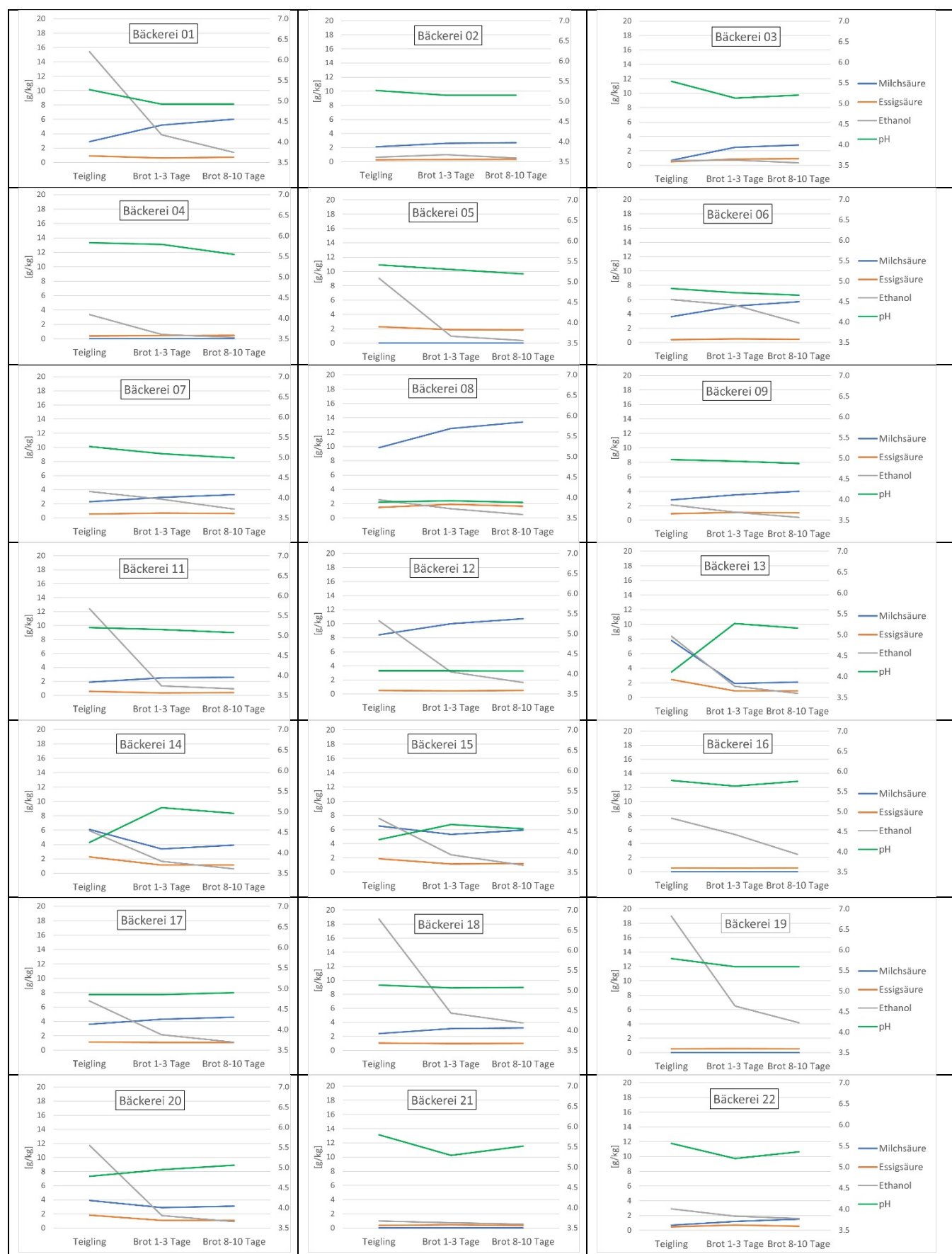


Abbildung 6.1.2e: Gehalt an Gärungsprodukten und pH-Wert in Abhängigkeit von der Bäckerei

Bei den Broten der Bäckereien 14, 16 und 19 trat während der 1-wöchigen Lagerung im Leinensack eine leichte Schimmelbildung auf. Es fällt auf, dass diese Brote eher höhere pH-Werte und tiefere Säuregehalt aufwiesen.

In den Teiglingen besteht eine enge Korrelation zwischen dem Gehalt an vergärbaren Zuckern (Maltose + Saccharose + Glukose + Fruktose) und dem Gehalt an Gärungsprodukten (Milchsäure + Essigsäure + Ethanol) (Abb. 6.1.2f).

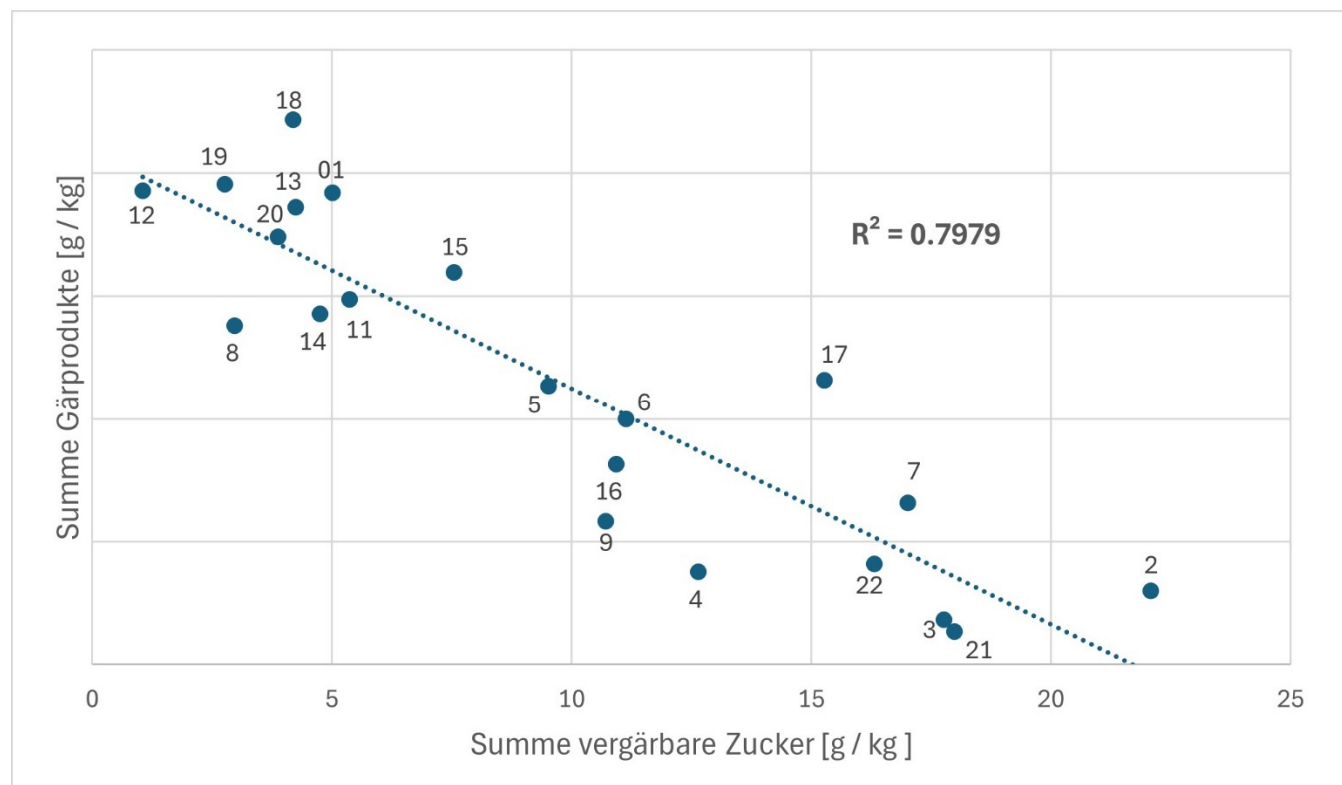


Abbildung 6.1.2f: Summe vergärbare Zucker und Gärungsprodukte in den Teiglingen
Die Nummern in der Grafik bezeichnen die 21 Bäckereien

Dies bedeutet, dass in allen Teigen der 21 Bäckereien ungefähr gleich viel Stärke zu vergärbaren Zuckern hydrolysiert wurde. Diese Zucker wurden in der Folge jedoch sehr unterschiedlich stark vergoren: im Teigling der Bäckerei 21 wurden lediglich 1.3 g / kg Gärungsprodukte gemessen. Am meisten Gärungsprodukte wies der Teigling der Bäckerei 18 mit 22.2 g / kg auf.

Die Summe aus vergärbaren Zuckern und Gärungsprodukten bewegte sich in allen Teiglingen in der gleichen Grössenordnung (Mittelwert: 20.3 g / kg, Standardabweichung 5.4 g / kg).

Die Amylasen der Mikroorganismen sind im Vergleich zu den im Mehl enthaltenen Amylasen eher unbedeutend, sodass die Mikroorganismen die Stärke selbst kaum abbauen können.

6.1.3 Totale und freie Aminosäuren

Die Gehalte bei den totalen Aminosäuren (Tabellen 6.1.3 a und b) waren erwartungsgemäss direkt vom Wassergehalt abhängig. Wie schon bei anderen Parametern war die Variabilität überraschend hoch, obwohl die meisten Bäckereien ihr Mehl von der gleichen Mühle bezogen: das Maximum war meistens ungefähr um einen Faktor 2 höher als das Minimum.

Tabelle 6.1.3a: Totale Aminosäuren (Teil 1)

Parameter	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Total	Mehl	mg / g	21	80.82	87.62	13.57	70.76	121.47	0.69
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	60.76	64.67	11.58	50.79	96.06	-1.41
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	70.34	72.45	13.52	53.55	99.93	4.35
Histidin	Mehl	mg / g	21	2.24	2.39	0.38	1.92	3.33	0.00
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	1.66	1.74	0.32	1.35	2.58	-0.02
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	1.89	2.05	0.57	1.47	3.58	0.20
Asparagin	Mehl	mg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Serin	Mehl	mg / g	21	4.45	4.75	0.73	3.75	6.71	-0.06
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	3.32	3.59	0.63	2.78	5.35	-0.07
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	3.61	3.84	0.69	2.84	5.38	0.11
Glutamin	Mehl	mg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Arginin	Mehl	mg / g	21	4.86	5.14	0.96	3.96	7.40	0.02
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	3.52	3.64	0.70	2.51	5.12	0.00
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	3.54	3.79	0.66	2.98	5.54	0.29
Glycin	Mehl	mg / g	21	4.13	4.36	0.71	3.51	6.12	0.04
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	3.11	3.24	0.55	2.60	4.58	-0.03
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	3.88	4.43	1.40	2.79	7.13	0.59
Asparaginsäure	Mehl	mg / g	21	6.03	6.57	1.24	5.13	9.06	0.34
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	4.04	4.55	0.91	3.28	6.13	0.33
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	4.49	4.46	0.48	3.69	5.58	0.32
Glutaminsäure	Mehl	mg / g	21	15.07	16.81	3.26	12.75	24.78	0.09
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	11.23	12.68	2.99	9.41	22.00	-0.74
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	13.24	13.18	2.11	9.13	16.73	-0.53
Threonin	Mehl	mg / g	21	3.22	3.44	0.56	2.75	4.80	0.07
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	2.43	2.57	0.46	2.04	3.61	0.02
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	2.51	2.70	0.48	2.23	4.08	0.18
Alanin	Mehl	mg / g	21	4.33	4.46	0.75	3.48	6.20	0.09
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	3.09	3.35	0.60	2.61	4.59	0.01
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	3.72	3.69	0.57	2.93	4.80	0.26

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

In keiner der 63 Proben konnten Asparagin, Glutamin und Cystin nachgewiesen werden. Glutamin, Asparagin und Cystin werden bei der Analytik während der sauren Hydrolyse zerstört. Glutamin und Asparagin werden dabei zu Glutamat bzw. Aspartat umgewandelt, deren Mengen in den totalen Aminosäuren dementsprechend erhöht sind. Die häufigste Aminosäure war Glutaminsäure, gefolgt von Prolin und Leucin. Die häufigsten essenziellen Aminosäuren waren Leucin, Phenylalanin und Valin. Die Gehalte an Lysin und Methionin, den beiden häufigsten limitierenden Aminosäuren in Pflanzenproteinen, waren begrenzt.

Tabelle 6.1.3b: Totale Aminosäuren (Teil 2)

Parameter	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Prolin	Mehl	mg / g	21	8.45	8.97	1.38	7.28	12.28	0.19
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	6.26	6.70	1.30	5.31	10.78	-0.31
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	7.58	7.60	1.51	5.20	10.27	0.35
Cystin	Mehl	mg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Lysin	Mehl	mg / g	21	3.64	3.77	0.63	3.05	5.27	0.12
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	2.62	2.54	0.50	1.47	3.37	0.18
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	2.39	2.24	0.48	1.27	2.83	0.01
Tyrosin	Mehl	mg / g	21	2.27	2.44	0.31	2.09	3.20	-0.02
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	1.74	1.80	0.32	1.47	2.80	-0.12
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	2.15	2.89	1.41	1.55	6.32	0.54
Cystein	Mehl	mg / g	21	2.72	2.37	0.64	1.50	3.11	-0.35
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	1.89	1.70	0.46	1.11	2.88	-0.23
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	1.48	1.64	0.43	1.22	2.88	0.06
Methionin	Mehl	mg / g	21	1.34	1.34	0.09	1.19	1.50	-0.05
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	0.98	0.98	0.18	0.40	1.34	-0.13
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	1.28	1.52	0.60	0.91	2.90	0.25
Valin	Mehl	mg / g	21	4.65	4.91	0.79	3.92	6.80	0.07
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	3.50	3.67	0.63	2.90	5.22	-0.03
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	3.99	4.15	0.80	3.16	5.61	0.45
Isoleucin	Mehl	mg / g	21	3.34	3.57	0.57	2.80	4.96	0.02
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	2.59	2.71	0.48	2.17	4.04	-0.07
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	2.79	2.76	0.30	2.26	3.25	0.03
Leucin	Mehl	mg / g	21	5.85	6.30	0.99	5.02	8.82	0.01
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	4.45	4.65	0.90	3.11	7.08	-0.12
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	5.33	5.59	1.25	3.86	7.82	0.43
Phenylalanin	Mehl	mg / g	21	4.42	4.94	0.94	3.84	7.08	0.18
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	3.38	3.68	0.77	2.79	5.70	-0.05
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	4.06	5.01	2.18	2.85	10.46	0.78
Tryptophan	Mehl	mg / g	21	1.09	1.10	0.14	0.91	1.52	-0.06
	Brot, 1-3 Tage	mg / g	21	0.87	0.87	0.08	0.74	1.08	-0.04
	Brot, 8-10 Tage	mg / g	21	0.89	0.90	0.08	0.72	1.09	0.04

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Ausser beim Glutamin, Cystin und beim Tryptophan im Mehl waren die Gehalte an freien Aminosäuren stets höher, wenn auf den Zusatz von Weizenmehl verzichtet wurde (Tabellen 6.1.3 c und d).

Tabelle 6.1.3c: Freie Aminosäuren (Teil 1)

Parameter	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	S _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Total	Mehl	µg / g	21	1'922.41	1'965.27	243.52	1'539.51	2'397.13	226.49
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	1'403.62	1'440.33	348.42	933.06	2'193.39	532.85
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	1511.70	1501.76	428.45	826.14	2461.96	679.34
Histidin	Mehl	µg / g	21	16.17	16.62	3.24	9.55	22.40	2.14
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	10.25	11.52	5.46	3.17	30.36	6.51
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	8.56	9.98	5.42	2.13	28.09	6.95
Asparagin	Mehl	µg / g	21	604.64	612.54	100.51	391.13	877.10	91.18
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	290.53	249.16	107.42	12.20	432.70	67.88
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	247.68	251.68	124.84	15.87	500.98	102.66
Serin	Mehl	µg / g	21	40.86	37.03	9.07	21.77	59.39	2.23
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	37.04	40.03	16.45	14.50	89.14	23.64
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	47.50	50.46	18.52	23.30	107.01	27.10
Glutamin	Mehl	µg / g	21	116.13	122.10	22.63	84.15	189.42	-6.42
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	23.97	32.61	25.21	2.27	122.24	18.53
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	26.67	31.88	26.46	4.29	120.55	20.00
Arginin	Mehl	µg / g	21	140.90	137.38	23.21	92.77	180.30	7.59
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	140.45	142.48	40.83	68.26	218.43	10.27
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	163.21	160.03	46.61	78.61	254.59	46.57
Glycin	Mehl	µg / g	21	32.34	31.56	5.03	21.23	42.73	1.45
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	37.08	41.81	24.67	16.10	101.43	6.98
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	33.73	36.87	16.42	16.24	81.16	10.95
Asparaginsäure	Mehl	µg / g	21	404.55	401.04	46.28	310.45	494.29	58.71
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	242.10	239.86	60.21	114.78	402.18	79.26
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	254.47	253.76	67.94	109.46	411.26	85.91
Glutaminsäure	Mehl	µg / g	21	177.32	191.50	36.81	143.10	276.66	37.13
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	124.66	134.54	38.43	79.88	213.02	57.68
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	138.22	149.12	65.80	72.72	371.92	46.80
Threonin	Mehl	µg / g	21	21.75	21.09	3.00	15.70	26.99	2.38
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	24.05	25.33	10.01	9.22	56.85	14.85
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	22.83	26.16	11.59	9.49	60.50	17.50
Alanin	Mehl	µg / g	21	114.84	115.63	19.09	81.11	149.03	11.57
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	135.78	145.57	40.40	94.86	237.38	43.60
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	144.96	142.66	48.28	84.34	274.88	53.64

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Die Streuung bei den freien Aminosäuren war wesentlich grösser als bei den totalen Aminosäuren, was mit zwei gegenläufigen Faktoren zusammenhängt: unterschiedliche Aktivität von pflanzlichen und mikrobiellen Enzymen (Proteasen und Peptidasen), welche die Aminosäuren freisetzen, sowie der darauffolgende Abbau der freigesetzten Aminosäuren durch Mikroorganismen.

Freies Cystin konnte im Mehl, nicht aber in den Broten nachgewiesen werden, was mit einem mikrobiellen Abbau während der Teigbereitung erklärt werden kann.

Tabelle 6.1.3d: Freie Aminosäuren (Teil 2)

Parameter	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	S _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Prolin	Mehl	µg / g	21	98.49	104.03	33.60	56.07	169.70	9.20
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	93.15	91.24	20.83	46.41	124.67	19.24
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	99.29	93.28	26.21	47.63	137.33	28.87
Cystin	Mehl	µg / g	21	12.41	13.63	5.04	5.11	27.75	-2.40
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lysin	Mehl	µg / g	21	23.85	23.43	3.23	17.08	28.73	1.25
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	38.53	38.27	14.45	10.32	81.99	19.74
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	36.01	38.85	15.10	14.79	76.41	25.82
Tyrosin	Mehl	µg / g	21	21.93	22.81	4.64	15.30	36.39	3.25
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	35.58	35.56	12.31	16.02	67.11	12.83
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	39.24	43.37	14.17	21.10	79.47	20.63
Cystein	Mehl	µg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Methionin	Mehl	µg / g	21	6.12	6.22	1.63	3.41	8.84	0.74
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	12.13	12.54	7.55	2.84	37.45	10.23
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	10.55	13.10	8.52	3.43	36.76	13.41
Valin	Mehl	µg / g	21	42.22	42.42	6.49	31.33	55.74	4.42
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	52.37	58.88	24.41	29.65	121.71	35.04
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	52.63	60.32	28.42	32.65	139.83	42.85
Isoleucin	Mehl	µg / g	21	19.77	20.20	3.68	13.62	29.60	1.58
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	23.31	24.43	10.63	10.09	56.96	13.66
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	21.41	25.10	12.25	9.19	65.63	18.09
Leucin	Mehl	µg / g	21	9.77	9.93	1.90	6.46	13.65	0.88
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	47.94	62.05	46.37	14.75	186.12	60.98
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	52.47	64.88	52.54	15.58	221.27	76.15
Phenylalanin	Mehl	µg / g	21	17.08	17.88	6.16	7.23	28.83	1.47
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	32.43	40.93	23.92	17.94	103.98	30.80
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	28.79	38.60	25.29	11.80	113.77	35.32
Tryptophan	Mehl	µg / g	21	17.58	18.24	4.34	11.19	26.24	-1.84
	Brot, 1-3 Tage	µg / g	21	13.38	13.52	4.41	3.36	25.12	1.13
	Brot, 8-10 Tage	µg / g	21	11.63	11.64	3.43	4.23	19.17	0.12

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

6.2 Physikalische Analysen

6.2.1 Textur

Zwecks Standardisierung wurden für die physikalischen Analysen alle Brote für einige Tage eingefroren, anschliessend aufgetaut und gemessen. Die Brote der Bäckereien 21 und 22 wiesen nach dem Auftauen einen teigigen Kern auf und konnten deshalb (mit Ausnahme von Farbe und Makroskopie) nicht analysiert werden.

Die Brote aus 100 % Roggenmehl waren nach 1 – 3 Tagen im Mittel etwas fester als die Brote mit dem Zusatz von 8 – 10 % Weizenmehl (Tabelle 6.2.1), wobei vor allem die beiden Brote der Bäckereien 6 und 8 für diesen Unterschied sorgten (Abbildung 6.2.1).

Tabelle 6.2.1: Texturmessung mit dem Zylindertest (Brote 1-3 Tage)

Parameter	Einheit	N ¹⁾	Median	Mittelwert	S _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
Kraft beim Bruch	N	19	6.7	7.4	2.5	4.7	12.6	1.5
Kraft bei 33 % Deformation	N	19	5.7	6.3	2.2	4.0	11.1	1.4

1) Brote der Bäckereien 21 und 22 ausgeschlossen wegen einem teigigen Kern

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

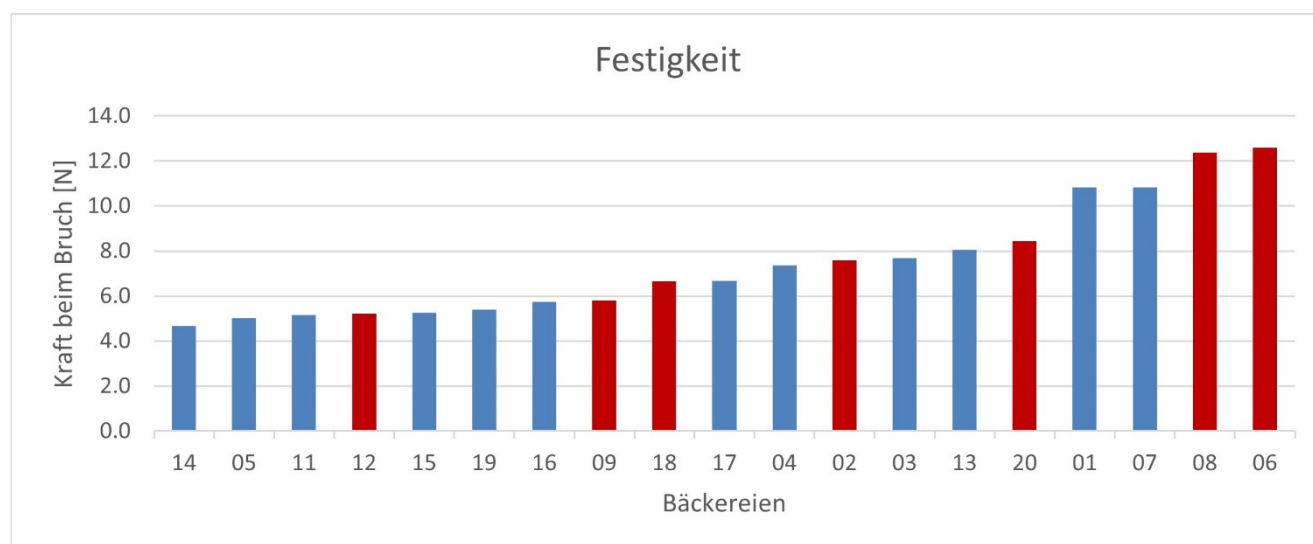


Abbildung 6.2.1: Texturmessung mit dem Zylindertest

Rote Balken = Bäckereien, die ausschliesslich Roggenmehl verwendeten

6.2.2 Farbe

Die Krumen der Brote aus 100 % Roggenmehl waren im Mittel leicht dunkler und die Farbe etwas kräftiger als die Brote mit dem Zusatz von Weizenmehl (Tabelle 6.2.2).

Tabelle 6.2.2: Farbmessung (Brote 1 – 3 Tage)

Parameter	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ¹⁾
Helligkeit L*	N	19 ²⁾	47.0	47.3	2.7	40.1	51.7	-0.5
Rot / Grün b*	N	21	6.8	6.8	0.7	5.9	8.8	0.6
Gelb / Blau a*	N	21	15.7	15.7	1.1	13.7	18.5	0.4

1) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)
2) Brote der Bäckereien 21 und 22 ausgeschlossen wegen einem teigigen Kern

6.2.3 Makroskopie

Die makroskopischen Aufnahmen dokumentieren die farblichen Unterschiede und geben auch einen Hinweis auf das Lochvolumen (Abbildung 6.2.3).

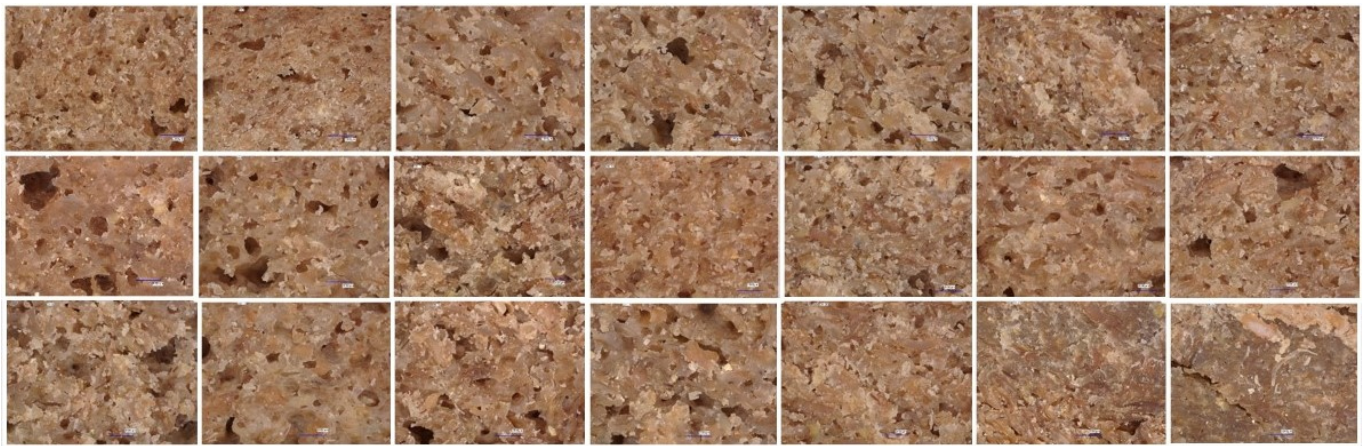


Abbildung 6.2.3: Makroskopische Aufnahmen
Ausschnitte jeweils 1.6 x 1.2 cm (oberste Reihe: Bäckereien 1 - 7, mittlere Reihe: 8 - 15, untere Reihe: 16 - 22)

6.2.4 Computer-Tomografie (CT)

Die 1 Kilogramm schweren Brote hatten im Mittel ein kleineres relatives Lochvolumen als die kleineren 1 Pfund schweren Brote (Tabelle 6.2.4a). Der Zusatz von Weizenmehl führte zu einem grösseren relativen Lochvolumen, obwohl die Anzahl Löcher kleiner wurde (Abbildung 6.2.4). Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Bäckereien, welche 100 % Roggenmehl verwendeten, sich insgesamt auch etwas stärker am ursprünglichen Walliser Roggenbrot AOP orientierten, bei dem die Herstellung in erster Linie auf eine lange Haltbarkeit ausgelegt war.

Tabelle 6.2.4a: Werte aus dem Computer-Tomogramm (Brote 1 -3 Tage)

Parameter		Einheit	N ¹⁾	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
Brotvolumen	Laibe 1 kg	L	15	0.86	0.85	0.06	0.74	0.98	0.06
	Laibe ½ kg		4	0.45	0.47	0.07	0.39	0.59	
Lochvolumen	Laibe 1 kg	L	15	0.50	0.51	0.13	0.25	0.96	-0.11
	Laibe ½ kg		4	0.29	0.31	0.08	0.23	0.42	
Rel. Lochvolumen	Laibe 1 kg	% von Brotvolumen	15	38.4	36.8	6.7	22.2	48.0	-7.4
	Laibe ½ kg		4	39.3	39.5	3.4	35.4	43.9	
Anzahl Löcher	Laibe 1 kg		15	30'100	40'100	23'800	16'200	100'000	26'800
	Laibe ½ kg		4	15'500	14'800	2'300	11'300	17'000	

1) Brote der Bäckereien 21 und 22 ausgeschlossen wegen einem teigigen Kern

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 12)

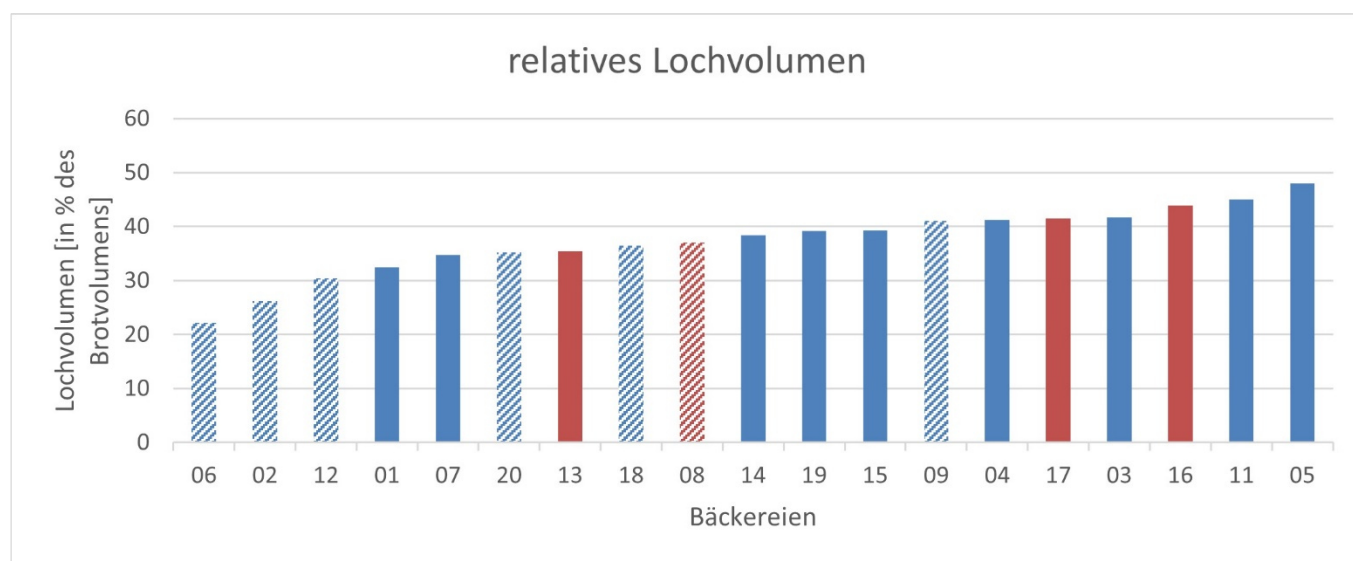
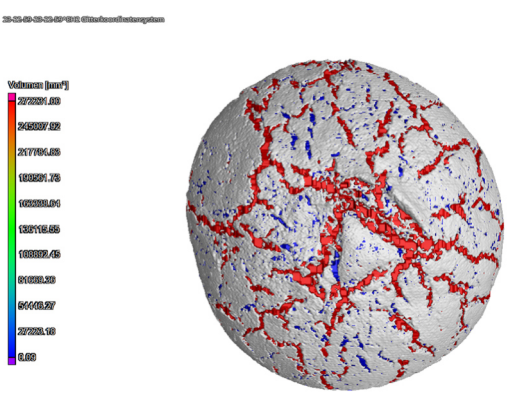
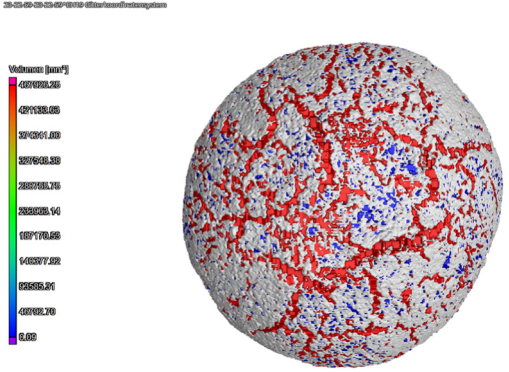
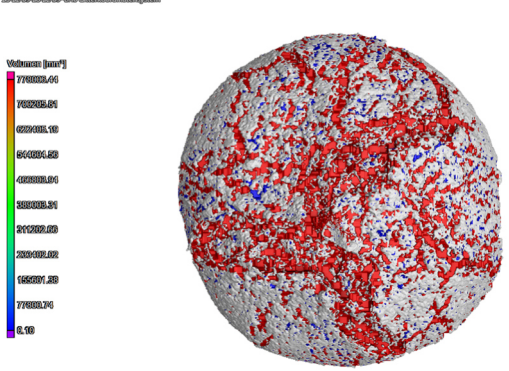


Abbildung 6.2.4: Relatives Lochvolumen

(blaue Säulen = Laibe zu 1 kg, rote Säulen = Laibe zu ½ kg.
Schraffiert = Brote aus 100 % Roggenmehl)

Die Messungen im Tomographen erlauben eine 3-dimensionale Darstellung der Löcher. Dabei konnten die Brote grob in drei Gruppen unterteilt werden (Tabelle 6.2.4b).

Tabelle 6.2.4b: Einteilung der Brote (1 – 3 Tage) aufgrund der Tomogramme

Gruppe	Abbildung	Charakteristik	Bäckereien
A	EH2 	Grosse Anzahl Löcher (54'200 – 100'000) Sehr viele kleine Löcher, vor allem unter den Rissen in der Kruste Kleines relatives Lochvolumen (22.2 – 32.5 %)	Laibe 1 kg: 1, 2, 6, 12
B	EH19 	Mittlere Anzahl Löcher (24'600 – 35'900) Kleine und grössere Löcher Mittleres – grosses relatives Lochvolumen (34.7 – 41.3 %)	Laibe 1 kg: 4, 7, 9, 14, 15, 18, 19, 20
C	EHS 	Kleine Anzahl Löcher (11'300 – 19'100) Zumeist etwas grössere Löcher, ziemlich homogen verteilt Mittleres – grosses relatives Lochvolumen (35.4 – 48.0 %)	Laibe 1 kg: 3, 5, 11 Laibe ½ kg: 8, 13, 16, 17

6.3 Sensorische Beschreibung

6.3.1 Textur

Bei den Textur-Attributen und trigeminalen Wahrnehmungen konnten grosse Unterschiede festgestellt werden, vor allem bei «knusprig» und «anhaltend».

Tabelle 6.3.1: Sensorische Beschreibung von Textur und trigeminalen Wahrnehmungen

Attribute ¹⁾	Alter der Brote	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
fest	1-3 Tage	21	3.2	3.2	0.4	2.4	4.1	0.4
	8-10 Tage ³⁾	18	4.5	4.6	0.8	3.3	6.6	-0.2
	Differenz	18	1.3	1.3	0.7	0.4	2.5	-0.5
knusprig	1-3 Tage	21	4.6	4.7	0.9	2.9	7.0	0.7
	8-10 Tage	18	5.0	4.8	1.0	2.5	6.3	-0.5
	Differenz	18	0.2	0.1	1.0	-1.7	1.7	-1.2
elastisch	1-3 Tage	21	3.1	3.2	0.5	2.5	4.2	-0.1
	8-10 Tage	18	1.6	1.7	0.3	1.2	2.5	-0.3
	Differenz	18	-1.8	-1.6	0.6	-2.6	-0.2	-0.1
feucht	1-3 Tage	21	3.4	3.6	0.7	2.2	4.9	0.0
	8-10 Tage	18	1.9	2.0	0.5	1.3	2.8	0.1
	Differenz	18	-1.4	-1.5	0.9	-3.6	-0.1	-0.1
adhäsiv	1-3 Tage	21	2.5	2.5	0.5	1.9	3.7	0.0
	8-10 Tage	18	2.1	2.3	0.7	1.3	3.8	0.0
	Differenz	18	-0.4	-0.2	0.7	-1.4	1.4	0.0
körnig	1-3 Tage	21	3.5	3.5	0.5	2.4	4.4	0.1
	8-10 Tage	18	3.8	3.9	0.5	3.1	5.0	-0.5
	Differenz	18	0.3	0.3	0.6	-0.4	1.9	-0.6
adstringierend	1-3 Tage	21	1.3	1.3	0.6	0.6	3.4	0.5
	8-10 Tage	18	1.3	1.5	0.8	0.6	3.4	0.7
	Differenz	18	<0.1	0.1	0.4	-0.4	1.5	0.3
anhaltend	1-3 Tage	21	4.3	4.2	0.9	2.7	6.4	0.4
	8-10 Tage	18	3.6	4.0	1.0	3.0	6.7	0.7
	Differenz	18	-0.5	-0.4	0.7	-1.4	1.2	0.4

1) unstrukturierte Linienskala (10 cm), berechnet mit den Medianwerten des Panels

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

3) Bei den Broten aus den Bäckereien 14, 16 und 19 trat während der 1-wöchigen Lagerung ein leichtes Schimmelwachstum auf, weshalb keine sensorische Beschreibung mehr vorgenommen werden konnte. Die Anzahl der Betriebe mit Zusatz von Weizenmehl verringerte sich dadurch auf 11.

Im Verlaufe der 1-wöchigen Lagerung im Leinensack bei Raumtemperatur wurden die Roggenbrote im Mittel deutlich fester, deutlich trockener und deutlich weniger elastisch. Diese Veränderungen konnten bei allen 18 untersuchten Broten festgestellt werden, jedoch in einem sehr unterschiedlichen Ausmass.

Die Brote aus 100 % Roggenmehl waren nach 1 – 3 Tagen fester und knuspriger als die Brote mit dem Zusatz von 8 – 10 % Weizenmehl. Nach der 1-wöchigen Lagerung im Leinensack war es genau umgekehrt. Dies bedeutet, dass die Brote mit dem Weizenmehl deutlich stärker an Festigkeit zugelegt haben.

Bei allen anderen Textur-Attributen und trigeminalen Wahrnehmungen waren die Veränderungen während der Lagerung deutlich kleiner.

Es fällt auf, dass die vier Brote mit der höchsten Festigkeit allesamt aus 100 % Roggenmehl gebacken wurden. Die Bäckereien 12, 18 und 20 zeigten, dass es möglich ist auch aus reinem Roggenmehl Brote mit einer mittleren Festigkeit herzustellen.

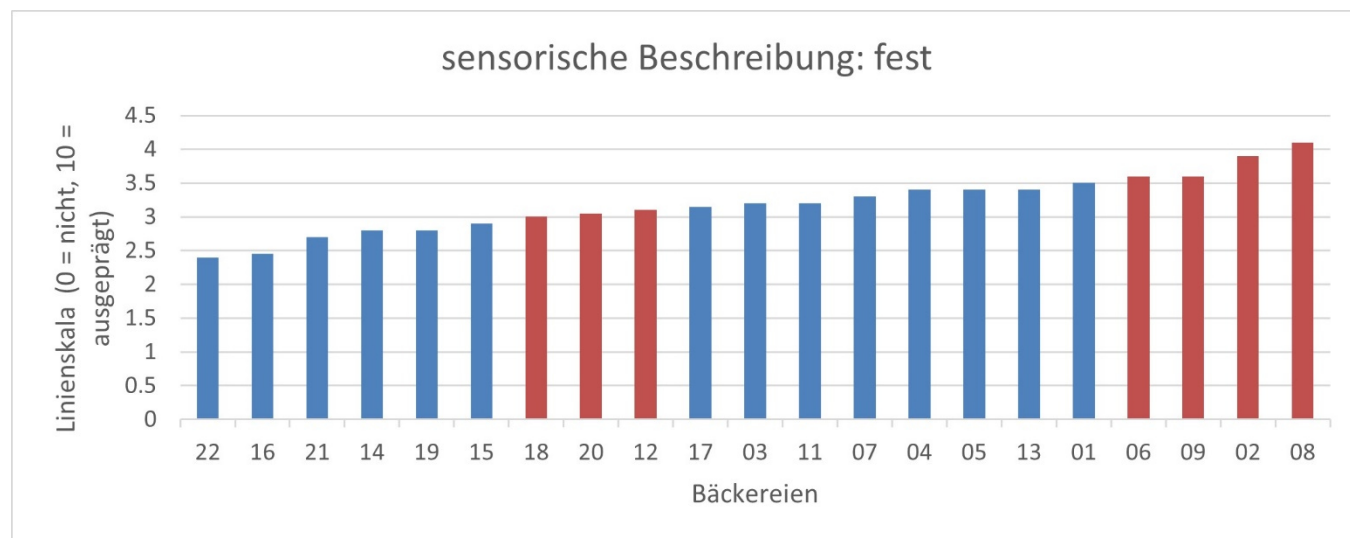


Abbildung 6.3.1a: Attribut «fest» bei den 1 – 3 Tage alten Broten

(blaue Säulen: Brote mit 8 – 10 % Weizenmehl, rote Säulen = Brote aus 100 % Roggenmehl)

Beim Attribut «feucht» fiel das Brot der Bäckerei 13 mit einem deutlichen tieferen Wert auf. Am anderen Ende der Skala bewegten sich die Brote der Bäckereien 3, 7, 8 und 19.

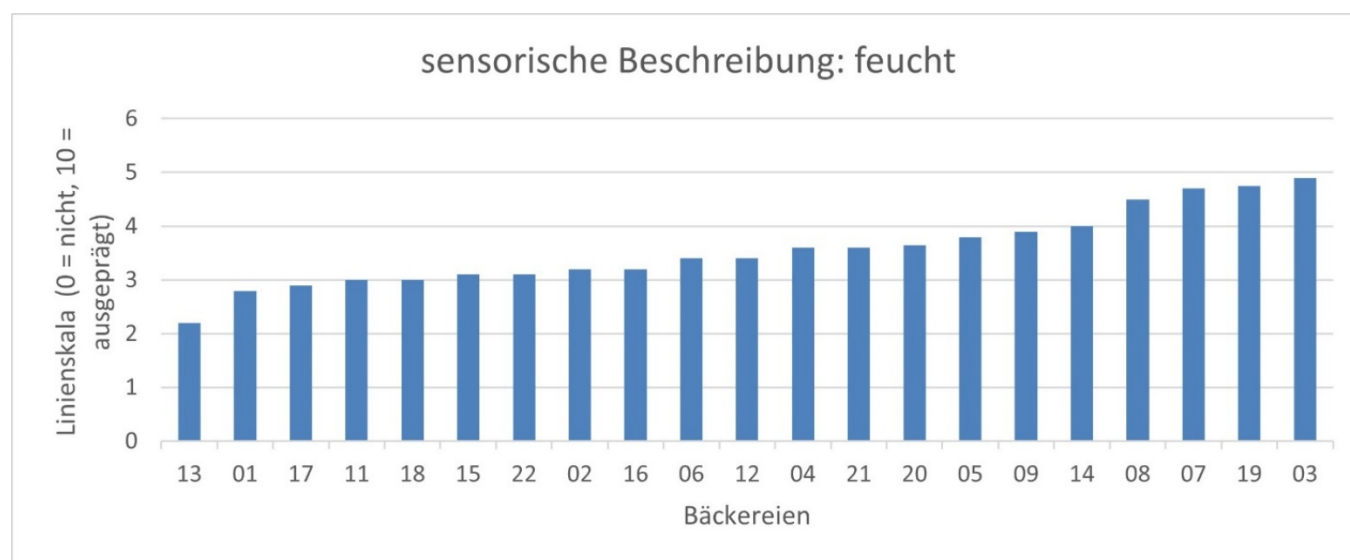


Abbildung 6.3.1b: Attribut «feucht» bei den 1 – 3 Tage alten Broten

Zwischen den Attributen «fest» und «feucht» war keine Abhängigkeit erkennbar.

Die Knusprigkeit der 21 Brote war sehr unterschiedlich. Das Brot der Bäckerei 08 mit der höchsten Knusprigkeit wies auch den höchsten Wert bei der Festigkeit auf. Sonst konnte jedoch keine Abhängigkeit zwischen diesen beiden Attributen festgestellt werden.

Das Brot der Bäckerei 22 war am wenigsten knusprig. Von dieser Bäckerei stammt auch eines der Brote, bei dem wegen einem teigigen Kern keine physikalischen Messungen durchgeführt werden konnten.

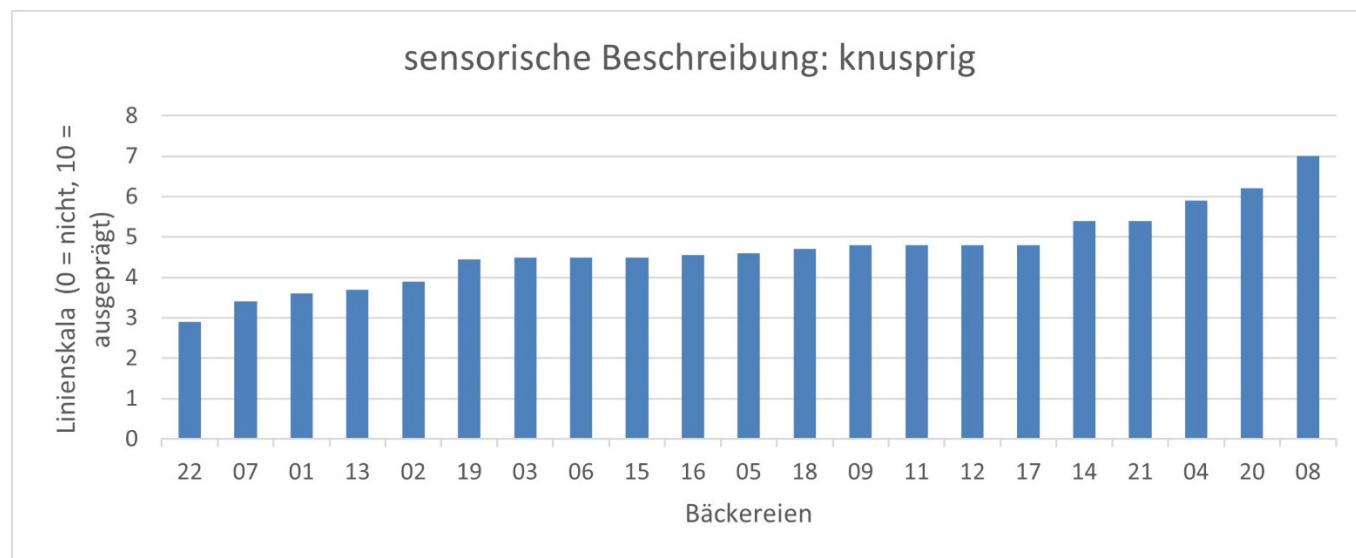


Abbildung 6.3.1c: Attribut «knusprig» bei den 1 – 3 Tage alten Broten

Beim Attribut «anhaltend» fällt auf, dass die beiden Brote mit den deutlich höchsten Werten (8 und 12) sich auch durch eine ausgeprägte Sauerkeit auszeichneten (Abbildung 6.3.2a).

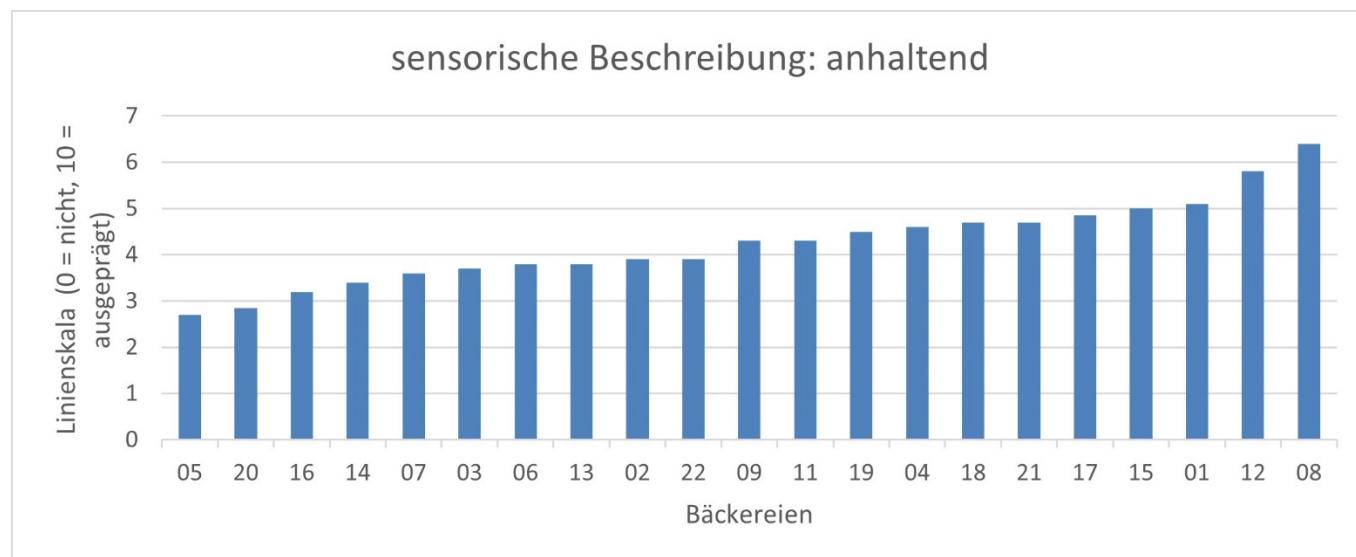


Abbildung 6.3.1d: Attribut «anhaltend» bei den 1 – 3 Tage alten Broten

6.3.2 Geschmack

Im Mittel waren die Brote leicht salzig und alle anderen Geschmacksattribute waren nur schwach ausgeprägt.

Tabelle 6.3.2: Sensorische Beschreibung des Geschmackes der Roggenbrote

Attribute ¹⁾	Zeitpunkt	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
salzig	1-3 Tage	21	3.3	3.3	0.5	2.4	4.3	0.5
	8-10 Tage ³⁾	18	3.5	3.4	0.4	2.4	4.0	0.1
	Differenz	18	0.0	0.1	0.6	-1.0	1.6	-0.5
sauer	1-3 Tage	21	2.2	2.6	1.4	1.4	6.8	1.5
	8-10 Tage	18	2.4	2.8	1.7	1.2	7.0	2.0
	Differenz	18	-0.1	<0.1	0.6	-0.6	2.1	0.6
süss	1-3 Tage	21	1.7	1.7	0.3	1.3	2.3	-0.2
	8-10 Tage	18	1.4	1.5	0.5	0.8	3.1	-0.3
	Differenz	18	-0.4	-0.3	0.4	-0.7	0.8	0.0
bitter	1-3 Tage	21	0.7	0.7	0.3	0.2	1.6	0.3
	8-10 Tage	18	0.7	0.7	0.3	0.2	1.4	0.1
	Differenz	18	-0.2	<0.1	0.5	-0.7	1.0	-0.2
umami	1-3 Tage	21	1.5	1.5	0.5	0.8	2.7	0.3
	8-10 Tage	18	1.2	1.3	0.4	0.7	1.9	0.2
	Differenz	18	-0.3	-0.3	0.5	-1.3	0.5	-0.1

1) unstrukturierte Linienskala (10 cm), berechnet mit den Medianwerten des Panels

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 12)

3) Bei den Broten aus den Bäckereien 14, 16 und 19 trat während der 1-wöchigen Lagerung ein leichtes Schimmelwachstum auf, weshalb keine sensorische Beschreibung mehr vorgenommen werden konnte. Die Anzahl der Betriebe mit Zusatz von Weizenmehl verringerte sich dadurch auf 11.

Beim Geschmack ergaben sich durch die 1-wöchige Lagerung in den Leinensäcken nur sehr kleine Veränderungen.

Die Brote aus reinem Roggenmehl waren im Mittel deutlich saurer und auch etwas salziger als die Brote mit dem Zusatz von Weizenmehl.

Die allermeisten Walliser Roggenbrote waren nicht sauer. Die vier Brote der Bäckereien 1, 15, 17 und 18 waren leicht sauer. Nur zwei Brote (8 und 12) fielen mit einer ausgeprägten Sauerkeit auf. Diese beiden Brote hatten den höchsten Gehalt an Milchsäure (Abbildung 6.1.2e) und sie wiesen auch bei den Attributen «anhaltend» (Abbildung 6.3.1d) und «gärig» (Abbildung 6.3.3c) die höchsten Werte auf.

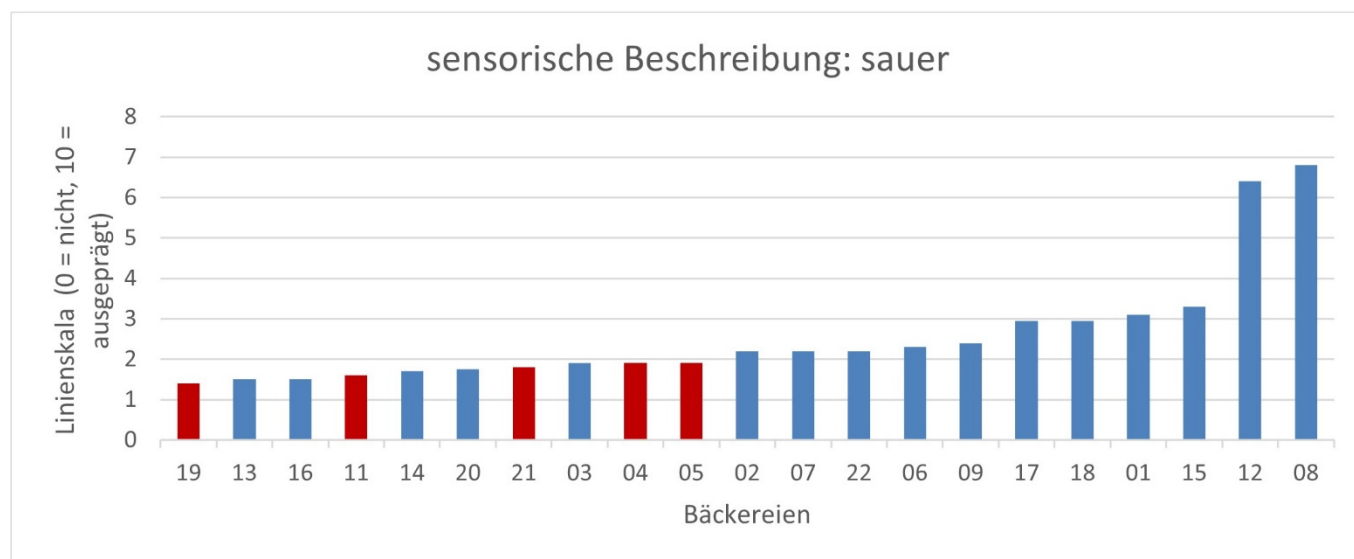


Abbildung 6.3.2a: Attribut «sauer» bei den 1 – 3 Tage alten Broten

(rote Balken = Brote, in denen keine Milchsäure nachgewiesen werden konnte)

Die Brote der Bäckereien 6, 9 und 12 waren etwas salziger, was mit der zugesetzten Salzmenge (Tabelle 3.1) nicht erklärbar ist.

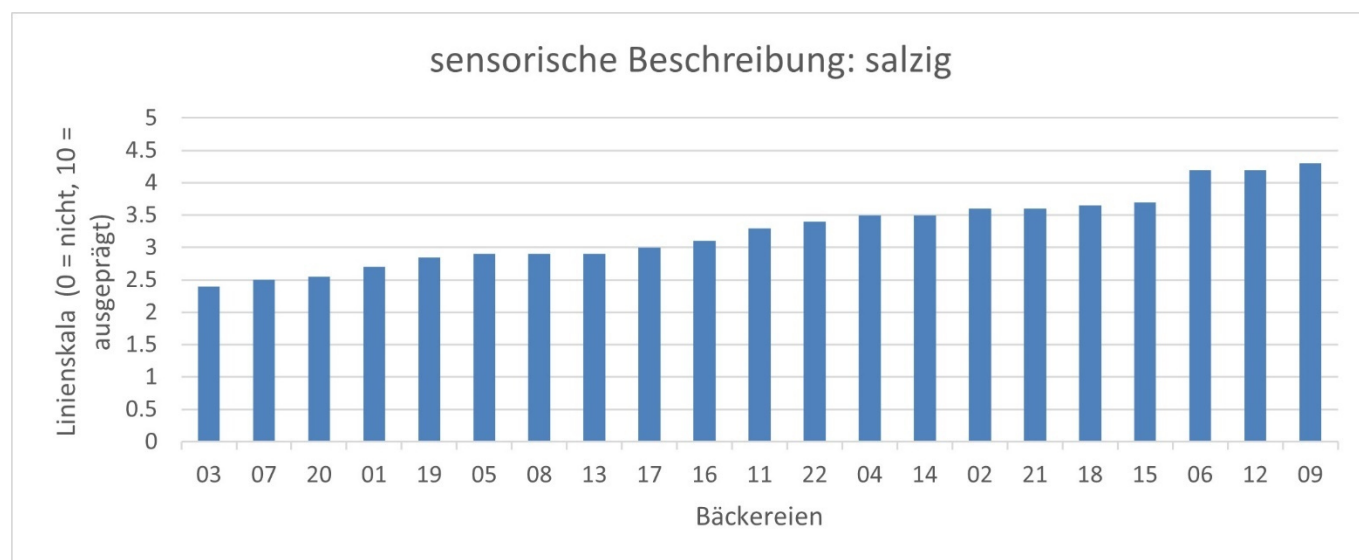


Abbildung 6.3.2b: Attribut «salzig» bei den 1 – 3 Tage alten Broten

6.3.3 Aroma

Die Brote wiesen eine mittlere Aromaintensität auf. Am höchsten wurde das Attribut «getreideartig» bewertet. Alle anderen abgefragten Attribute wurden im Mittel nur schwach bewertet.

Tabelle 6.3.3: Sensorische Beschreibung des Aromas der Roggenbrote

Attribute ¹⁾	Zeitpunkt	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
Aroma-intensität	1-3 Tage	21	4.8	4.9	0.6	3.9	6.2	0.4
	8-10 Tage ³⁾	18	4.6	4.6	0.6	3.7	6.0	0.2
	Differenz	18	-0.3	-0.4	0.5	-1.8	0.4	-0.1
fruchtig	1-3 Tage	21	2.3	2.3	0.4	1.6	3.3	0.4
	8-10 Tage	18	2.0	2.1	0.6	1.4	3.8	0.3
	Differenz	18	-0.2	-0.2	0.5	-1.3	0.5	0.0
gärig	1-3 Tage	21	3.2	3.2	0.9	2.0	5.5	0.8
	8-10 Tage	18	2.3	2.7	0.9	1.7	4.5	0.5
	Differenz	18	-0.4	-0.6	0.6	-1.6	0.4	-0.3
röstig	1-3 Tage	21	2.5	2.6	0.7	1.6	4.1	0.1
	8-10 Tage	18	2.6	2.6	0.8	1.6	4.7	-0.2
	Differenz	18	-0.2	-0.2	0.7	-1.1	2.3	-0.2
getreideartig	1-3 Tage	21	4.6	4.5	0.9	3.2	6.7	-0.3
	8-10 Tage	18	4.6	4.5	0.6	3.5	6.0	-0.3
	Differenz	18	-0.2	-0.1	0.8	-2.0	1.2	0.0
würzig	1-3 Tage	21	2.0	1.9	0.4	1.4	2.9	0.3
	8-10 Tage	18	1.6	1.6	0.6	1.0	3.3	-0.1
	Differenz	18	-0.4	-0.4	0.6	-1.3	1.1	-0.3

1) unstrukturierte Linienskala (10 cm), berechnet mit den Medianwerten des Panels

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 12)

3) Bei den Broten aus den Bäckereien 14, 16 und 19 trat während der 1-wöchigen Lagerung ein leichtes Schimmelwachstum auf, weshalb keine sensorische Beschreibung mehr vorgenommen werden konnte. Die Anzahl der Betriebe mit Zusatz von Weizenmehl verringerte sich dadurch auf 11.

Auch beim Aroma ergaben sich durch die 1-wöchige Lagerung in den Leinensäcken nur sehr kleine Veränderungen. Einzig beim Attribut «gärig» gab es im Mittel eine relevante Abnahme.

Die Brote aus 100 % Roggenmehl waren im Mittel leicht aromatischer, fruchtiger, gäriger und etwas weniger getreideartig.

Bei der Aromaintensität fällt auf, dass die beiden Brote mit der höchsten Bewertung gemäss Angaben der Bäckereien ohne Zusatz von Bäckerhefe hergestellt wurden (Abbildung 6.3.3a).

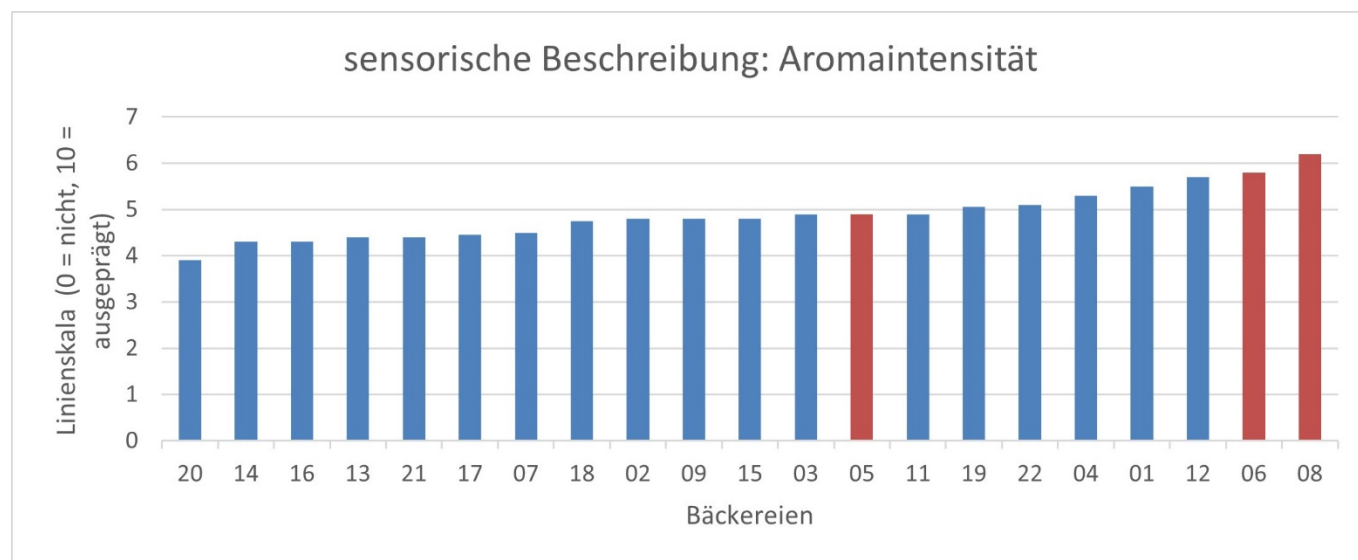


Abbildung 6.3.3a: Attribut «Aromaintensität» bei den 1 – 3 Tage alten Broten

(blaue Säulen = mit Hefezusatz, rote Säulen = ohne Hefezusatz)

Die Brote der Bäckereien 3, 4 und 9 wiesen ein stärker getreideartiges Aroma auf (Abbildung 6.3.3b).

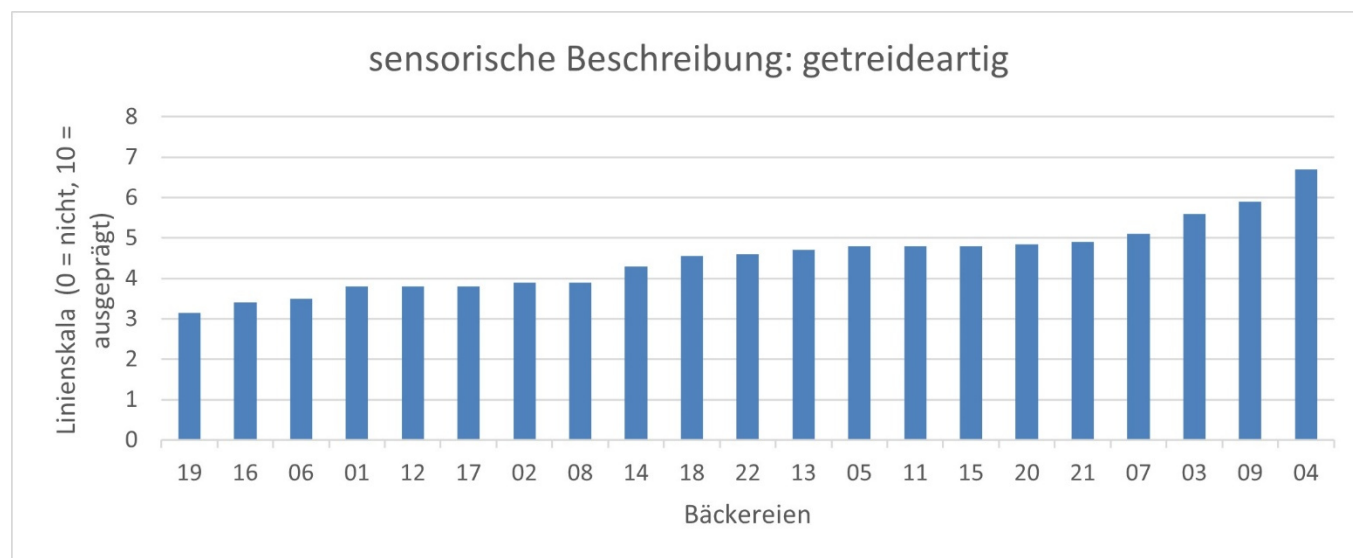


Abbildung 6.3.3b: Attribut «getreideartig» bei den 1 – 3 Tage alten Broten

Die beiden Brote mit der höchsten Bewertung beim Attribut «gärig» (8 und 12) fielen auch mit einer ausgeprägten Sauerkeit (Abbildung 6.3.2a) auf. Diese beiden Brote wiesen auch beim Attribut «anhaltend» (Abbildung 6.3.1d) die höchsten Werte auf.

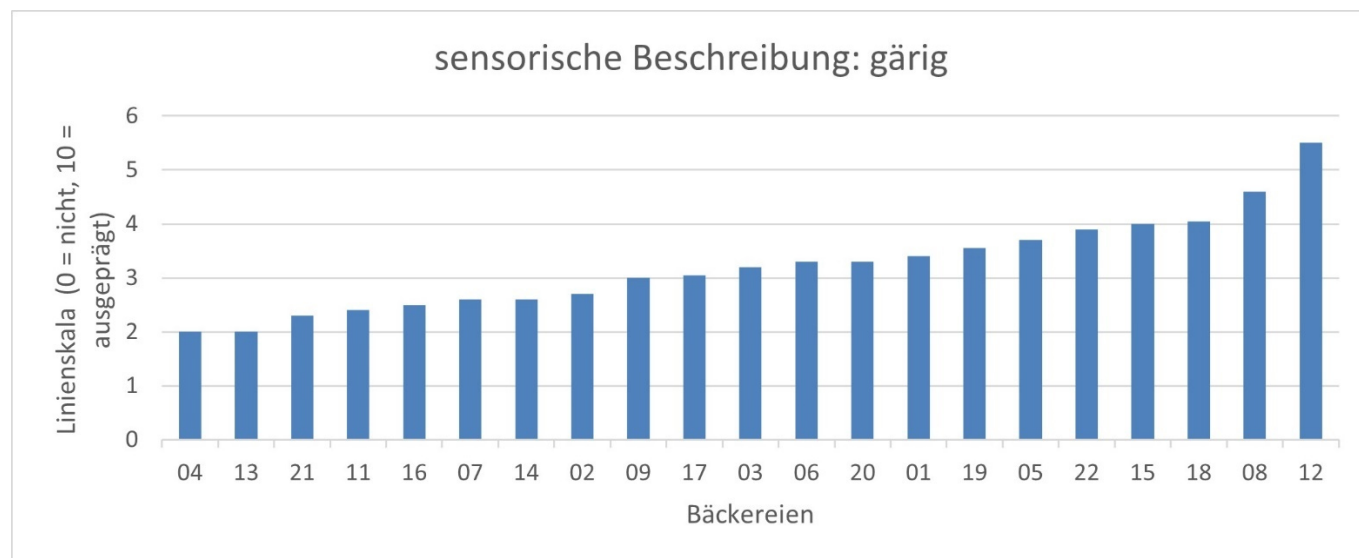


Abbildung 6.3.3c: Attribut «gärig» bei den 1 – 3 Tage alten Broten

Die drei Brote (3, 4 und 9) mit einem stärker getreideartigen Aroma (Abbildung 6.3.3b) hatten auch eine höhere Bewertung beim Attribut «röstig» (Abbildung 6.3.3d).

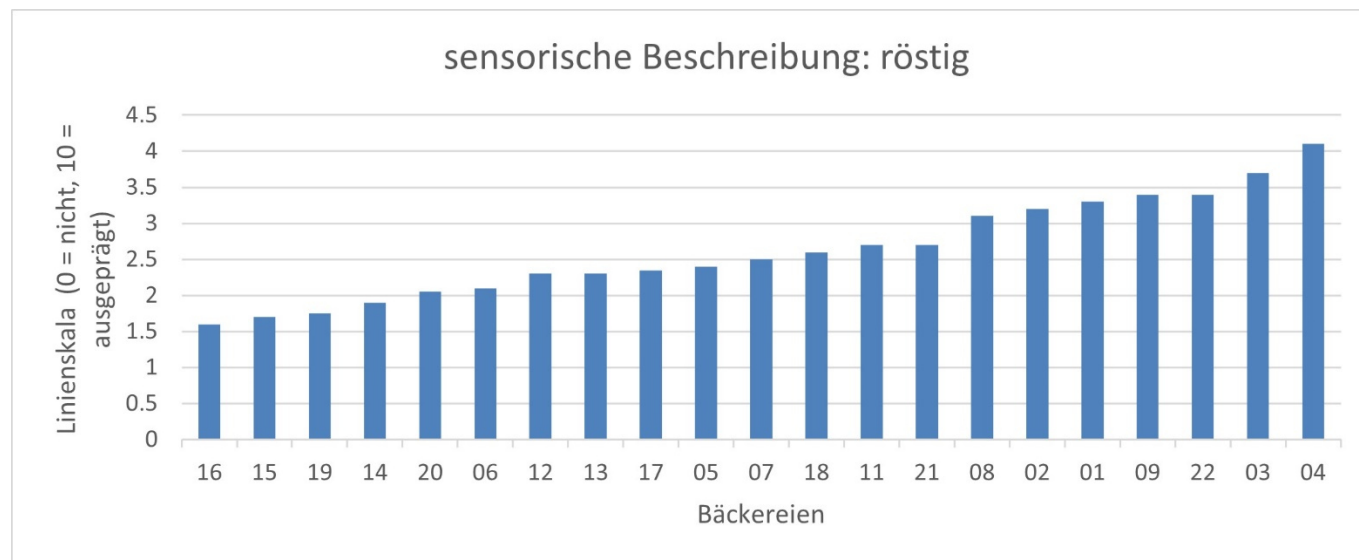


Abbildung 6.3.3d: Attribut «röstig» bei den 1 – 3 Tage alten Broten

6.3.4 Gruppierung nach Attributen und Bäckereien

Die Walliser Roggenbrote AOP aus den 21 beteiligten Bäckereien waren lang anhaltend aromatisch, getreideartig und knusprig, wie die Rotfärbung (Werte zwischen 4 und 7) im Diagramm 6.3.4 visualisiert. Sie waren mit Ausnahme von 8 und 12 nicht sauer.

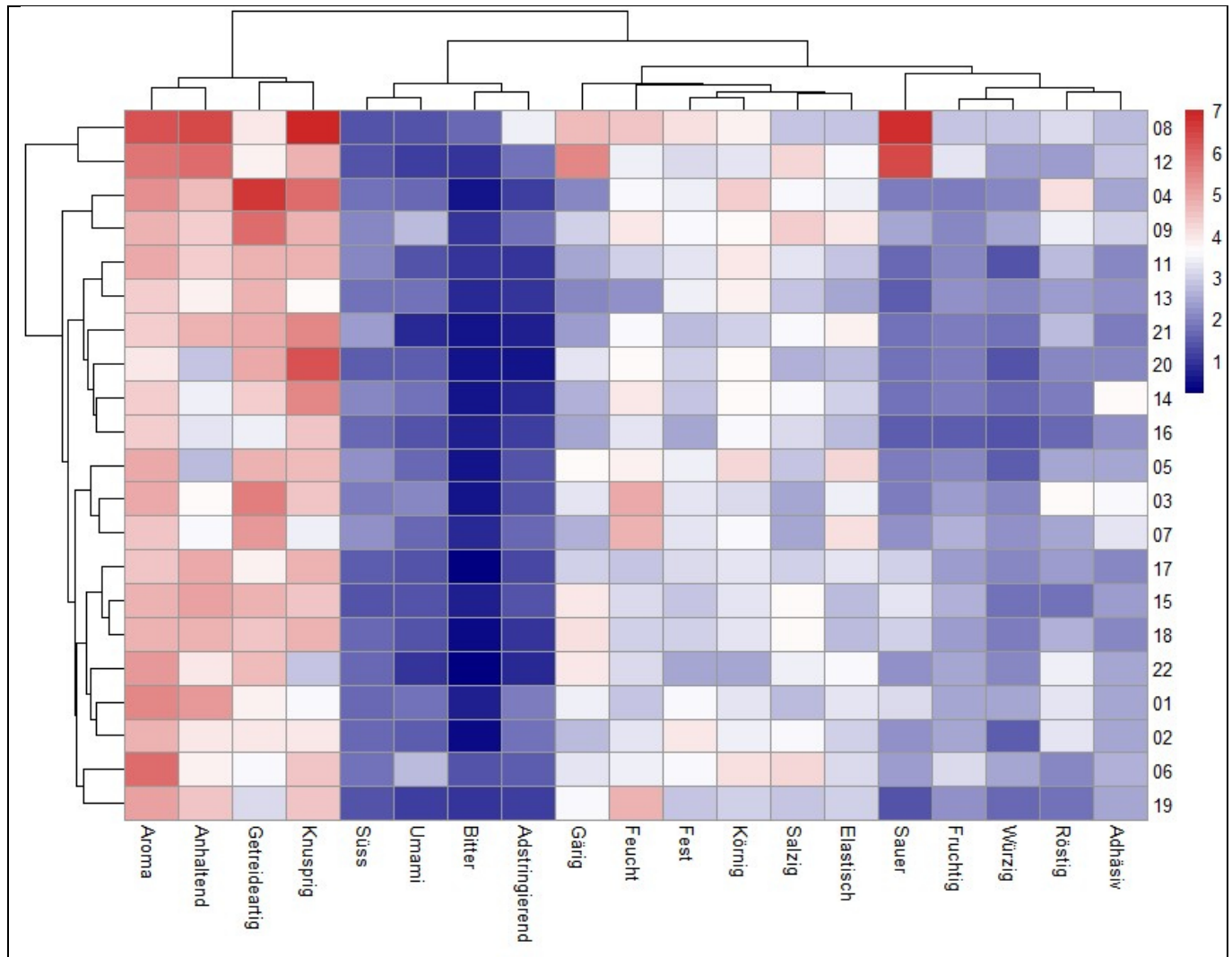


Abbildung 6.3.4: Gruppierung nach Attributen und Bäckereien

Gemeinsam war allen Broten, dass im Geschmack weder süß, noch bitter, noch umami waren. Und beim Aroma wurden die Attribute «fruchtig», «würzig» und «röstig» als nur wenig ausgeprägt beurteilt. Die Brote waren auch nicht adhäsiv oder adstringierend (Blaufärbung, Werte zwischen 1 und 3).

6.3.5 Spinnendiagramme

Die Spinnendiagramme mit 7 ausgewählten Attributen visualisieren eindrücklich wie unterschiedlich das Walliser Roggenbrot AOP sein kann (Abbildung 6.3.5).

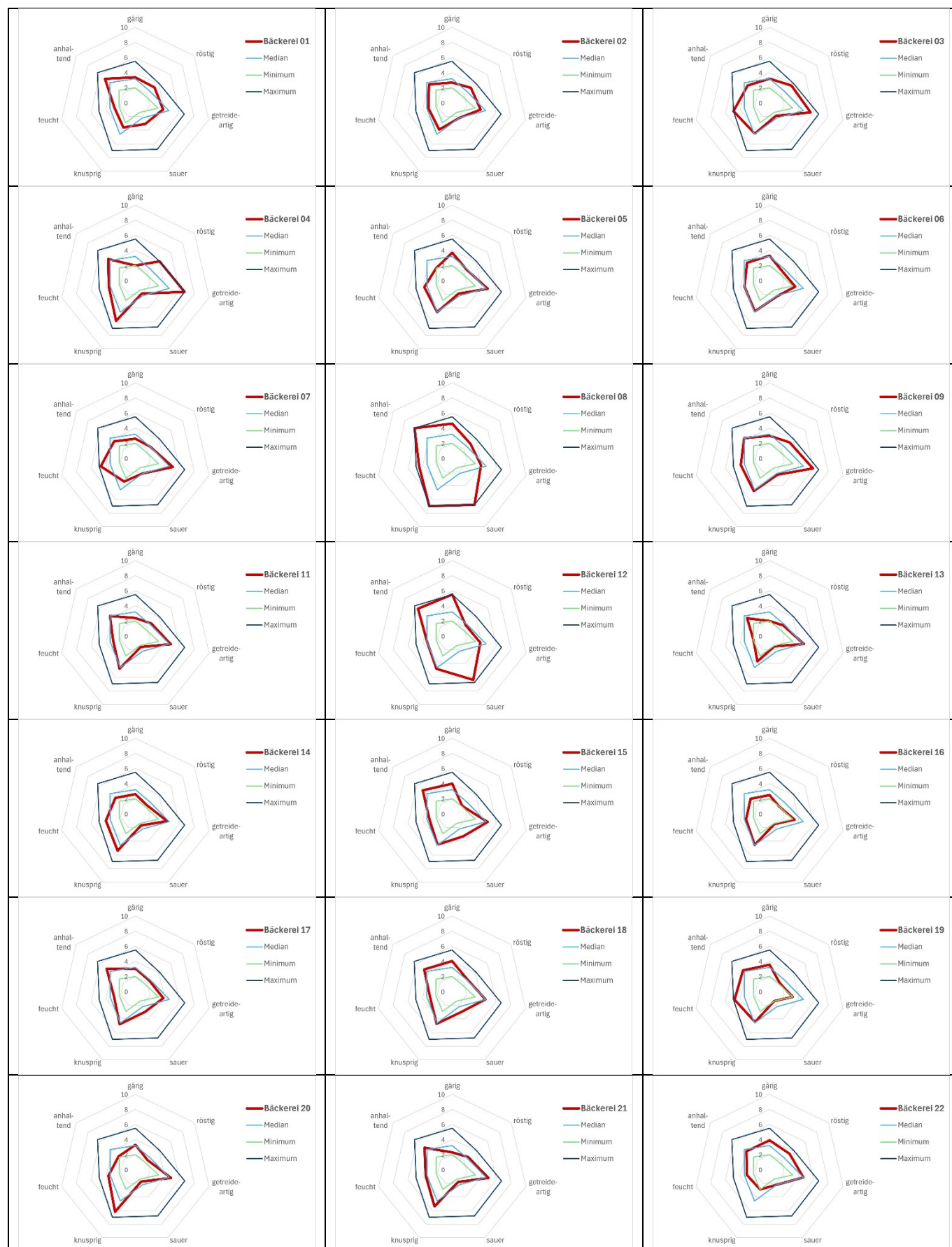


Abbildung 6.3.5: Wichtigste sensorische Attribute in den 1 – 3 Tage alten Broten

6.4 Kleiner Konsumententest

Im Rahmen der Veranstaltung «Cheese & Science» am 11. Juni 2024 bei Agroscope in Liebefeld wurden das Konzept und die ersten Ergebnisse der vorliegenden Studie präsentiert. Dabei wurde das Publikum eingeladen drei Fragen zu beantworten.

Mit der ersten Frage wurde nach Begriffen gesucht, welche mit dem Roggenbrot assoziiert werden. Es zeigte sich, dass das Roggenbrot sehr stark im Kanton Wallis verortet und mit grossmehrheitlich positiv geprägten Begriffen beschrieben wurde (Abbildung 6.4a).



Abbildung 6.4a: Gruppierung der Antworten auf Frage 1 nach Häufigkeit

Bei der zweiten Frage wurde das Publikum aufgefordert, aus zwei anonym nummerierten Stängel Walliser Roggenbrot AOP das bevorzugte auszuwählen:

- Stängel 615 von Bäckerei 5, ein wenig saures Roggenbrot
- Stängel 230 von Bäckerei 12, ein Säure-betontes Roggenbrot

Das Publikum bevorzugte mit einer Mehrheit von nur einer einzigen Stimme das wenig saure Roggenbrot von Bäckerei 5 (Abbildung 6.4b).

Bei der dritten und letzten Frage hatte das Publikum die Aufgabe mit Hilfe des Aromarades das Walliser Roggenbrot AOP sensorisch zu beschreiben, wobei nicht mehr zwischen den beiden Broten unterschieden wurde (Abbildung 6.4c).



Abbildung 6.4b: Beliebtheit der beiden getesteten Brote

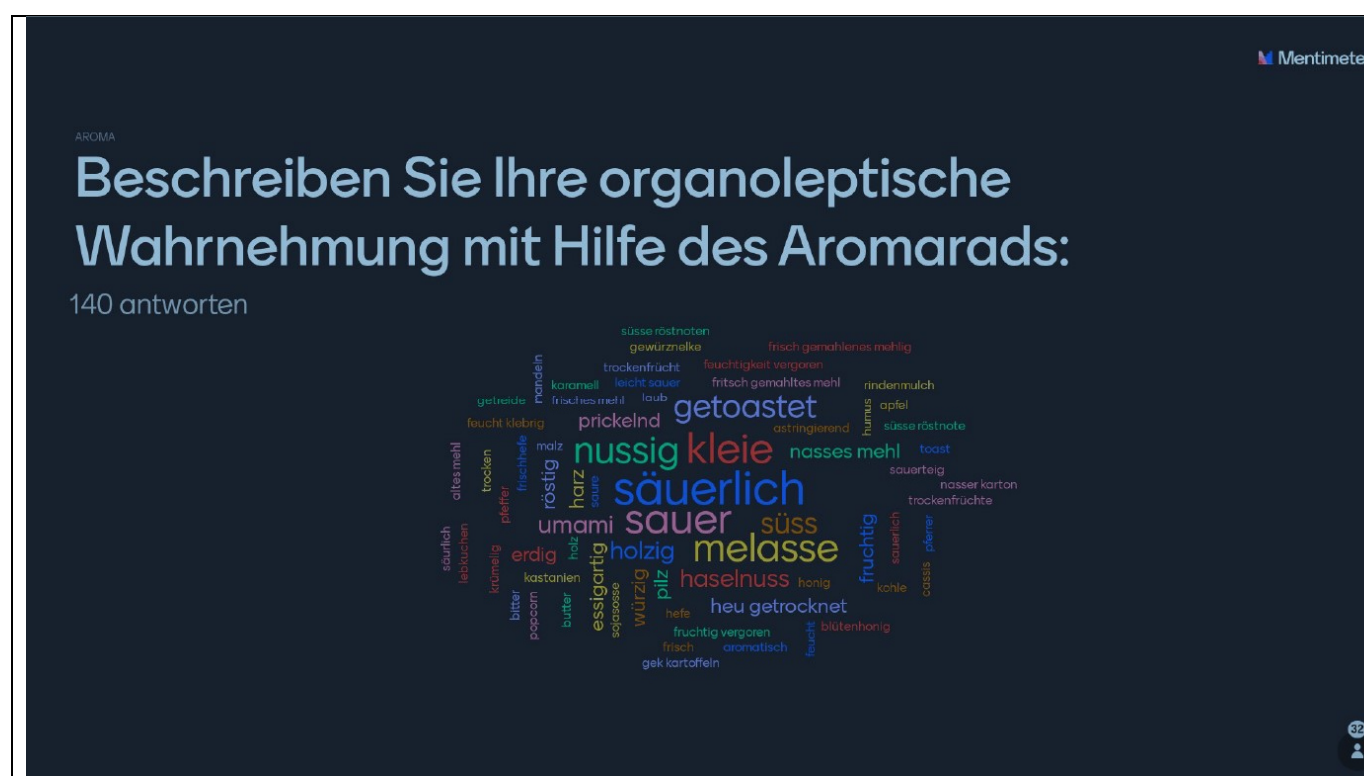


Abbildung 6.4c: Gruppierung der Antworten auf Frage 3 nach Häufigkeit

6.5 Flüchtige Aroma-Komponenten

Der vollständige Überblick über die statistische Verteilung der Rohdaten in den Teiglingen, in den 1-3 Tage alten Broten und in den 8-10 Tage alten Broten sind im Anhang 12 dokumentiert. Da nicht weniger als 361 verschiedene Spezies (es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören) gefunden wurden, konnten mittels der NIST-Datenbank nur ausgewählte, «auffällige» Spezies identifiziert werden (Tabelle 6.5a).

Tabelle 6.5a: Auffällige Spezies im Volatilom

Auffälligkeit	Kriterien	Flüchtige Komponenten (IDs)
Sehr grosse Variabilität in den Teiglingen	Median > 1'000 und Mittelwert / s_x < 0.8 und weniger als 1/3 Nullwerte	1-Methylcyclohexa-1,3-diene (019), Decanoic acid, ethyl ester (025), Acetone (034), 2-Methylenecyclohexanol (062, 193), Heptanal (125), 2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]-Ethanol (137), 2-Methylenecyclohexanol (157), Acetic acid (240), Cyclopentene (297, 327), 1-Octen-3-ol (314), Hexanal (362)
Starke Zunahme durch das Backen	Mittelwert um mind. Faktor 10 erhöht und Median > 1'000	Furfural (009, 336, 351), methyl-Pyrazine (029), 1-(2-furanyl)-Ethanone (038), 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde (053), 2-Methoxy-4-vinylphenol (075), Furfuryl ethyl ether (128), Heptane (241)
Hoher Gehalt in den Broten	Mittelwert > 50'000	2,3-Butanedione (003, 253), Acetic acid (004, 013, 240), Acetoin (005, 121), 3-Methylbutanol (006), Furfural (009), Ethanol (011), Propanoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester (012), 3-Methylbutanal (028), Heptane (241), 2-methyl-1-Propanol (277)
Starke Veränderung durch die 1-wöchige Lagerung	Mittelwert um mind. Faktor 3 verändert und Median > 1'000	<u>Zunahme</u> : Heptanal (125), 2-Octanone (152), 2-methyl-Propanoic acid (261, 285), 1-Octen-3-ol (314) <u>Abnahme</u> : Heptane (021, 241), Butanal (083), 2-Methylenecyclohexanol (157), 4,4-dimethyl-2-Cyclohexen-1-one (246), Propanoic acid, 2-hydroxy-, 2-methylpropyl ester (295)
Grosser Unterschied bei Verwendung von 100 % Roggenmehl	Mittelwert um mind. Faktor 3 verändert und Median > 1'000	<u>Zunahme</u> : 1-Hexanol (007), Furfural (009, 336, 351), 2-ethoxy-Propane (030), 2-Methylenecyclohexanol (157, 193 nur Teigling), 2-Methylenecyclohexanol (193, nur Teigling), 1-Octen-3-ol (314) <u>Abnahme</u> : Heptane (021), 2-Methylenecyclohexanol (193, nur Brot 1 Woche)
Grosser Unterschied bei Verwendung einer Poolisch	Mittelwert um mind. Faktor 3 verändert und Median > 1'000	<u>Zunahme</u> : Heptane (021, 241), Heptanal (125), Cyclopentene (327) <u>Abnahme</u> : 2-ethoxy-Propane (030), 2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]-Ethanol (137), 2-methyl-1-Propanol (298), 1-Octen-3-ol (314)
Grosser Unterschied bei den Broten, die bei der Lagerung etwas Schimmel ansetzten	Mittelwert um mind. Faktor 3 verändert und Median > 1'000	<u>Zunahme</u> : Octanoic acid ethyl ester (018), Decanoic acid, ethyl ester (025), 1,1-dimethyl-Hydrazine (052, 180) <u>Abnahme</u> : Furfural (009, 336), Heptane (021, 241), Isobutyl acetate (023), Acetone (034), Heptanal (125), Acetonitrile (145), 2-Octanone (152)

Eine Auswahl der Komponenten wurden zudem mit den Angaben aus der Literatur (Pétel et al., 2017) verglichen (Tabellen 6.5b – 6.5d). Bei Komponenten, die in dieser Literaturübersicht nicht erwähnt sind, stammen die Angaben zum Geruch aus der Datenbank von The Good Scents Company Information System (<https://www.thegoodscentscompany.com/>).

Tabelle 6.5b: Literaturangaben zu den Komponenten mit einer starken Zunahme beim Backen

Flüchtige Komponenten	Geruch	Herkunft	Nachgewiesen in Sauerteigbrot aus
Furfural	Süss, holzig, Mandel, Brot, ranzig	Fermentation, Maillard-Reaktion	Weizenmehl
methyl-Pyrazine	Nuss, Kakao, geröstet, Schokolade, grün, Erdnuss, gebrannt	Maillard-Reaktion	Weizenmehl
1-(2-furanyl)-Ethanone	<i>In der Literaturübersicht (Pétel et al., 2017) nicht erwähnt Geruch: balsamisch, süss, mandelartig, kakaohaltig, karamellig, kaffeehaltig, nussig, braun geröstet, milchig, laktisch</i>		
5-methyl-2-Furancarboxaldehyde	karamellig, würzig, Ahorn, brotig, brauner Kaffee	Keine Angaben	Roggenbrot
2-Methoxy-4-vinylphenol	Würzig, Nelke, rauchig, phenolisch, Pfeffer, holzig, metallisch	Keine Angaben	Keine Angaben
Furfuryl ethyl ether	<i>In der Literaturübersicht (Pétel et al., 2017) nicht erwähnt Geruch: süss, würzig, nussig, Kaffee</i>		
Heptane	<i>In der Literaturübersicht (Pétel et al., 2017) nicht erwähnt Geruch: süss, ätherisch</i>		

Tabelle 6.5c: Literaturangaben zu den Komponenten mit einem hohen Gehalt im Brot

Flüchtige Komponenten	Geruch	Herkunft	Nachgewiesen in Sauerteigbrot aus
2,3-Butanedione	Stark, Butter, süss, cremig, sauer, Karamell	Fermentation, Maillard-Reaktion	Weizenmehl
Essigsäure	Scharf, sauer, Essig, säuerlich	Fermentation	Weizenmehl, Roggenmehl
Acetoin	<i>In der Literaturübersicht (Pétel et al., 2017) nicht erwähnt Geruch: süss, buttrig, cremig, milchig, fettig</i>		
3-Methylbutanol	Öl, Alkohol, fruchtig, Banane, Whiskey, Mandel, süss	Fermentation	Keine Angaben
Furfural	Süss, holzig, Mandel, Brot, ranzig	Fermentation, Maillard-Reaktion	Weizenmehl
Ethanol	Stark, Alkohol, ätherisch, medizinisch	Fermentation	Weizenmehl, Roggenmehl
Propanoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	<i>In der Literaturübersicht (Pétel et al., 2017) nicht erwähnt Geruch: fruchtig, scharf, herb, buttrig, Butterscotch, süss, säuerlich, ätherisch, brauner Toast</i>		
3-Methylbutanal	Ätherisch, aldehydisch, Schokolade, Pfirsich, fettig, sauer, geröstetes Brot, fruchtig, fermentiert, Maisflocken	Fermentation, Maillard-Reaktion	Weizenmehl, Roggenmehl
Heptane	<i>In der Literaturübersicht (Pétel et al., 2017) nicht erwähnt Geruch: süss, ätherisch</i>		
2-methyl-1-Propanol	Ätherisch, wenig, Alkohol	Fermentation	Weizenmehl, Roggenmehl

Tabelle 6.5d: Literaturangaben zu den Komponenten mit einem erhöhten Gehalt in den Broten aus 100 % Roggenmehl

Flüchtige Komponenten	Geruch	Herkunft	Nachgewiesen in Sauerteigbrot aus
1-Hexanol	Ätherisch, Öl, Alkohol, grün, fruchtig, süss, holzig, blumig	Fermentation, Lipid-Oxidation	Weizenmehl, Roggenmehl
Furfural	Süß, holzig, Mandel, Brot, ranzig	Fermentation, Maillard-Reaktion	Weizenmehl
2-ethoxy-Propane	<i>In der Literaturübersicht (Pétel et al., 2017) nicht erwähnt Geruch: Keine Angaben in der Datenbank.</i>		
2-Methylenecyclohexanol	<i>In der Literaturübersicht (Pétel et al., 2017) nicht erwähnt Geruch: Keine Angaben in der Datenbank.</i>		
1-Octen-3-ol	Pilz, erdig, grün, Öl, rohes Huhn, muffig-sauer	Lipid-Oxidation	Keine Angaben

6.6 Unterschiede zwischen Sauerteig und Poolisch

Nur 4 Bäckereien arbeiteten mit Poolisch (flüssiger Vorteig), die übrigen 17 Bäckereien setzten sehr unterschiedliche Mengen Sauerteig ein. Im Mittel verwendeten die Poolisch-Bäckereien kleinere Mengen an Bäckerhefen und die Stockgare waren – bei leicht höheren Gärtemperaturen - deutlich kürzer (Tabelle 6.6).

Tabelle 6.6: Unterschiede zwischen Sauerteig und Poolisch

Parameter		Einheit	Sauerteig (Mittelwert, N = 17)	Poolisch (Mittelwert, N = 4)
Zugabe Sauerteig		%	23.8	0
Zugabe Poolisch		%	0	53.8
Zugabe Hefen		g pro kg Teig	7.3	5.0
Stockgare		Std.	9.2	4.4
		°C	21.3	24.4
Milchsäurebakterien in Teiglingen	mMRS-m	log KbE/g	6.7	7.7
	M17S	log KbE/g	6.5	7.3
Gärprodukte in den Teiglingen	Milchsäure	g/kg	3.0	3.7
	Essigsäure	g/kg	1.0	1.2
	Ethanol	g/kg	7.0	9.2
	Summe	g/kg	11.0	14.1
Vergärbare Zucker im 1 -3 Tage alten Brot	Glukose	g/kg	2.4	1.8
	Fruktose	g/kg	5.2	4.2
	Maltose	g/kg	6.6	3.7
	Saccharose	g/kg	0.6	0.3
	Summe	g/kg	14.8	10.0
pH-Wert im 1 -3 Tage alten Brot			5.07	4.92
Attribut «sauer» im Brot 1-3 Tage		Skala 1-10	2.5	2.9
Attribut «fest» im Brot 1-3 Tage		Skala 1-10	3.2	3.1

Die Gärung in den Teiglingen der Poolisch-Bäckereien verlief etwas intensiver: der Gehalt an Milchsäurebakterien war um ca. 1 Zehnerpotenz höher und auch die Gärprodukte waren, wenn auch nur leicht, erhöht. In den daraus hergestellten Broten war der mittlere pH-Wert tiefer und es hatte weniger vergärbare Zucker. Die Unterschiede bei der sensorischen Beschreibung waren aber insgesamt nur marginal. Erfahrungen aus der Praxis, wonach die Poolisch auch einen grossen Einfluss auf den Geschmack und das Aroma haben kann, konnten in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden (Hernández-Figueroa et al., 2022).

7 Statistische Auswertung

7.1 Korrelationen

7.1.1 Korrelationsmatrix sensorische Attribute

Das Attribut sauer korrelierte eng mit den Attributen fruchtig, gärig, anhaltend, würzig, Aromaintensität und adstringierend. Die Säure-betonten Brote waren demnach häufig auch intensiver und facettenreicher beim Aroma.

Das Attribut süß war negativ korreliert mit den Attributen gärig, sauer und anhaltend.

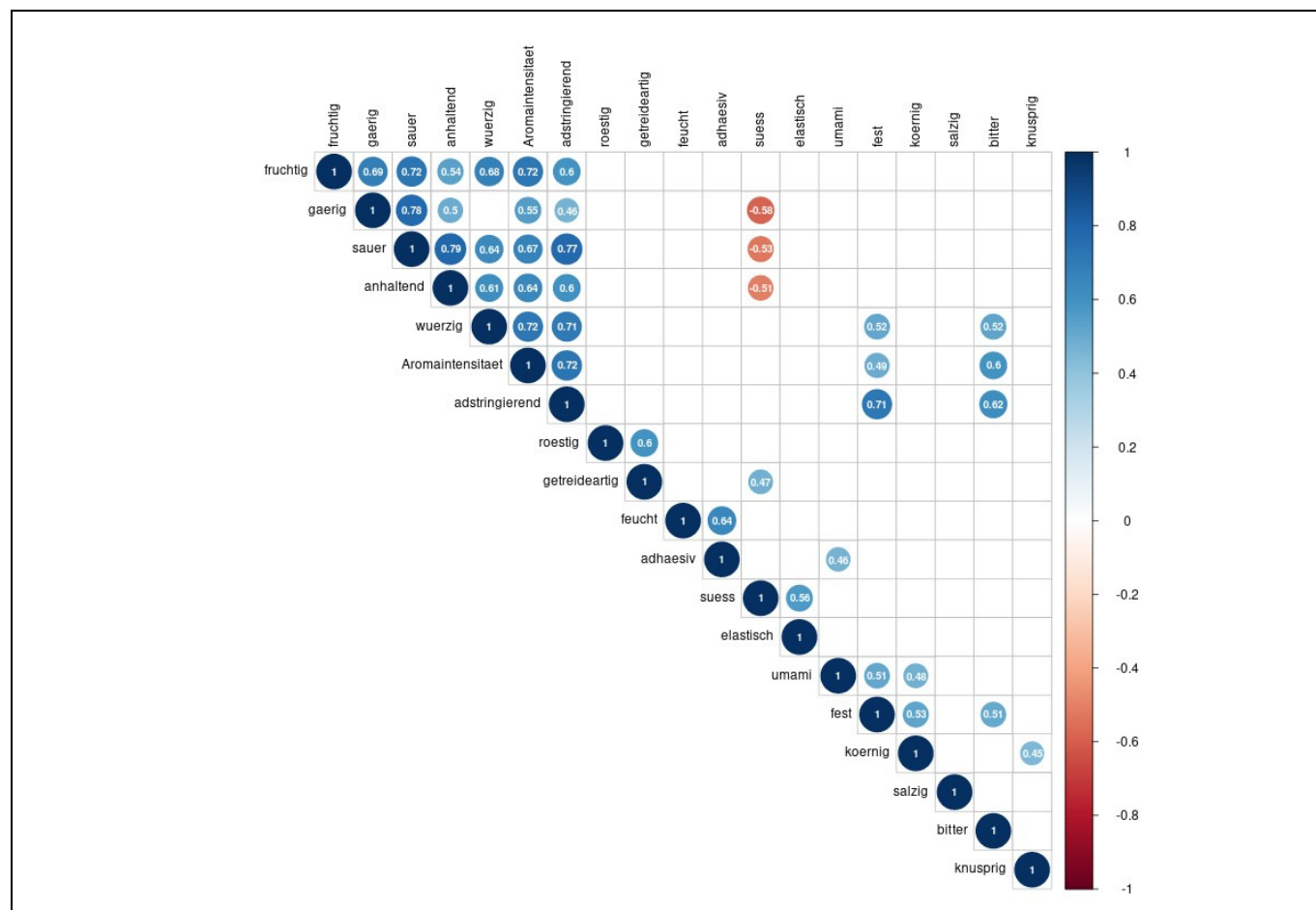


Abbildung 7.1.1: Korrelationsmatrix sensorische Attribute der 1 – 3 Tage alten Brote

7.1.2 Attribut «sauer»

Das Attribut «sauer» korrelierte sehr eng mit dem Gehalt an Milchsäure und nur sehr schwach mit Gehalt an Essigsäure (Abbildung 7.1.2). Es ist also die Milchsäure, die die Sauerkeit der Walliser Roggenbrote AOP bestimmt.

Der pH-Wert ist eine einfache, praxistaugliche Methode, um das Mass der Sauerkeit und den Gehalt an Milchsäure zu bestimmen.

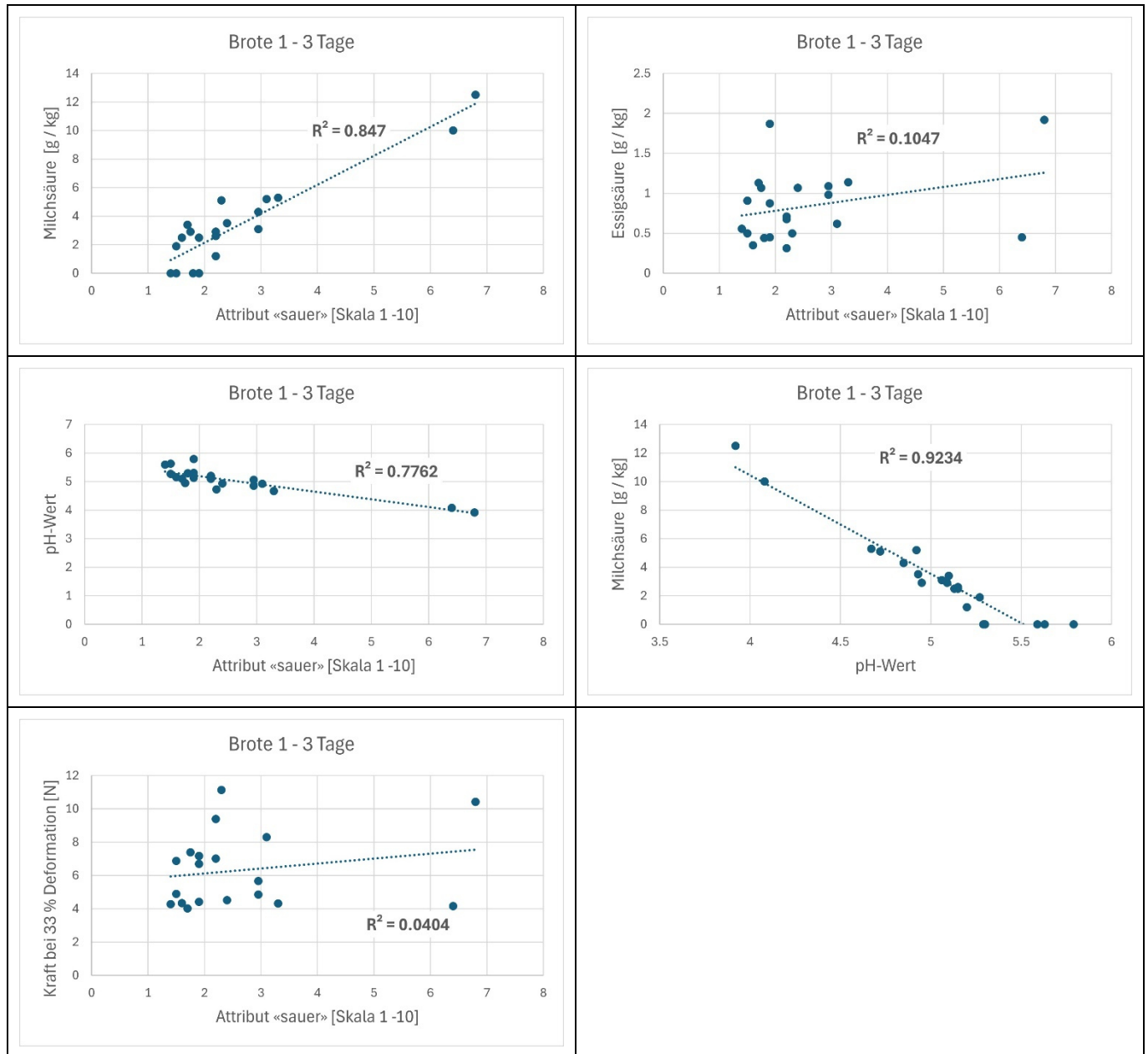


Abbildung 7.1.2: Korrelationen mit dem Attribut «sauer»

Nicht alle säurebetonten Roggenbrote wiesen eine hohe Festigkeit auf und wenig saure Brote waren auch nicht zwingend weniger fest.

7.1.3 Attribut «salzig»

Die Bewertung für das Attribut «salzig» war nur sehr schwach korreliert mit dem gemessenen Salzgehalt (Abbildung 7.1.3). Die Korrelation war etwas höher mit dem Gehalt an Glutamin und Glutaminsäure. Glutaminsäure ist für seine geschmacksverstärkende Wirkung bekannt.

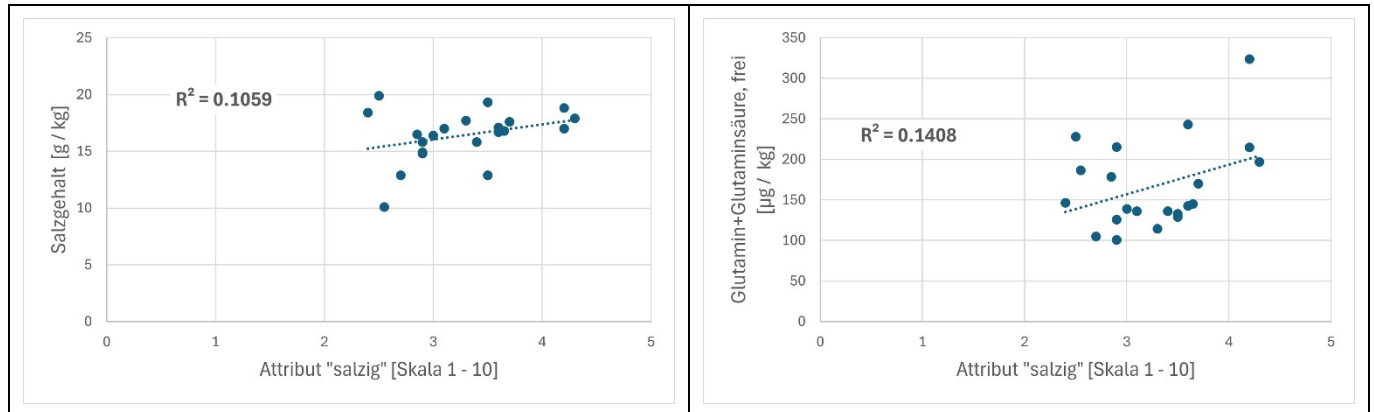


Abbildung 7.1.3: Korrelationen mit dem Attribut «salzig»

7.1.4 Festigkeit

Je höher die Trockenmasse, je höher der Gehalt an Stärke und je kleiner das relative Lochvolumen, desto fester waren die Brote (Abbildung 7.1.4).

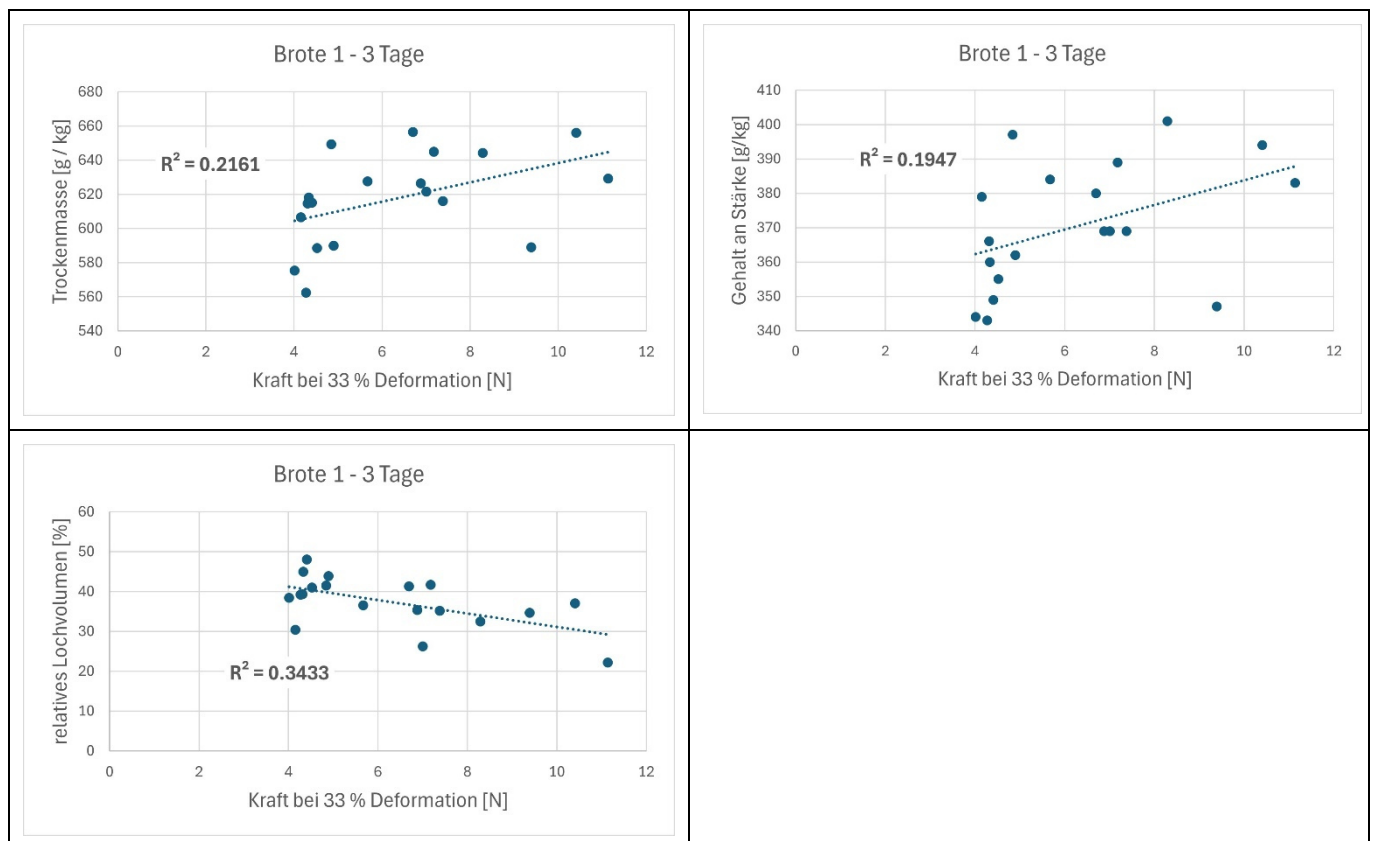


Abbildung 7.1.4: Korrelationen mit der Kraft bei 33 % Deformation [N]

7.1.5 Trockenmasse

Wie in der Einleitung zum Kapitel 3 bereits festgestellt war bei vielen Bäckerinnen und Bäckern gut erkennbar, dass sie nicht strikt nach einer exakten Rezeptur vorgehen, sondern vieles auch aufgrund von sensorischen Beobachtungen und ihrer grossen Erfahrung entscheiden.

Dies erklärt auch, dass die gemessene Trockenmasse überhaupt nicht korrelierte mit dem deklarierten Wasserzusatz zum Mehl. Auch die Zunahme der Trockenmasse beim Backen stand in keinem Zusammenhang mit der Backtemperatur und der Backzeit (Abbildung 7.1.5).

Wenn die Bäckereien, die den Wasserzusatz höchstwahrscheinlich über- oder unterschätzten, von der Berechnung der Korrelation ausgeschlossen wurden, zeigte sich jedoch die erwartete klare Abhängigkeit der Trockenmasse in den Teiglingen vom Wasserzusatz zum Mehl.

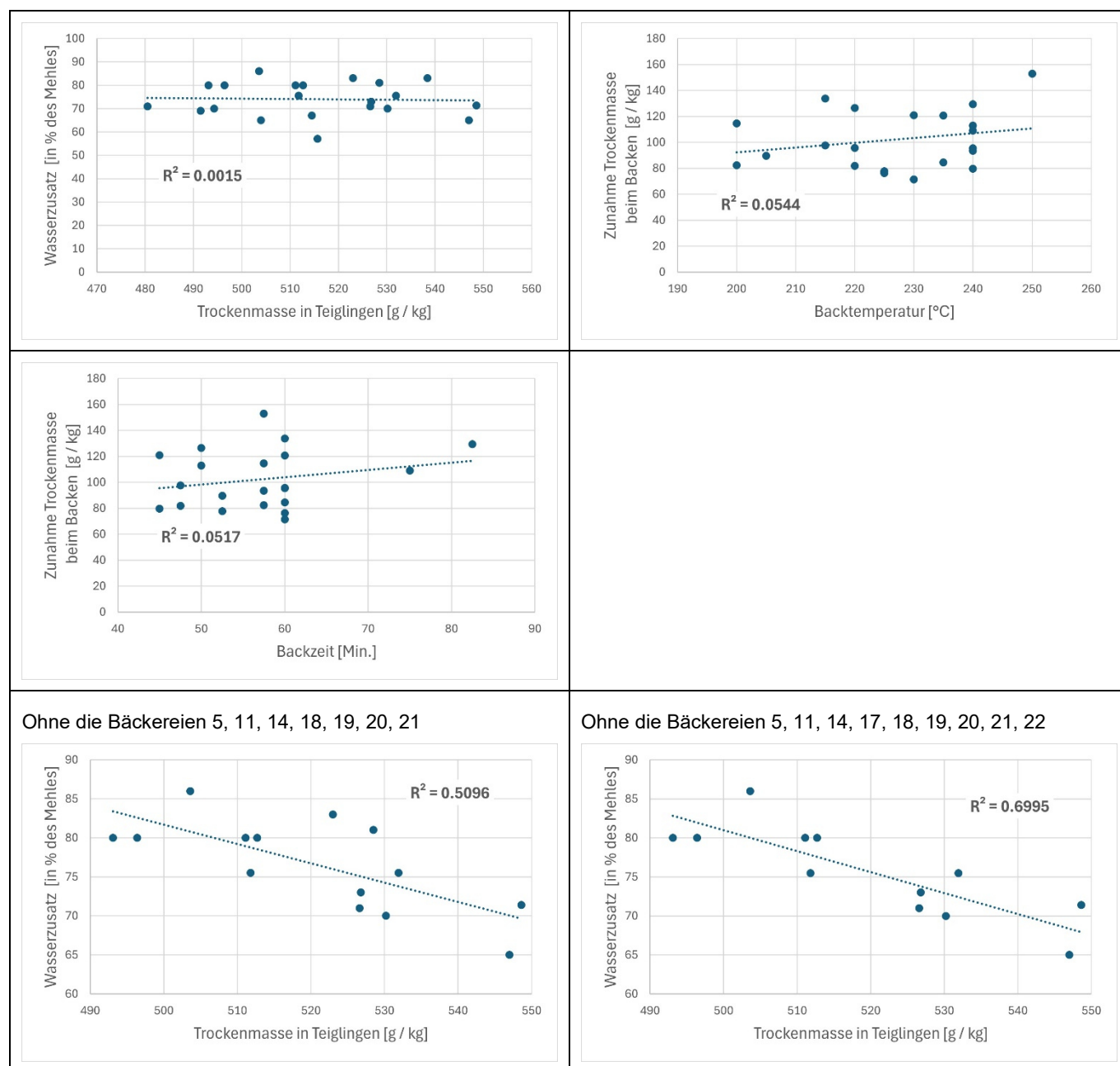


Abbildung 7.1.5: Korrelationen mit der Trockenmasse

7.1.6 Wasserverlust beim Backen und bei der Lagerung

Ein höherer Fettgehalt im Brot korrelierte mit einem grösseren Wasserverlust beim Backen. Möglicherweise bewirkte das Fett ein vermindertes Wasserbindungsvermögen des Teiges oder führte zu einer weniger dichten Brotkruste (Abbildung 7.1.6).

Je mehr Wasser beim Backen verloren ging, desto stärker nahm auch der Ethanol-Gehalt im Brot ab.

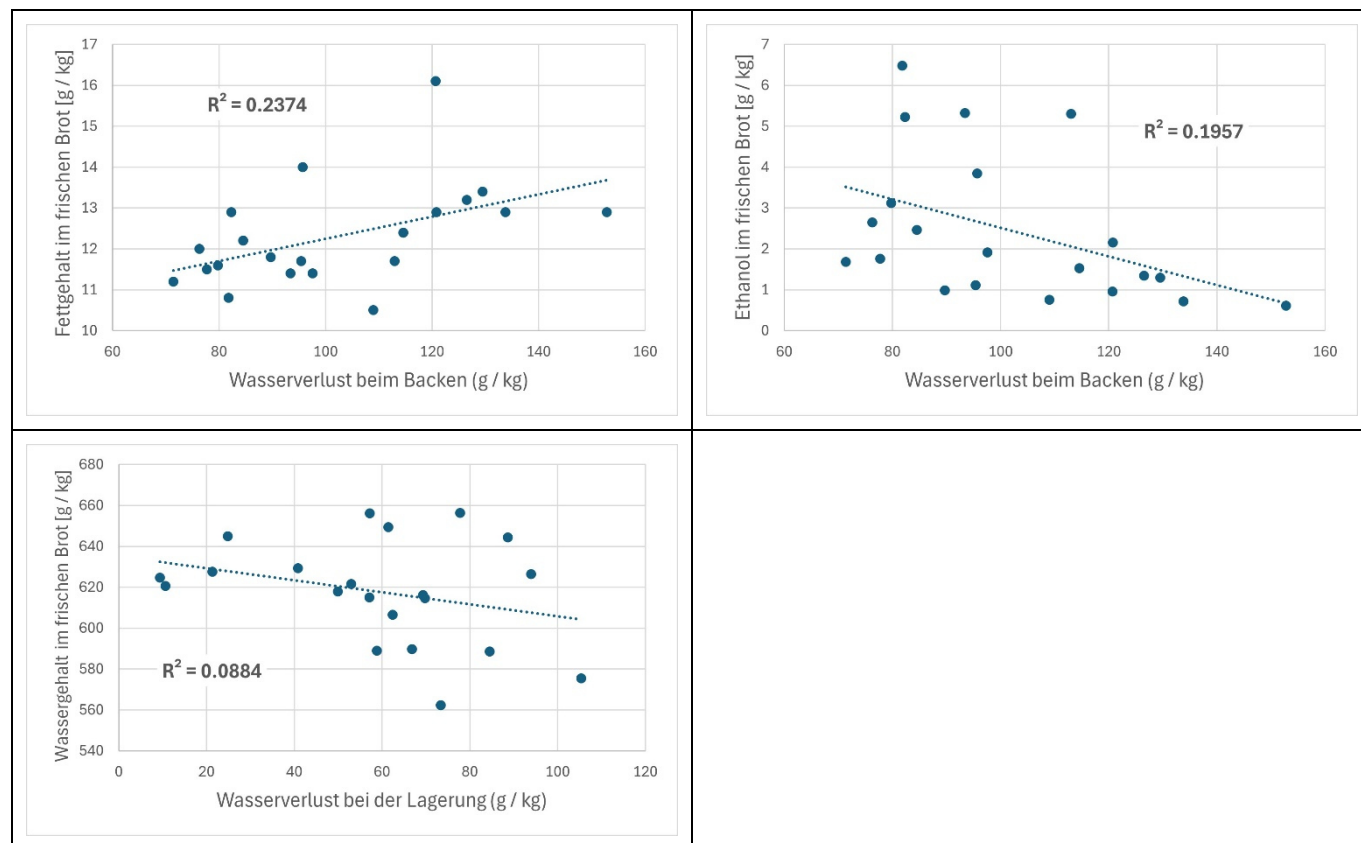


Abbildung 7.1.6: Korrelationen mit dem Wasserverlust

Während der Lagerung war der Wasserverlust mit steigendem Wassergehalt des Brotes nicht etwa grösser, sondern tendenziell sogar eher kleiner. Dies spricht dafür, dass das Wasser in den Broten unterschiedlich stark gebunden ist und die Kruste eine wichtige Rolle spielt. Es gibt demnach Brote, die lange gelagert werden können, ohne dass sie dabei stark austrocknen. Umgekehrt gibt es Brote, die deutlich schneller austrocknen und hart werden.

7.2 Multivariate Statistik

7.2.1 Multifaktoranalyse (MFA) mit den Top 30 Variablen

Die beiden ersten Dimensionen der Multifaktoranalyse (MFA) mit den Top 30 Variablen vermögen lediglich 27 % der Variabilität zu erklären (Abbildung 7.2.1). Dies bedeutet, dass noch viele weitere Variablen einen wichtigen Einfluss haben. Dennoch ergeben sich einige interessante Feststellungen.

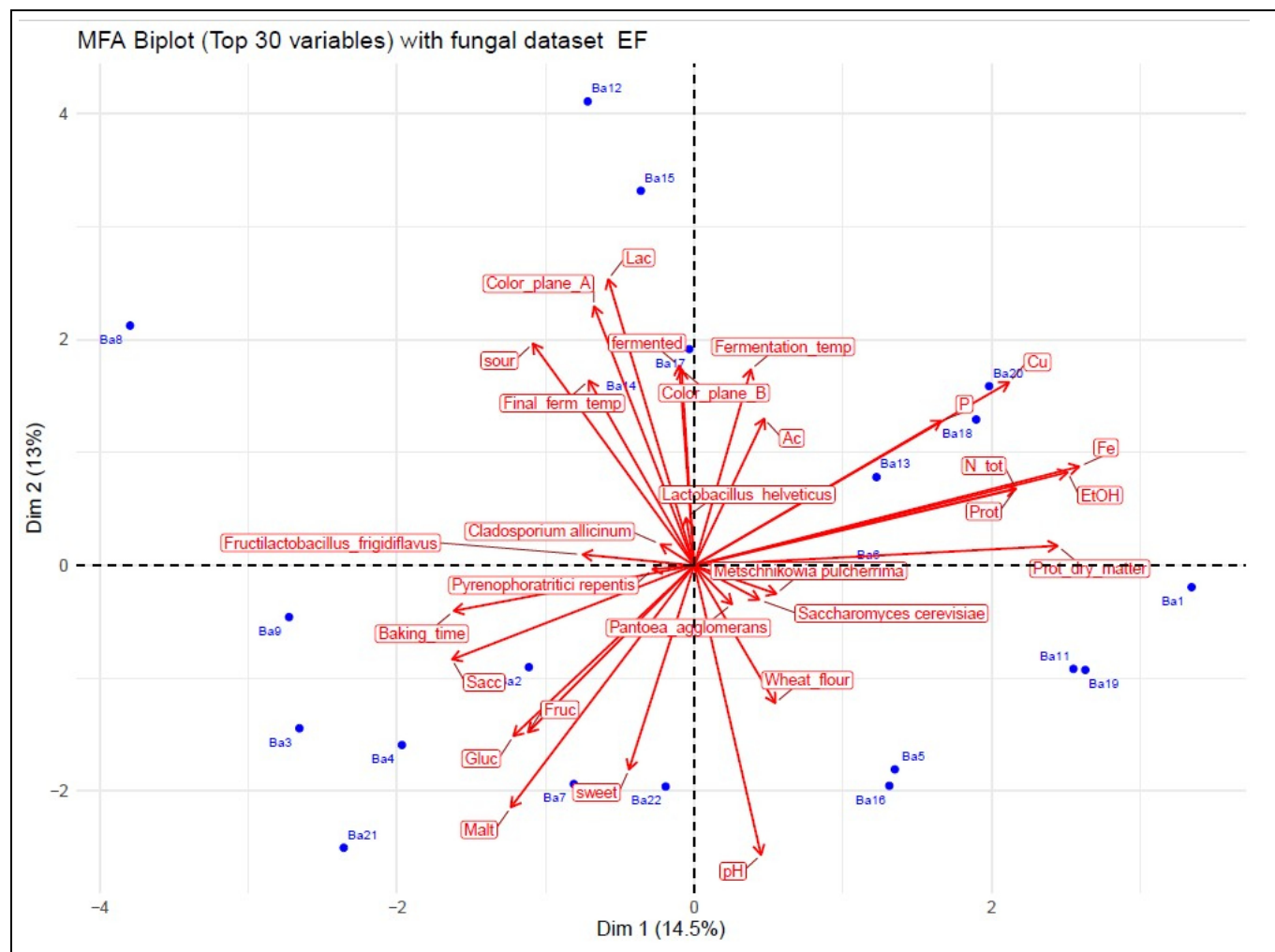


Abbildung 7.2.1: Biplot der Multifaktoranalyse (MFA) mit den Top 30 Variablen

Bei der Diversität der Hefen in den Teiglingen wurde mit dem Datenset «EF abrel species» gerechnet. In blauer Farbe ist die Verteilung der verschiedenen Bäckereien vermerkt. Die Bedeutung der Abkürzungen bei der Bezeichnung der roten Pfeile ergibt sich aus den Erläuterungen im nachstehenden Text.

Am auffälligsten sind die Positionierungen der Bäckereien 8, 12 und 15 im linken, oberen Quadranten. Die Brote aus diesen drei Bäckereien wiesen bei der sensorischen Beschreibung die stärkste Sauerkeit (sour) auf und der Milchsäuregehalt (Lac) sowie das Attribut «gärig» (fermented) waren dementsprechend hoch. Das Brot der Bäckerei 8 wies auch die intensivste Farbe auf, sowohl bei Rot / Grün (Color_plane_B), als auch bei Gelb / Blau (Color_plane_A). In der Bäckerei 15 erfolgte die Stückgare bei der höchsten Temperatur (Final_ferm_temp). Nur die Teiglinge aus diesen Bäckereien wiesen eine wesentliche Diversität bei den Hefen auf und die Abundanz der Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae* war demzufolge kleiner. Die sehr unterschiedliche Positionierung der Bäckereien 8, 12 und 15 erklärt sich dadurch, dass im bakteriellen Mikrobiom des Teiglings von der Bäckerei 8 *Fructilactobacillus frigidiflavus* stark dominant war und nur in den Teiglingen der Bäckereien 12 und 15 *Lactobacillus helveticus* in einer relevanten Abundanz gemessen wurde.

Im linken unteren Quadranten befinden sich die Bäckereien, deren Brote noch relativ viel vergärbare Zucker wie Glukose (Gluc), Fruktose (Fruc), Saccharose (Sacc) und Maltose (Malt) aufwiesen und die dementsprechend auch etwas süß (sweet) waren. Aus der Reihe fällt die Bäckerei 5, deren Brot am meisten vergärbare Zucker enthielt, die sich aber im rechten unteren Quadranten befindet. Als Erklärung kann angefügt werden, dass deren Mehl den

höchsten Proteingehalt aufwies und dies sowohl absolut (Prot), als auch bezogen auf die Trockenmasse (Prot_dry_matter) oder gemessen als Stickstoff (N_tot).

Im rechten oberen Quadranten befinden sich die Bäckereien mit den höchsten Gehalten an Mineralstoffen, vor allem Kupfer (Cu) und Phosphor (P) im Mehl und entsprechend auch in den Teiglingen und den Broten. Da der Pfeil mit dem Ethanol (EtOH) in die gleiche Richtung zeigt, kann als Indiz gedeutet werden, dass die Mineralstoffe die Hefen tendenziell stärker fördern als die Milch- und Essigsäurebakterien.

7.2.2 Unterschiede zwischen den Sprachregionen

Aufgrund der Ergebnisse von der sensorischen Beschreibung konnten die Brote (statistisch mittels OPLS-DA) eindeutig einer Sprachregion zugeordnet werden.

OPLS-DA (Orthogonal partial least squares discriminant analysis) ist eine überwachte statistische Methode zur Gruppentrennung und Identifizierung von Schlüsselmerkmalen, die sich zwischen vordefinierten Stichprobenkategorien unterscheiden, häufig angewendet zur Identifizierung von Biomarkern und der Analyse komplexer Datensätze. Es trennt die Gesamtvariabilität in eine vorhersagbare und eine orthogonale Komponente, was zu einer besseren Klassentrennung und interpretierbaren Ergebnissen führt, die in sogenannten Scores-Plots visualisiert werden können.

Die frischen Roggenbrote aus dem deutschsprachigen Wallis waren im Mittel fester und würziger, auch etwas Aroma-intensiver und adstringierender. Sie hatten zudem tendenziell einen stärkeren umami-Geschmack (Abbildung 7.2.3). Die Diversität war in der deutschen Sprachregionen auch etwas grösser. Speziell die Brote aus den Bäckereien 6, 8 und 12 wiesen ein eigenständiges Profil auf.

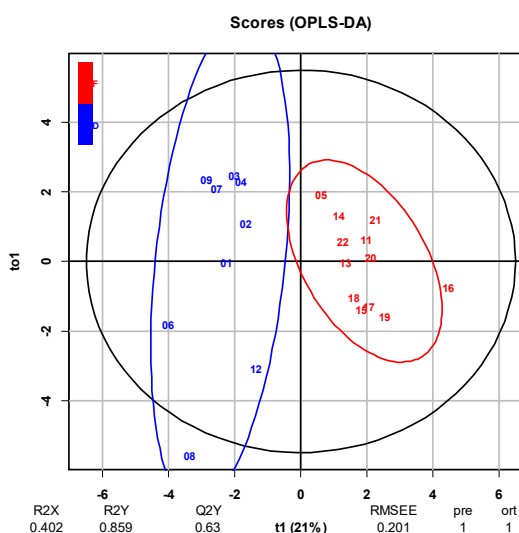


Abbildung 7.2.2: Multivariate Auftrennung nach Sprachregionen

Zahlen = Nummern der Bäckereien

Rot = Bäckereien aus der französischen Sprachregion

Blau = Bäckereien aus der deutschen Sprachregion

8 Schlussfolgerungen

8.1 Einflussfaktoren auf die Qualität und Diversität von Walliser Roggenbrot AOP

Viele Bäckerinnen und Bäcker wendeten bei der Herstellung von Walliser Roggenbrot AOP keine strikte Rezeptur an, sondern führten den Prozess aufgrund von sensorischen Beobachtungen und ihren langjährigen Erfahrungen.

Ein bedeutender Anteil der Angaben zur Produktion wurde von den Bäckerinnen und Bäckern ohne Absicht über- oder unterschätzt. So haben aufgrund des analytisch bestimmten Wassergehaltes in den Teiglingen 7 der 21 beteiligten Bäckereien den Zusatz von Wasser zum Mehl deutlich und 2 weitere leicht über- oder unterschätzt. Bei vielen Produktionsparametern war es aber nicht möglich aufgrund von Analysenergebnissen einzuordnen, ob sie richtig deklariert wurden. Dies schränkte die Möglichkeiten stark ein, statistische Zusammenhänge zwischen den Produktionsparametern und den Eigenschaften der Brote zu berechnen.

Das Metagenom in den Teiglingen wies bei den Hefen eine kleine und bei den Bakterien eine grosse Biodiversität auf.

Das typische Sauerteig-Bakterium *Fructilactobacillus sanfranciscensis* wies nur bei einem einzigen Teigling die höchste Abundanz auf. In 10 von 21 Teiglingen war die 2025 neu beschriebene Spezies *Fructilactobacillus frigidiflavus* vorherrschend. In 7 Teiglingen dominierten unterschiedliche Spezies von anderen Milchsäurebakterien. In 3 Teiglingen hatten gram-negative Bakterien die höchste relative Abundanz, was darauf hinweist, dass es sich um «junge» Sauerteige mit wenig Passagen gehandelt haben könnte. Bei den Hefen konnten nur in 3 Teiglingen andere Spezies als die Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae* nachgewiesen werden.

Der bedeutendste Einflussfaktor auf die Qualität und Diversität von Walliser Roggenbrot AOP war bei der vorliegenden Studie der Anteil des Weizenmehles. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Bäckereien, welche 100 % Roggenmehl verwendeten, sich insgesamt auch etwas stärker am ursprünglichen Walliser Roggenbrot AOP orientierten, bei dem die Herstellung in erster Linie auf eine lange Haltbarkeit ausgelegt war.

Die Brote aus reinem Roggenmehl waren im Mittel deutlich saurer und auch etwas salziger als die Brote mit dem Zusatz von Weizenmehl. Sie waren zudem leicht aromatischer, fruchtiger, gäriger und etwas weniger getreideartig. Bei der ausschliesslichen Verwendung von Roggenmehl verlief die Gärung intensiver, es entstanden mehr Gärprodukte und der pH-Wert war tiefer. Dies kann auf der einen Seite auf eine höhere Amylase-Aktivität zurückgeführt werden. Auf der anderen Seite strebten die Bäckerinnen und Bäcker wohl bewusst auch eine intensivere Gärung an.

Die vier Brote mit der höchsten Festigkeit nach 1 – 3 Tagen wurden allesamt aus 100 % Roggenmehl gebacken. Drei Bäckereien zeigten jedoch, dass es möglich ist auch aus reinem Roggenmehl Brote mit einer mittleren Festigkeit herzustellen. Die Brote aus 100 % Roggenmehl verloren beim Backen und beim Lagern im Mittel weniger Wasser als die Brote mit dem Zusatz von 8 – 10 % Weizenmehl.

Säure-betonte Brote hatten im Mittel ein intensiveres und facettenreicheres Aroma.

Die meisten Walliser Roggenbrote AOP waren nur schwach sauer. Die Sauerkeit wurde dabei durch den Gehalt an Milchsäure bestimmt. Die Essigsäure spielte nur eine untergeordnete Rolle. In 5 der 21 untersuchten Walliser Roggenbrote AOP war gar keine Milchsäure nachweisbar. Essigsäure wurde hingegen in allen untersuchten Teiglingen und Broten gefunden. Es ist unklar, wer für die Bildung der Essigsäure verantwortlich ist, dass es Teiglinge gab (aus den Bäckereien 04, 05, 16), bei denen keine Essigsäurebakterien nachgewiesen werden konnten und auch keine heterofermentative Milchsäuregärung stattgefunden haben kann, da sie keine Milchsäure enthielten. Das Attribut sauer korrelierte positiv mit den Attributen fruchtig, gärig, anhaltend, würzig, Aromaintensität und adstringierend.

Der Einsatz einer Poolisch führte zu einer schnelleren Gärung, hatte aber auf die sensorischen Eigenschaften der Roggenbrote nur einen eng begrenzten Einfluss.

Die Stockgare dauerte in den vier Bäckereien, die eine Poolisch einsetzten, im Mittel weniger als halb so lange, als bei den übrigen 17 Bäckereien, die mit Sauerteig arbeiteten. Trotzdem war der Gehalt an Milchsäurebakterien um ca. 1 Zehnerpotenz höher und auch die Gärprodukte waren, wenn auch nur leicht, erhöht. In den daraus hergestellten Broten war der mittlere pH-Wert tiefer und es hatte weniger vergärbare Zucker. Die Unterschiede bei der sensorischen Beschreibung waren aber bei allen Attributen nur marginal.

Das verwendete Mehl war sehr divers

Gemäss dem AOP müssen die Produktion des Getreides (Roggen und Weizen) und dessen Verarbeitung zu Mehl und Brot im Kanton Wallis erfolgen. Mit wenigen Ausnahmen bezogen die Bäckereien ihr Mehl von der Rhone-Mühle in Naters. Dennoch waren die Unterschiede bei der Zusammensetzung des Mehles, dem Gehalt an Fasern, dem Anteil an Kleie und auch bei der Fallzahl überraschend gross. Mögliche Erklärungen hierfür sind die kleinen Produktionschargen in der Mühle, eine Entmischung in den Mehlsäcken oder auch eine nicht repräsentative Probenahme für die Analytik.

Die Brote unterschieden sich bei der sensorischen Beschreibung zwischen den Sprachregionen

Die Roggenbrote aus dem deutschsprachigen Wallis waren im Mittel fester und würziger, auch etwas Aroma-intensiver und adstringierender. Sie hatten zudem tendenziell einen stärkeren umami-Geschmack. Auch die Diversität war in der deutschen Sprachregionen etwas grösser.

8.2 Wissenschaftliche Hypothesen für Folgestudien

Aus den isolierten Stämmen von Milchsäurebakterien kann eine biodiverse Sauerteig-Kultur entwickelt werden, die beim Walliser Roggenbrot AOP massgeblich die Authentizität erhöht und den Bezug zum Terroir verstärkt.

Das bakterielle Mikrobiom war in den Teiglingen sehr divers, ohne dass offensichtlich irgendwelche Fehlgärungen stattgefunden haben. Die Stämme mit einer hohen relativen Abundanz scheinen sich für die Herstellung von Walliser Roggenbrot AOP zu eignen. Neben dem typischen Sauerteig-Milchsäurebakterium *Fructilactobacillus frigidiflavus* sollten auch Stämme der Milchsäurebakterien-Arten *Fructilactobacillus sanfranciscensis*, *Lactobacillus helveticus*, *Latilactobacillus sakei*, *Leuconostoc mesenteroides* und *Weissella cibaria* getestet werden

Eine Sauerteig-Kultur braucht keinen Anteil an Hefen, da die Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae* in jeder Bäckerei ein dominanter Bestandteil der hauseigenen Mikrobiota ist.

Ein Mindestgehalt an Milchsäure erhöht im Walliser Roggenbrot AOP die Aromenvielfalt, ohne die Sauerkeit zu verstärken.

Bei der vorliegenden Studie fielen nur zwei Brote (8 und 12) mit einer ausgeprägten Sauerkeit auf. Sie wiesen im Vergleich mit allen anderen Broten auch einen deutlich höheren Milchsäuregehalt von mehr als 10 g/kg auf.

Milchsäuregehalte von 1 – 5 g/kg könnten zu Broten führen, die bei Konsumentinnen und Konsumenten eine höhere Beliebtheit erreichen als Brote ohne einen messbaren Anteil an Milchsäure.

8.3 Weiteres Vorgehen

Agroscope hat im Rahmen des Arbeitsprogrammes 2026 - 2029 keine weiterführenden Arbeiten geplant. Die Initiative müsste von der Branche ausgehen und neben der Zielsetzung auch mögliche Optionen zur Finanzierung vorschlagen.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Roggenfeld im alten Saas Fee	9
Abbildung 1.2: Roggenbrote der Bäckerei Les Artisans in Savièse	10
Abbildung 1.3: Aus dem ganzen Kanton Wallis nahmen Bäckereien an der Studie teil	11
Abbildung 2.1: Brote aus den 21 Bäckereien, die an der Studie teilgenommen haben	13
Abbildung 3.1a: Mittlerer Wasserzusatz bei der Teigbereitung	19
Abbildung 3.1b: Mittlerer Hefezusatz bei der Teigbereitung	19
Abbildung 3.2: Herstellung und Zusatzmenge an Sauerteig bzw. Poolisch	20
Abbildung 3.3: Mittlere Stock- und Stückgare	21
Abbildung 3.4: Mittlere Backzeit und -temperatur	22
Abbildung 4.1: Feinheit der verwendeten Mehle	23
Abbildung 4.2: Fallzahl	24
Abbildung 4.3: Gehalt an Fasern	25
Abbildung 5.1a: Nachgewiesene Hefen in Teiglingen nach der Stückgare [KbE / g]	26
Abbildung 5.1b: Isolierte Hefe-Stämme aus Teiglingen nach der Stückgare	27
Abbildung 5.2a: Nachgewiesene Milchsäurebakterien in Teiglingen nach der Stückgare [KbE / g]	28
Abbildung 5.2b: Isolierte Milchsäurebakterien-Stämme aus Teiglingen nach der Stückgare	29
Abbildung 5.3a: Nachgewiesene Essigsäurebakterien in Teiglingen nach der Stückgare [KbE / g]	30
Abbildung 5.3b: Isolierte Essigsäurebakterien-Stämme aus Teiglingen nach der Stückgare	31
Abbildung 5.5a: Diversität der Hefen in den Teiglingen (EF abrel species)	32
Abbildung 5.5b: Diversität der Hefen in den Teiglingen (LSU abrel species)	32
Abbildung 5.6: Diversität der Bakterien in den Teiglingen	33
Abbildung 6.1: Trockenmassegehalt mit unterschiedlicher Aufarbeitung	35
Abbildung 6.1.1a: Trockenmasse	37
Abbildung 6.1.1b: Salzgehalt in den 1 – 3 Tage alten Broten	38
Abbildung 6.1.1c: Gehalt an Calcium bei der Bäckerei 05 im Vergleich mit dem Mittelwert	39
Abbildung 6.1.1d: Gehalt an Mangan bei den Bäckereien 01 und 06 im Vergleich mit dem Mittelwert	40
Abbildung 6.1.2a: Gehalt an vergärbaren Zuckern in den Broten nach 1-3 Tagen	42
Abbildung 6.1.2b: Gehalt an Milchsäure	43
Abbildung 6.1.2c: Gehalt an Essigsäure	43
Abbildung 6.1.2d: Gehalt an Ethanol	43
Abbildung 6.1.2e: Gehalt an Gärungsprodukten und pH-Wert in Abhängigkeit von der Bäckerei	44
Abbildung 6.1.2f: Summe vergärbare Zucker und Gärungsprodukte in den Teiglingen	45
Abbildung 6.2.1: Texturmessung mit dem Zylindertest	50
Abbildung 6.2.3: Makroskopische Aufnahmen	51
Abbildung 6.2.4: Relatives Lochvolumen	52
Abbildung 6.3.1a: Attribut «fest» bei den 1 – 3 Tage alten Broten	55
Abbildung 6.3.1b: Attribut «feucht» bei den 1 – 3 Tage alten Broten	55
Abbildung 6.3.1c: Attribut «knusprig» bei den 1 – 3 Tage alten Broten	56
Abbildung 6.3.1d: Attribut «anhaltend» bei den 1 – 3 Tage alten Broten	56

Abbildung 6.3.2a: Attribut «sauer» bei den 1 – 3 Tage alten Broten.....	58
Abbildung 6.3.2b: Attribut «salzig» bei den 1 – 3 Tage alten Broten	58
Abbildung 6.3.3a: Attribut «Aromaintensität» bei den 1 – 3 Tage alten Broten	60
Abbildung 6.3.3b: Attribut «getreideartig» bei den 1 – 3 Tage alten Broten	60
Abbildung 6.3.3c: Attribut «gärig» bei den 1 – 3 Tage alten Broten.....	61
Abbildung 6.3.3d: Attribut «röstig» bei den 1 – 3 Tage alten Broten.....	61
Abbildung 6.3.4: Gruppierung nach Attributen und Bäckereien	62
Abbildung 6.3.5: Wichtigste sensorische Attribute in den 1 – 3 Tage alten Broten.....	63
Abbildung 6.4a: Gruppierung der Antworten auf Frage 1 nach Häufigkeit.....	64
Abbildung 6.4b: Beliebtheit der beiden getesteten Brote	65
Abbildung 6.4c: Gruppierung der Antworten auf Frage 3 nach Häufigkeit.....	65
Abbildung 7.1.1: Korrelationsmatrix sensorische Attribute der 1 – 3 Tage alten Brote.....	70
Abbildung 7.1.2: Korrelationen mit dem Attribut «sauer».....	71
Abbildung 7.1.3: Korrelationen mit dem Attribut «salzig».....	72
Abbildung 7.1.4: Korrelationen mit der Kraft bei 33 % Deformation [N]	72
Abbildung 7.1.5: Korrelationen mit der Trockenmasse	73
Abbildung 7.1.6: Korrelationen mit dem Wasserverlust	74
Abbildung 7.2.1: Biplot der Multifaktoranalyse (MFA) mit den Top 30 Variablen.....	75
Abbildung 7.2.2: Multivariate Auftrennung nach Sprachregionen	76

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1a: Laibgewichte der eingesammelten Brote	12
Tabelle 2.1b: Unzulänglichkeiten einzelner Proben mit Auswirkungen auf die Ergebnisse.....	12
Tabelle 3.1: Verwendete Rohstoffe gemäss den Angaben der Bäckereien.....	18
Tabelle 4.2: Fallzahl.....	24
Tabelle 6.1.1a: Chemische Zusammensetzung (absolute Werte)	36
Tabelle 6.1.1b: Chemische Zusammensetzung (relative Werte)	38
Tabelle 6.1.1c: Mineralstoffe.....	39
Tabelle 6.1.1d: Spurenelemente.....	40
Tabelle 6.1.2a: Vergärbare Zucker	41
Tabelle 6.1.2b: Gärprodukte	42
Tabelle 6.1.3a: Totale Aminosäuren (Teil 1)	46
Tabelle 6.1.3b: Totale Aminosäuren (Teil 2)	47
Tabelle 6.1.3c: Freie Aminosäuren (Teil 1)	48
Tabelle 6.1.3d: Freie Aminosäuren (Teil 2)	49
Tabelle 6.2.1: Texturmessung mit dem Zylindertest (Brote 1-3 Tage).....	50
Tabelle 6.2.2: Farbmessung (Brote 1 – 3 Tage).....	51
Tabelle 6.2.4a: Werte aus dem Computer-Tomogramm (Brote 1 -3 Tage)	52
Tabelle 6.2.4b: Einteilung der Brote (1 – 3 Tage) aufgrund der Tomogramme	53
Tabelle 6.3.1: Sensorische Beschreibung von Textur und trigeminalen Wahrnehmungen	54

Tabelle 6.3.2: Sensorische Beschreibung des Geschmackes der Roggenbrote	57
Tabelle 6.3.3: Sensorische Beschreibung des Aromas der Roggenbrote	59
Tabelle 6.5a: Auffällige Spezies im Volatilom.....	66
Tabelle 6.5b: Literaturangaben zu den Komponenten mit einer starken Zunahme beim Backen	67
Tabelle 6.5c: Literaturangaben zu den Komponenten mit einem hohen Gehalt im Brot.....	67
Tabelle 6.5d: Literaturangaben zu den Komponenten mit einem erhöhten Gehalt in den Broten aus 100 % Roggenmehl.....	68
Tabelle 6.6: Unterschiede zwischen Sauerteig und Poolisch.....	69
Tabelle 12a: Flüchtige Aromakomponenten (ID_001 - ID_013).....	84
Tabelle 12b: Flüchtige Aromakomponenten (ID_014 - ID_028).....	85
Tabelle 12c: Flüchtige Aromakomponenten (ID_029 - ID_042).....	86
Tabelle 12d: Flüchtige Aromakomponenten (ID_043 - ID_055).....	87
Tabelle 12e: Flüchtige Aromakomponenten (ID_056 - ID_068).....	88
Tabelle 12f: Flüchtige Aromakomponenten (ID_069 - ID_082).....	89
Tabelle 12g: Flüchtige Aromakomponenten (ID_083 - ID_095).....	90
Tabelle 12h: Flüchtige Aromakomponenten (ID_096 - ID_108).....	91
Tabelle 12i: Flüchtige Aromakomponenten (ID_109 - ID_122).....	92
Tabelle 12j: Flüchtige Aromakomponenten (ID_123 - ID_135).....	93
Tabelle 12k: Flüchtige Aromakomponenten (ID_136 - ID_149).....	94
Tabelle 12l: Flüchtige Aromakomponenten (ID_150 - ID_162).....	95
Tabelle 12m: Flüchtige Aromakomponenten (ID_163 - ID_175).....	96
Tabelle 12n: Flüchtige Aromakomponenten (ID_176 - ID_189).....	97
Tabelle 12o: Flüchtige Aromakomponenten (ID_190 - ID_202).....	98
Tabelle 12p: Flüchtige Aromakomponenten (ID_203 - ID_215).....	99
Tabelle 12q: Flüchtige Aromakomponenten (ID_216 - ID_228).....	100
Tabelle 12r: Flüchtige Aromakomponenten (ID_229 - ID_242).....	101
Tabelle 12s: Flüchtige Aromakomponenten (ID_243 - ID_256).....	102
Tabelle 12t: Flüchtige Aromakomponenten (ID_257 - ID_269).....	103
Tabelle 12u: Flüchtige Aromakomponenten (ID_270 - ID_283).....	104
Tabelle 12v: Flüchtige Aromakomponenten (ID_284 - ID_296).....	105
Tabelle 12w: Flüchtige Aromakomponenten (ID_297 - ID_312).....	106
Tabelle 12x: Flüchtige Aromakomponenten (ID_314 - ID_328).....	107
Tabelle 12y: Flüchtige Aromakomponenten (ID_329 - ID_341).....	108
Tabelle 12z: Flüchtige Aromakomponenten (ID_342 - ID_355).....	109
Tabelle 12aa: Flüchtige Aromakomponenten (ID_356 - ID_368).....	110
Tabelle 12ab: Flüchtige Aromakomponenten (ID_370 - ID_381).....	111

11 Literaturverzeichnis

- Bachmann, H. P., & Stergiou-Gekenidis, M. T. (2024). Mikrobiologie von Sauerteig: einfach oder komplex? *Agrarforschung Schweiz*, 15(294-303). <https://doi.org/https://doi.org/10.34776/afs15-294>
- Beardsley, J., Kim, H. Y., Dao, A., Kidd, S., Alastruey-Izquierdo, A., Sorrell, T. C., Tacconelli, E., Chakrabarti, A., Harrison, T. S., Bongomin, F., Gigante, V., Galas, M., Siswanto, S., Dagne, D. A., Roitberg, F., Sati, H., Morrissey, C. O., & Alffenaar, J. W. (2024). *Candida glabrata* (Nakaseomyces glabrata): A systematic review of clinical and microbiological data from 2011 to 2021 to inform the World Health Organization Fungal Priority Pathogens List. *Med Mycol*, 62(6). <https://doi.org/10.1093/mmy/myae041>
- Bourbon-Melo, N., Palma, M., Rocha, M. P., Ferreira, A., Bronze, M. R., Elias, H., & Sá-Correia, I. (2021). Use of *Hanseniaspora guilliermondii* and *Hanseniaspora opuntiae* to enhance the aromatic profile of beer in mixed-culture fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiology*, 95, 103678. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103678>
- Brabant, C., Schwaerzel, R., Augsburg, B., Jaquet, H., Bitz, J. J., Claeyman, N., & Dossenbach, A. (2013). Backqualität von Roggen in der Schweiz [Article]. *Agrarforschung Schweiz*, 4(7-8), 316-323. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84880475407&partnerID=40&md5=11e410b4cb2fe78cc17d100fb8bd8ada>
- Calvert, M. D., Madden, A. A., Nichols, L. M., Haddad, N. M., Lahne, J., Dunn, R. R., & McKenney, E. A. (2021). A review of sourdough starters: ecology, practices, and sensory quality with applications for baking and recommendations for future research. *PeerJ*, 9, e11389. <https://doi.org/10.7717/peerj.11389>
- Comasio, A., Verce, M., Van Kerrebroeck, S., & De Vuyst, L. (2020). Diverse Microbial Composition of Sourdoughs From Different Origins [Original Research]. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01212>
- De Vuyst, L., Harth, H., Van Kerrebroeck, S., & Leroy, F. (2016). Yeast diversity of sourdoughs and associated metabolic properties and functionalities. *International Journal of Food Microbiology*, 239, 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.07.018>
- De Vuyst, L., & Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1), 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.012>
- De Vuyst, L., Van Kerrebroeck, S., Harth, H., Huys, G., Daniel, H. M., & Weckx, S. (2014). Microbial ecology of sourdough fermentations: Diverse or uniform? *Food Microbiology*, 37, 11-29. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.06.002>
- Di Cagno, R., Pontonio, E., Buchin, S., De Angelis, M., Lattanzi, A., Valerio, F., Gobbetti, M., & Calasso, M. (2014). Diversity of the Lactic Acid Bacterium and Yeast Microbiota in the Switch from Firm- to Liquid-Sourdough Fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(10), 3161-3172. <https://doi.org/10.1128/AEM.00309-14>
- Dreier, M., Meola, M., Berthoud, H., Shani, N., Wechsler, D., & Junier, P. (2022). High-throughput qPCR and 16S rRNA gene amplicon sequencing as complementary methods for the investigation of the cheese microbiota [Article]. *BMC Microbiology*, 22(1), Article 48. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02451-y>
- Ercolini, D., Pontonio, E., De Filippis, F., Minervini, F., La Storia, A., Gobbetti, M., & Di Cagno, R. (2013). Microbial Ecology Dynamics during Rye and Wheat Sourdough Preparation. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(24), 7827-7836. <https://doi.org/10.1128/AEM.02955-13>
- Gobbetti, M., Minervini, F., Pontonio, E., Di Cagno, R., & De Angelis, M. (2016). Drivers for the establishment and composition of the sourdough lactic acid bacteria biota. *International Journal of Food Microbiology*, 239, 3-18. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.05.022>
- Hernández-Figueroa, R. H., Mani-López, E., & López-Malo, A. (2022). Antifungal Capacity of Poolish-Type Sourdough Supplemented with *Lactiplantibacillus plantarum* and Its Aqueous Extracts In Vitro and Bread [Article]. *Antibiotics*, 11(12), Article 1813. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11121813>
- Kim, D.-H., Chon, J.-W., Kim, H., & Seo, K.-H. (2019). Development of a novel selective medium for the isolation and enumeration of acetic acid bacteria from various foods. *Food Control*, 106, 106717. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106717>
- Landis, E. A., Oliverio, A. M., McKenney, E. A., Nichols, L. M., Kfoury, N., Biango-Daniels, M., Shell, L. K., Madden, A. A., Shapiro, L., Sakunala, S., Drake, K., Robbat, A., Booker, M., Dunn, R. R., Fierer, N., & Wolfe, B. E. (2021). The diversity and function of sourdough starter microbiomes. *eLife*, 10, e61644. <https://doi.org/10.7554/eLife.61644>
- Lattanzi, A., Minervini, F., & Gobbetti, M. (2014). Assessment of comparative methods for storing type-I wheat sourdough. *LWT - Food Science and Technology*, 59(2, Part 1), 948-955. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.032>
- Minervini, F., Di Cagno, R., Lattanzi, A., De Angelis, M., Antonielli, L., Cardinali, G., Cappelle, S., & Gobbetti, M. (2012). Lactic acid bacterium and yeast microbiotas of 19 sourdoughs used for traditional/typical italian

- bread: interactions between ingredients and microbial species diversity. *Appl Environ Microbiol*, 78(4), 1251-1264. <https://doi.org/10.1128/aem.07721-11>
- Pétel, C., Onno, B., & Prost, C. (2017). Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 105-123. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.015>
- Pfrunder, S., Grossmann, J., Hunziker, P., Brunisholz, R., Gekenidis, M.-T., & Drissner, D. (2016). *Bacillus cereus* Group-Type Strain-Specific Diagnostic Peptides. *Journal of Proteome Research*, 15(9), 3098-3107. <https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.6b00216>
- Pham, V. D., & Gänzle, M. G. (2025). *Fructilactobacillus frigidiflavus* sp. nov., a pigmented species, and *Levilactobacillus lettrarii* sp. nov., a propionate-producing species isolated from sourdough. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 75(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1099/ijsem.0.006726>
- Sevgili, A., Can, C., Ceyhan, D. I., & Erkmén, O. (2023). Molecular identification of LAB and yeasts from traditional sourdoughs and their impacts on the sourdough bread quality characteristics. *Current Research in Food Science*, 6, 100479. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100479>
- Siepmann, F. B., Sousa de Almeida, B., Waszczynskyj, N., & Spier, M. R. (2019). Influence of temperature and of starter culture on biochemical characteristics and the aromatic compounds evolution on type II sourdough and wheat bread. *Lwt*, 108, 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.065>
- Sizzano, F., Blackford, M., Berthoud, H., Amiet, L., Bailly, S., Vuichard, F., Monnard, C., Bieri, S., Spring, J. L., Barth, Y., Descombes, C., Lefort, F., Cléroux, M., Simonin, S., Chappuis, C., Bourdin, G., & Bach, B. (2023). Bioprospecting of a *Metschnikowia pulcherrima* Indigenous Strain for Chasselas Winemaking in 2022 Vintage [Article]. *Foods*, 12(24), Article 4485. <https://doi.org/10.3390/foods12244485>

12 Anhang: Rohdaten Volatilom

Tabelle 12a: Flüchtige Aromakomponenten (ID_001 - ID_013)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_001	Teigling	Fläche pro mg	21	170'624	245'503	184'210	13'847	575'757	-28'425
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	7'222	10'229	7'277	2'709	25'463	3'644
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	7'052	7'862	3'272	3'415	17'357	1'464
ID_002 Toluene (Artefakt)	Teigling	Fläche pro mg	21	3'130	6'163	9'022	433	42'024	3'036
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'541	4'361	6'212	438	24'921	2'487
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'314	1'931	2'409	287	9'570	-1'020
ID_003 2,3- Butanedione	Teigling	Fläche pro mg	21	20'337	43'746	44'208	314	122'758	3'290
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	23'739	38'264	41'619	2'831	174'214	14'551
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	37'135	53'983	58'506	4'673	238'450	18'864
ID_004 Acetic acid	Teigling	Fläche pro mg	21	221'549	325'988	366'095	190	1'267'491	13'360
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	170'008	199'983	161'431	26'618	738'912	83'731
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	224'834	267'714	221'052	37'007	1'008'314	135'810
ID_005 Acetoin	Teigling	Fläche pro mg	21	13'861	38'398	40'541	420	126'560	4'858
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	11'751	24'594	33'336	613	143'926	15'152
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	15'732	27'114	36'721	1'659	159'159	16'883
ID_006 3-Methyl- butanol	Teigling	Fläche pro mg	21	308'817	279'802	154'653	5'474	621'556	-31'484
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	161'453	171'379	96'212	6'809	399'552	5'565
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	92'242	115'124	71'293	10'223	285'366	16'518
ID_007 1-Hexanol	Teigling	Fläche pro mg	21	17'179	27'356	21'975	1'922	94'401	7'591
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	7'696	13'978	11'764	4'806	48'269	13'842
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	9'252	13'481	11'107	2'566	45'009	16'437
ID_008 Benzene (Artefakt)	Teigling	Fläche pro mg	21	9'671	24'329	34'667	977	141'887	5'777
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'162	1'171	283	761	1'732	78
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	829	871	163	633	1'256	125
ID_009 Furfural	Teigling	Fläche pro mg	21	120	111	79	0	247	-38
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	15'807	26'684	35'250	1'976	168'015	22'268
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	9'465	15'936	24'562	2'038	121'787	22'495
ID_010	Teigling	Fläche pro mg	21	29'122	39'445	47'487	0	193'681	7'317
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'155	1'829	3'081	0	12'855	858
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	432	1'235	2'306	0	9'403	827
ID_011 Ethanol	Teigling	Fläche pro mg	21	83'764	81'120	36'867	0	153'287	2'180
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	40'170	43'401	14'139	28'195	77'429	1'346
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	33'502	34'507	9'266	20'991	57'388	699
ID_012 Pro- panoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	Teigling	Fläche pro mg	21	72'775	74'189	26'021	29'444	134'638	253
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	38'530	41'816	14'411	22'733	74'444	8'028
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	31'732	35'320	16'721	13'953	91'224	19'972
ID_013 Acetic acid	Teigling	Fläche pro mg	21	156'200	266'480	261'134	977	928'649	131'869
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	145'590	168'091	109'809	0	382'592	-23'381
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	207'254	193'879	143'176	0	456'464	30'501

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12b: Flüchtige Aromakomponenten (ID_014 - ID_028)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_014	Teigling	Fläche pro mg	21	16'901	20'784	17'332	1'836	72'004	-4'519
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'976	3'456	4'729	529	22'776	3'677
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'590	1'929	1'708	252	7'112	1'134
ID_015	Teigling	Fläche pro mg	21	16'802	21'031	20'792	343	63'847	-5'900
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'561	2'453	2'096	400	8'751	1'518
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	919	1'505	1'455	204	6'889	1'071
ID_017	Teigling	Fläche pro mg	21	30'480	25'466	12'543	6'771	45'905	-604
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	8'163	11'094	6'771	2'946	23'480	2'206
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	8'591	10'741	6'556	2'762	27'147	2'835
ID_018 Octanoic acid ethyl ester	Teigling	Fläche pro mg	21	4'329	6'590	7'362	247	32'657	-2'381
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'186	2'016	2'170	187	7'143	-96
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	723	1'557	1'768	185	6'719	82
ID_019 1-Methylcyclohexa-1,3-diene	Teigling	Fläche pro mg	21	4'282	7'653	12'785	0	58'691	4'159
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	2'592	3'211	2'348	181	10'343	-140
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	2'719	3'191	2'231	424	7'412	-260
ID_020	Teigling	Fläche pro mg	21	1'294	1'809	1'820	174	6'893	243
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	3'634	4'683	3'412	466	15'163	-67
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4'043	4'709	3'234	638	11'149	-491
ID_021 Heptane	Teigling	Fläche pro mg	21	35'464	48'901	42'865	540	135'215	-2'474
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	3'823	14'698	18'059	82	59'052	1'422
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	216	1'255	3'279	0	12'128	-1'603
ID_023 Isobutyl acetate	Teigling	Fläche pro mg	21	21	9'522	10'518	9'596	0	34'585
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	21	2'709	3'110	2'523	306	10'643
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	21	3'289	3'245	2'176	327	7'495
ID_024	Teigling	Fläche pro mg	21	21	863	1'654	1'754	0	7'004
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	21	1'197	1'466	918	628	5'046
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	21	1'069	1'126	419	549	2'153
ID_025 Decanoic acid, ethyl ester	Teigling	Fläche pro mg	21	21	1'757	3'255	4'364	20	18'427
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	21	248	732	1'102	19	4'161
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	21	149	631	1'020	16	4'305
ID_026	Teigling	Fläche pro mg	21	21	6'913	10'440	10'045	383	35'653
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	21	1'425	1'739	1'314	245	6'700
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	21	1'646	1'711	868	364	4'335
ID_027	Teigling	Fläche pro mg	21	12'220	13'094	11'660	0	34'278	351
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	119	338	0	1'474	242
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	29	129	0	604	86
ID_028 3-Methylbutanal	Teigling	Fläche pro mg	21	7'392	8'345	4'065	820	17'809	459
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	12'364	22'593	21'553	4'287	94'170	17'350
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	11'534	14'060	10'701	3'817	55'226	9'577

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12c: Flüchtige Aromakomponenten (ID_029 - ID_042)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_029 methyl-Pyrazine	Teigling	Fläche pro mg	21	0	72	119	0	378	-7
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	2'211	3'662	4'209	315	17'639	-399
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	2'166	2'869	2'651	440	10'621	144
ID_030 2-ethoxy-Propane	Teigling	Fläche pro mg	21	483	1'253	1'615	0	6'656	-102
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	507	1'969	4'176	59	19'384	2'881
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	346	1'170	2'575	49	12'115	1'832
ID_031	Teigling	Fläche pro mg	21	1'251	2'473	2'648	324	11'287	-176
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'888	1'931	758	779	3'708	562
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'763	1'951	704	1'022	3'722	275
ID_032	Teigling	Fläche pro mg	21	7'119	7'580	4'543	990	16'181	1'946
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	4'063	4'157	1'490	1'593	6'178	678
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4'060	4'126	1'986	932	8'146	1'203
ID_033	Teigling	Fläche pro mg	21	7'247	8'386	7'932	825	36'460	-613
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'157	2'772	4'565	0	21'232	3'058
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	752	2'030	3'529	209	16'800	2'662
ID_034 Acetone	Teigling	Fläche pro mg	21	2'531	5'027	6'680	427	22'920	-1'871
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	15'803	17'564	10'754	1'165	38'759	-2'463
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	10'012	16'111	12'892	973	39'066	1'071
ID_035	Teigling	Fläche pro mg	21	54'944	71'504	59'173	5'996	178'684	-7'521
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	8'759	14'329	12'660	2'951	47'538	3'632
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	5'157	7'039	6'108	2'695	30'418	3'905
ID_036	Teigling	Fläche pro mg	21	5'531	6'010	2'434	1'083	12'867	823
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'705	2'021	971	518	4'050	698
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'207	1'434	587	709	3'132	601
ID_038 1-(2-furanyl)-Ethanone	Teigling	Fläche pro mg	21	197	223	135	0	649	61
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'383	2'493	2'767	248	12'837	-978
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'466	1'792	1'379	242	5'559	-82
ID_039	Teigling	Fläche pro mg	21	1'207	1'711	1'504	93	5'308	-28
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	326	399	165	205	843	106
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	281	306	151	0	648	54
ID_040	Teigling	Fläche pro mg	21	6'331	5'969	3'060	1'029	13'194	921
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	5'520	6'148	2'340	2'244	12'661	448
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4'953	5'020	1'695	1'616	8'910	1'518
ID_041	Teigling	Fläche pro mg	21	3'022	3'989	3'549	285	13'071	996
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	254	261	120	54	593	9
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	227	242	137	47	677	66
ID_042	Teigling	Fläche pro mg	21	585	1'723	3'062	71	12'310	1'058
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	117	136	49	81	277	17
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	92	102	33	56	190	37

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12d: Flüchtige Aromakomponenten (ID_043 - ID_055)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_043	Teigling	Fläche pro mg	21	8'534	10'119	7'836	2'151	36'058	-6'577
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	9'016	9'345	2'839	5'204	17'709	1'022
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4'900	5'144	2'418	1'324	10'227	2'933
ID_044	Teigling	Fläche pro mg	21	2'528	3'162	2'381	465	9'488	-740
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'006	1'210	818	441	3'576	-179
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	830	1'098	824	441	3'731	-268
ID_045	Teigling	Fläche pro mg	21	4'231	4'940	2'595	711	9'344	1'970
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	7'726	8'081	2'326	4'536	13'605	3'286
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	7'967	7'903	3'340	2'063	16'798	4'983
ID_046	Teigling	Fläche pro mg	21	6'889	10'419	10'062	383	35'618	1'870
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'376	1'726	1'339	245	6'721	-257
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'647	1'716	851	633	4'336	488
ID_047	Teigling	Fläche pro mg	21	1'125	1'977	2'158	306	8'604	388
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	975	1'386	1'322	284	6'557	-536
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	877	1'127	703	361	2'677	108
ID_048	Teigling	Fläche pro mg	21	1'556	1'810	977	693	5'360	-151
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	4'554	4'811	1'398	2'693	9'278	114
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	2'962	3'180	1'069	1'768	6'528	220
ID_049	Teigling	Fläche pro mg	21	24'239	24'425	9'840	2'575	43'093	671
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	11'398	10'401	6'319	247	24'313	1'333
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	9'241	9'572	4'252	319	21'733	4'041
ID_050	Teigling	Fläche pro mg	21	630	1'233	1'615	0	7'187	577
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	670	923	654	0	2'398	143
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	508	722	494	0	2'040	252
ID_051	Teigling	Fläche pro mg	21	813	1'306	1'245	0	4'286	-586
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'610	2'918	3'034	447	12'418	715
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'196	1'446	1'574	352	7'943	1'050
ID_052 1,1-dimethyl-Hydrazine	Teigling	Fläche pro mg	21	2'783	3'995	3'703	518	15'717	-43
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	2'268	3'304	3'114	194	11'469	-28
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	578	1'650	2'195	142	7'482	399
ID_053 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde	Teigling	Fläche pro mg	21	0	89	120	0	476	60
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'112	1'871	2'230	77	10'530	-390
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	705	1'157	1'021	137	4'239	789
ID_054	Teigling	Fläche pro mg	21	1'869	2'252	1'753	201	6'464	701
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	815	1'000	1'079	90	4'535	647
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	639	893	998	101	3'886	559
ID_055	Teigling	Fläche pro mg	21	1'573	2'479	3'287	33	14'892	1'243
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'528	2'660	3'176	213	13'417	124
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'008	1'539	1'908	200	9'169	1'012

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12e: Flüchtige Aromakomponenten (ID_056 - ID_068)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_056	Teigling	Fläche pro mg	21	1'550	2'215	1'957	384	9'237	-83
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'262	1'263	448	584	2'102	295
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'590	1'593	782	354	3'026	826
ID_057	Teigling	Fläche pro mg	21	2'503	3'016	2'841	229	12'602	-468
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	190	216	85	94	354	77
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	239	244	73	92	395	68
ID_058	Teigling	Fläche pro mg	21	1'260	2'012	1'963	46	7'473	-72
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	244	1'773	2'596	50	10'056	-1'366
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'001	1'609	1'931	41	6'040	681
ID_059	Teigling	Fläche pro mg	21	1'002	1'692	1'885	81	7'052	362
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	360	611	640	94	2'899	287
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	271	506	532	68	2'348	322
ID_060	Teigling	Fläche pro mg	21	2'372	2'347	958	0	5'434	227
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'191	1'296	342	865	2'211	120
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'142	1'440	1'302	0	5'560	-672
ID_061	Teigling	Fläche pro mg	21	4'241	4'942	2'598	711	9'351	1'967
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	7'724	8'084	2'328	4'538	13'605	3'294
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	7'966	7'899	3'338	2'061	16'771	4'975
ID_062 2-Methylenecyclohexanol	Teigling	Fläche pro mg	21	422	4'064	7'250	226	25'980	4'793
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'682	2'193	1'693	488	6'160	239
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'332	1'918	1'243	546	5'628	405
ID_063	Teigling	Fläche pro mg	21	1'176	1'868	2'134	118	8'947	-417
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	167	222	195	30	794	62
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	155	221	191	37	734	-19
ID_064	Teigling	Fläche pro mg	21	1'171	1'665	1'948	0	7'616	-19
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'947	3'080	3'022	552	13'153	2'923
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'686	2'119	1'204	776	6'335	1'025
ID_065	Teigling	Fläche pro mg	21	1'694	2'051	1'028	733	4'722	163
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'183	1'198	257	746	1'747	78
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	832	844	155	672	1'303	129
ID_066	Teigling	Fläche pro mg	21	4'622	4'558	2'317	834	10'266	904
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	3'618	3'739	1'249	1'545	6'225	739
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	3'375	3'366	1'220	1'058	5'588	1'300
ID_067	Teigling	Fläche pro mg	21	1'292	1'308	380	692	2'135	26
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'447	1'808	1'079	665	5'153	-51
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'255	1'476	716	654	3'707	207
ID_068	Teigling	Fläche pro mg	21	21	325	584	974	30	4'776
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	21	214	267	171	80	693
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	21	174	244	171	61	690

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12f: Flüchtige Aromakomponenten (ID_069 - ID_082)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_069	Teigling	Fläche pro mg	21	21	1'326	1'335	730	168	2'709
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	21	1'363	1'443	596	538	2'859
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	21	1'579	1'595	557	553	2'985
ID_070	Teigling	Fläche pro mg	21	21	1'357	1'331	498	88	2'281
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	21	1'064	1'530	1'673	135	6'753
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	21	874	1'114	1'020	132	4'150
ID_071	Teigling	Fläche pro mg	21	21	1'079	2'003	1'990	198	6'438
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	21	220	212	105	0	409
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	21	266	278	74	148	420
ID_072	Teigling	Fläche pro mg	21	2'142	2'316	691	1'166	3'537	296
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	966	953	609	0	2'323	178
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	684	784	341	268	1'657	369
ID_073	Teigling	Fläche pro mg	21	0	48	115	0	427	-67
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	319	352	220	60	875	-133
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	354	446	437	17	1'937	-217
ID_074	Teigling	Fläche pro mg	21	513	699	816	0	3'602	174
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	726	972	670	341	3'351	327
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	554	707	351	325	1'441	415
ID_075 2-Methoxy-4-vinylphenol	Teigling	Fläche pro mg	21	140	150	57	66	290	-14
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	2'765	3'030	2'002	319	8'191	-1'575
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'446	1'998	1'422	169	6'122	-602
ID_076	Teigling	Fläche pro mg	21	936	1'175	1'080	425	5'791	-271
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	600	689	280	313	1'509	-160
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	989	1'104	428	496	1'901	81
ID_077	Teigling	Fläche pro mg	21	599	697	342	264	1'751	0
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	2'182	2'764	1'493	1'060	6'960	1'886
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'538	2'140	1'399	897	6'758	1'830
ID_079	Teigling	Fläche pro mg	21	3'860	3'719	1'924	601	8'144	478
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	4'903	5'109	2'568	1'565	13'827	-401
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	3'895	3'958	1'459	1'212	7'384	782
ID_080	Teigling	Fläche pro mg	21	438	953	1'370	0	5'881	355
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	137	291	0	1'094	60
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	53	155	0	712	101
ID_081	Teigling	Fläche pro mg	21	6'063	6'624	6'172	0	22'053	318
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	375	550	0	1'775	191
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	154	284	407	0	1'509	244
ID_082	Teigling	Fläche pro mg	21	726	1'209	1'117	144	4'090	-676
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'558	2'450	2'318	370	8'590	711
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'087	1'269	1'214	315	6'032	798

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12g: Flüchtige Aromakomponenten (ID_083 - ID_095)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_083 Butanal	Teigling	Fläche pro mg	21	1'471	1'975	2'233	0	9'178	311
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	317	1'140	1'365	73	3'884	434
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	260	437	686	22	3'278	389
ID_084	Teigling	Fläche pro mg	21	124	283	597	14	2'893	-167
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	88	245	332	31	1'386	-203
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	168	306	374	48	1'609	-164
ID_085	Teigling	Fläche pro mg	21	1'302	1'418	659	566	2'748	4
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	490	511	107	332	688	22
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	507	497	59	382	647	-5
ID_086	Teigling	Fläche pro mg	21	223	590	729	17	2'621	-128
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	77	321	492	7	1'653	171
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	124	355	594	11	2'287	149
ID_087	Teigling	Fläche pro mg	21	1'061	1'191	443	585	2'045	-395
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	545	610	203	336	1'006	35
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	504	534	169	246	881	114
ID_088	Teigling	Fläche pro mg	21	1'545	1'661	899	721	4'937	355
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	935	998	555	264	2'927	326
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	712	828	449	385	2'520	383
ID_089	Teigling	Fläche pro mg	21	2'270	2'422	1'278	497	5'248	53
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	714	877	598	168	2'257	361
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	683	876	653	200	2'717	436
ID_090	Teigling	Fläche pro mg	21	1'784	2'774	2'143	192	7'184	-1'309
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	119	306	372	0	1'248	48
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	113	135	193	0	812	164
ID_091	Teigling	Fläche pro mg	21	0	228	824	0	3'875	489
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	171	262	0	854	204
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	207	250	259	0	934	172
ID_092	Teigling	Fläche pro mg	21	1'437	1'488	369	805	2'313	11
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	621	689	253	363	1'375	69
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	492	470	262	0	1'114	235
ID_093	Teigling	Fläche pro mg	21	42	242	415	14	1'840	-12
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	75	106	103	28	444	40
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	63	91	90	30	404	46
ID_094	Teigling	Fläche pro mg	21	621	1'200	1'461	0	5'765	278
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	522	712	474	191	1'952	270
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	603	654	322	288	1'809	341
ID_095	Teigling	Fläche pro mg	21	1'005	1'133	645	157	2'466	225
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	870	846	286	342	1'241	142
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	944	903	398	223	1'875	309

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12h: Flüchtige Aromakomponenten (ID_096 - ID_108)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_096	Teigling	Fläche pro mg	21	429	550	562	214	3'001	-158
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	308	339	103	187	528	12
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	394	403	115	237	668	13
ID_097	Teigling	Fläche pro mg	21	1'875	2'037	1'678	92	5'375	64
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	35	65	77	0	302	59
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	8	10	10	0	43	8
ID_098	Teigling	Fläche pro mg	21	0	413	750	0	2'568	446
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	820	1'055	751	0	3'105	399
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	762	950	565	338	2'307	323
ID_099	Teigling	Fläche pro mg	21	8'124	7'780	4'105	1'354	15'488	381
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	5'847	8'445	7'279	1'983	28'414	2'173
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	3'247	4'087	3'351	1'940	17'488	2'371
ID_100	Teigling	Fläche pro mg	21	1'378	1'965	1'550	320	6'097	150
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	208	227	116	86	499	6
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	107	118	64	47	322	-12
ID_101	Teigling	Fläche pro mg	21	762	968	732	0	3'097	29
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	457	742	639	0	2'250	-9
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	444	698	584	161	2'023	-131
ID_102	Teigling	Fläche pro mg	21	352	578	621	31	2'591	-69
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	381	515	532	66	2'432	303
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	279	370	380	51	1'845	216
ID_103	Teigling	Fläche pro mg	21	774	981	996	0	3'665	-43
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	748	1'006	679	367	3'353	363
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	619	669	448	0	1'782	484
ID_104	Teigling	Fläche pro mg	21	1'577	2'715	3'465	71	14'766	773
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'528	2'635	3'089	213	12'885	162
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'011	1'538	1'899	203	9'117	1'008
ID_105	Teigling	Fläche pro mg	21	1'897	1'989	843	332	4'000	-83
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	895	1'172	869	269	3'389	578
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	390	529	426	155	2'018	326
ID_106	Teigling	Fläche pro mg	21	45	194	494	0	2'344	266
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	50	53	27	19	138	5
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	41	44	18	20	95	8
ID_107	Teigling	Fläche pro mg	21	0	81	311	0	1'468	193
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	240	380	454	65	2'271	442
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	188	312	418	75	2'108	395
ID_108	Teigling	Fläche pro mg	21	15	14	5	3	23	1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	412	594	556	64	2'549	-260
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	423	535	349	132	1'411	-55

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12i: Flüchtige Aromakomponenten (ID_109 - ID_122)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_109	Teigling	Fläche pro mg	21	129	125	19	70	154	1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	117	117	7	104	141	3
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	140	137	13	108	161	12
ID_110	Teigling	Fläche pro mg	21	61	103	119	0	400	6
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	208	418	482	0	2'073	-127
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	270	329	306	0	1'031	-53
ID_111	Teigling	Fläche pro mg	21	0	31'201	56'491	0	181'108	4'571
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	9'555	12'597	10'853	1'792	38'753	6'459
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	9'829	9'894	5'595	1'573	25'103	2'632
ID_112	Teigling	Fläche pro mg	21	98	108	53	18	220	-2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	257	390	408	26	1'931	-164
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	195	235	152	44	615	28
ID_113	Teigling	Fläche pro mg	21	276	643	964	130	4'182	-57
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	259	416	349	172	1'300	-38
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	257	276	154	148	910	123
ID_114	Teigling	Fläche pro mg	21	545	948	1'016	0	3'594	-139
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	138	178	167	0	649	125
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	14	35	49	0	179	46
ID_115	Teigling	Fläche pro mg	21	353	431	340	39	1'246	116
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	168	219	138	78	622	135
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	170	202	117	73	568	127
ID_117	Teigling	Fläche pro mg	21	1'325	1'521	1'342	43	3'932	-87
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	52	58	33	24	143	17
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	48	49	12	29	80	11
ID_118	Teigling	Fläche pro mg	21	0	8	11	0	33	-3
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	386	500	460	19	1'657	147
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	244	392	367	21	1'230	206
ID_119	Teigling	Fläche pro mg	21	575	672	282	279	1'136	78
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	258	266	60	187	381	9
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	89	96	31	54	178	14
ID_120	Teigling	Fläche pro mg	21	783	796	230	537	1'708	-32
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	535	551	124	338	766	14
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	548	544	64	418	706	-4
ID_121 Acetoin	Teigling	Fläche pro mg	21	12'492	34'845	37'133	649	115'156	5'065
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	10'470	22'155	30'385	0	130'576	13'761
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	14'167	24'490	33'410	1'308	144'372	15'362
ID_122	Teigling	Fläche pro mg	21	325	449	398	0	1'949	-50
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	253	264	69	143	398	-4
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	213	215	51	98	342	0

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12j: Flüchtige Aromakomponenten (ID_123 - ID_135)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_123	Teigling	Fläche pro mg	21	16'133	21'190	21'019	289	67'523	1'723
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	662	831	553	322	2'789	455
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	486	585	266	338	1'453	222
ID_124	Teigling	Fläche pro mg	21	67	138	171	25	622	4
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	317	383	271	70	1'157	-27
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	134	206	167	45	629	95
ID_125 Heptanal	Teigling	Fläche pro mg	21	4'214	85'273	113'011	128	331'627	-837
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'362	1'295	331	679	1'935	-219
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	873	10'330	29'353	374	106'035	6'029
ID_126	Teigling	Fläche pro mg	21	570	633	260	314	1'410	62
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'070	1'121	374	632	2'167	90
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	817	866	366	416	1'780	-28
ID_127	Teigling	Fläche pro mg	21	0	212	578	0	2'699	266
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	170	226	0	806	142
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	91	200	227	0	720	168
ID_128 Furfuryl ethyl ether	Teigling	Fläche pro mg	21	0	191	237	0	710	94
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'111	1'145	384	583	1'960	34
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'000	1'099	410	482	2'010	7
ID_129	Teigling	Fläche pro mg	21	1'733	2'173	2'311	0	7'139	-460
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	53	76	84	0	295	-22
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	19	133	182	0	526	-113
ID_130	Teigling	Fläche pro mg	21	1'319	1'329	725	169	2'694	241
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'363	1'433	585	529	2'751	18
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'571	1'590	555	552	2'969	377
ID_131	Teigling	Fläche pro mg	21	8'299	10'739	12'160	0	48'931	1'704
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	413	860	0	3'182	566
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	299	636	0	2'409	507
ID_132	Teigling	Fläche pro mg	21	60	77	70	0	224	-19
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	364	410	305	90	1'581	-193
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	246	301	204	99	872	151
ID_133	Teigling	Fläche pro mg	21	7'182	18'485	20'669	342	63'860	-2'052
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'200	1'610	1'866	186	8'727	1'208
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	410	780	1'398	158	6'857	859
ID_134 Toluene (Artefakt)	Teigling	Fläche pro mg	21	1'295	2'421	2'480	338	9'266	-1'524
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	955	2'536	3'646	178	14'684	1'556
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	514	968	1'456	0	5'578	-705
ID_135	Teigling	Fläche pro mg	21	101	169	205	0	653	79
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	400	460	350	0	1'598	31
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	347	387	290	0	1'098	256

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12k: Flüchtige Aromakomponenten (ID_136 - ID_149)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_136	Teigling	Fläche pro mg	21	514	582	442	0	1'503	149
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	158	292	347	0	988	151
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	139	281	347	0	1'266	37
ID_137 2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]-Ethanol	Teigling	Fläche pro mg	21	821	7'689	14'000	0	44'926	-2'101
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	439	488	378	0	1'654	34
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	344	364	242	0	928	190
ID_138	Teigling	Fläche pro mg	21	1'927	2'429	1'371	515	5'224	59
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'166	1'237	436	414	2'038	-86
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'458	1'433	756	335	3'144	155
ID_139	Teigling	Fläche pro mg	21	727	1'770	2'065	248	7'441	578
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'267	1'602	1'262	423	6'462	-274
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'505	1'590	810	631	4'042	431
ID_140	Teigling	Fläche pro mg	21	1'276	1'282	722	214	2'905	168
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	712	670	275	248	1'408	123
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	952	953	440	253	2'038	299
ID_141	Teigling	Fläche pro mg	21	28	146	394	0	1'795	212
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	42	131	0	614	86
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	41	135	0	636	98
ID_142	Teigling	Fläche pro mg	21	981	982	218	600	1'428	136
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	756	921	483	464	2'810	313
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	866	1'050	589	581	3'214	282
ID_143	Teigling	Fläche pro mg	21	321	353	275	0	1'030	6
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	311	306	147	0	648	39
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	250	278	150	0	758	88
ID_144	Teigling	Fläche pro mg	21	527	572	462	105	1'905	91
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	212	321	246	142	1'224	184
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	231	251	101	121	534	99
ID_145 Acetonitrile	Teigling	Fläche pro mg	21	1'143	1'541	1'382	309	5'347	221
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	2'569	3'206	2'356	334	10'277	-129
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	2'890	3'068	2'179	179	7'264	-252
ID_147	Teigling	Fläche pro mg	21	1'688	2'248	1'805	335	6'455	708
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'274	1'513	945	672	5'224	-228
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'104	1'166	428	585	2'208	72
ID_148	Teigling	Fläche pro mg	21	1'112	1'634	1'735	251	8'423	69
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'080	1'161	618	367	3'311	59
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'557	1'379	664	237	2'499	568
ID_149	Teigling	Fläche pro mg	21	227	380	327	46	1'075	-57
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	78	76	31	27	138	21
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	80	93	56	16	245	25

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12I: Flüchtige Aromakomponenten (ID_150 - ID_162)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_150	Teigling	Fläche pro mg	21	97	103	57	12	212	5
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	260	371	365	21	1'695	-146
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	183	231	144	39	559	31
ID_151	Teigling	Fläche pro mg	21	13	35	41	0	166	-2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	5	10	0	45	5
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	2	3	0	10	0
ID_152 2-Octanone	Teigling	Fläche pro mg	21	720	2'032	3'776	0	14'825	-2'111
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	884	1'391	1'477	328	7'356	-234
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	670	3'614	6'674	288	23'331	3'232
ID_153	Teigling	Fläche pro mg	21	1'430	1'203	959	0	2'676	23
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	0	0	0	0	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	5	23	0	108	-8
ID_154	Teigling	Fläche pro mg	21	337	426	289	71	1'099	99
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	283	310	161	131	823	-50
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	301	372	187	126	950	0
ID_155	Teigling	Fläche pro mg	21	46	189	301	0	1'317	-9
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	572	574	188	241	1'062	192
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	400	420	162	201	809	98
ID_156	Teigling	Fläche pro mg	21	6'751	8'563	8'144	0	25'416	-2'120
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	622	931	845	0	3'425	595
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	364	586	570	0	2'673	421
ID_157 2-Methylen- cyclohexanol	Teigling	Fläche pro mg	21	626	8'946	16'190	363	57'939	7'093
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	952	2'965	8'472	424	40'801	5'877
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	811	881	335	399	1'926	246
ID_158	Teigling	Fläche pro mg	21	226	260	237	0	1'088	133
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	27	121	0	566	-40
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	25	55	0	199	-7
ID_159	Teigling	Fläche pro mg	21	3'188	3'011	846	1'452	4'483	5
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'946	1'931	580	574	3'219	-300
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	2'004	2'012	676	624	3'276	-122
ID_160	Teigling	Fläche pro mg	21	266	364	377	0	1'263	-93
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	44	173	230	0	840	91
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	15	27	36	0	148	-5
ID_161	Teigling	Fläche pro mg	21	45	64	50	31	267	17
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	47	55	29	31	155	-14
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	49	56	26	34	134	-9
ID_162	Teigling	Fläche pro mg	21	0	556	671	0	2'048	121
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'204	1'312	707	0	3'190	474
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'008	1'144	498	270	2'365	604

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12m: Flüchtige Aromakomponenten (ID_163 - ID_175)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_163	Teigling	Fläche pro mg	21	322	398	271	0	1'197	4
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	356	360	141	142	728	67
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	285	318	155	129	838	139
ID_164	Teigling	Fläche pro mg	21	962	1'349	1'311	0	4'337	-690
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'613	2'922	3'031	425	12'418	723
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'196	1'445	1'574	354	7'946	1'047
ID_165	Teigling	Fläche pro mg	21	1'022	1'672	1'403	32	4'670	13
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	932	1'175	1'085	574	5'853	905
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	654	965	651	367	2'974	20
ID_166	Teigling	Fläche pro mg	21	282	304	125	145	703	1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	225	222	53	143	330	23
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	232	251	87	137	504	98
ID_167	Teigling	Fläche pro mg	21	0	75	147	0	504	18
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	0	0	0	0	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	0	0	0	0	0
ID_168	Teigling	Fläche pro mg	21	160	1'739	5'546	0	25'957	-2'218
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	309	365	249	0	950	99
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	266	277	158	52	746	110
ID_169	Teigling	Fläche pro mg	21	500	582	445	0	1'694	89
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	400	390	274	0	902	224
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	153	207	183	0	594	61
ID_170	Teigling	Fläche pro mg	21	534	502	276	80	984	86
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	174	173	73	58	291	26
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	130	148	82	32	359	40
ID_171	Teigling	Fläche pro mg	21	947	1'749	1'588	0	5'239	-236
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	753	799	422	0	1'698	427
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	532	613	423	0	1'770	378
ID_172	Teigling	Fläche pro mg	21	27	40	37	3	137	-17
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	436	580	516	82	2'548	526
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	320	489	438	106	2'102	542
ID_173	Teigling	Fläche pro mg	21	350	472	401	0	1'282	107
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	400	417	211	0	930	42
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	445	480	217	161	860	31
ID_174	Teigling	Fläche pro mg	21	133	227	227	10	805	-36
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	28	33	35	0	166	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	33	38	23	5	86	-10
ID_175	Teigling	Fläche pro mg	21	0	113	246	0	926	139
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	343	332	172	0	619	71
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	272	210	176	0	473	160

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12n: Flüchtige Aromakomponenten (ID_176 - ID_189)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_176	Teigling	Fläche pro mg	21	262	336	306	0	967	-3
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	36	58	49	21	227	2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	22	52	80	0	381	-7
ID_177	Teigling	Fläche pro mg	21	73	95	59	39	293	-17
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	466	464	160	229	965	-49
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	346	365	134	178	701	-25
ID_178	Teigling	Fläche pro mg	21	748	1'142	1'231	71	5'494	-373
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	408	522	246	242	1'232	31
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	340	378	244	0	1'152	104
ID_179	Teigling	Fläche pro mg	21	243	227	139	27	562	-38
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	60	55	51	0	184	-17
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	32	43	0	165	-13
ID_180 1,1-dimethyl-Hydrazine	Teigling	Fläche pro mg	21	2'725	3'336	2'314	195	7'936	414
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	562	1'289	1'503	197	5'426	153
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	366	693	872	165	3'609	159
ID_181	Teigling	Fläche pro mg	21	573	596	87	358	771	-3
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	700	710	108	536	930	-28
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	783	798	154	569	1'127	4
ID_182	Teigling	Fläche pro mg	21	707	854	578	0	2'255	-346
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	252	237	123	0	457	93
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	369	360	121	0	608	2
ID_183	Teigling	Fläche pro mg	21	266	405	337	103	1'334	17
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	270	334	272	77	1'159	-4
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	198	268	240	0	1'002	198
ID_184	Teigling	Fläche pro mg	21	1'282	1'605	1'384	131	5'864	52
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	281	298	121	175	739	123
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	223	242	103	125	597	119
ID_186	Teigling	Fläche pro mg	21	405	1'179	1'246	193	4'972	23
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	422	466	181	290	1'002	165
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	296	318	132	193	801	178
ID_187	Teigling	Fläche pro mg	21	624	974	1'060	131	4'062	1'205
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'692	1'770	720	423	3'285	40
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'195	1'269	400	514	2'089	55
ID_188	Teigling	Fläche pro mg	21	82	123	115	0	503	-76
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	87	94	57	0	208	45
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	43	50	39	0	169	28
ID_189	Teigling	Fläche pro mg	21	908	897	563	0	2'020	-26
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	575	668	314	0	1'445	180
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	568	589	207	0	925	183

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12o: Flüchtige Aromakomponenten (ID_190 - ID_202)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_190	Teigling	Fläche pro mg	21	333	334	190	38	643	104
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	155	152	61	49	248	27
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	157	159	81	36	327	41
ID_191	Teigling	Fläche pro mg	21	2'857	3'974	4'095	306	18'201	-1'314
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	312	356	289	143	1'592	184
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	316	331	69	216	499	-6
ID_192	Teigling	Fläche pro mg	21	301	399	432	0	1'584	-39
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	370	465	397	0	1'822	179
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	414	477	287	0	1'113	138
ID_193 2-Methylenecyclohexanol	Teigling	Fläche pro mg	21	668	10'668	16'290	299	56'521	13'267
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	459	3'432	8'083	294	33'417	2'678
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	524	5'753	6'731	306	18'586	-4'328
ID_194	Teigling	Fläche pro mg	21	29	30	12	0	55	0
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	98	119	91	0	326	-5
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	97	98	53	30	255	33
ID_195	Teigling	Fläche pro mg	21	0	109	278	0	1'210	115
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	259	220	187	0	520	87
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	175	174	169	0	516	92
ID_196	Teigling	Fläche pro mg	21	23	47	59	0	222	-19
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	70	98	89	24	453	-35
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	57	63	37	14	152	6
ID_197	Teigling	Fläche pro mg	21	145	192	197	35	815	-69
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	97	101	67	35	361	-27
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	81	88	59	34	324	-7
ID_198	Teigling	Fläche pro mg	21	478	705	543	250	2'661	160
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	528	903	946	173	3'587	-220
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	322	660	714	186	2'811	374
ID_199	Teigling	Fläche pro mg	21	194	301	200	76	690	-10
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	150	158	59	68	252	39
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	193	208	87	94	489	21
ID_200	Teigling	Fläche pro mg	21	0	108	191	0	666	30
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	163	140	123	0	536	-80
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	164	154	89	0	351	-22
ID_201	Teigling	Fläche pro mg	21	2'833	3'386	2'361	678	8'059	-460
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	939	909	303	443	1'527	181
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	669	672	301	279	1'636	252
ID_202	Teigling	Fläche pro mg	21	393	571	438	0	1'444	145
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	236	339	204	161	751	-3
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	238	280	164	84	720	62

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12p: Flüchtige Aromakomponenten (ID_203 - ID_215)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_203	Teigling	Fläche pro mg	21	4'203	12'060	12'862	0	39'787	1'680
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	3'631	7'658	10'474	0	44'862	4'699
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4'934	8'515	11'657	236	50'384	5'340
ID_204	Teigling	Fläche pro mg	21	431	435	199	50	979	26
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	336	348	147	100	849	-60
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	265	296	125	119	690	-31
ID_205	Teigling	Fläche pro mg	21	120	120	29	60	194	2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	156	174	88	67	376	-1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	127	160	110	44	422	57
ID_206	Teigling	Fläche pro mg	21	502	507	238	154	973	143
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	215	238	129	81	588	66
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	105	127	76	40	317	48
ID_207	Teigling	Fläche pro mg	21	505	866	791	129	3'072	33
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	342	661	634	76	2'220	-73
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	385	676	607	226	2'136	-136
ID_208	Teigling	Fläche pro mg	21	877	977	734	0	2'556	-208
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	56	175	0	676	61
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	70	219	0	857	210
ID_209	Teigling	Fläche pro mg	21	0	7	9	0	23	1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	73	87	92	0	385	36
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	64	85	77	0	355	56
ID_210	Teigling	Fläche pro mg	21	19	27	19	6	76	7
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	20	26	14	7	55	-7
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	23	25	17	1	72	-2
ID_211	Teigling	Fläche pro mg	21	121	271	375	51	1'538	404
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	322	447	384	118	1'798	73
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	200	292	360	84	1'834	171
ID_212	Teigling	Fläche pro mg	21	0	73	240	0	1'043	219
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	80	289	0	1'328	241
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	55	170	0	648	57
ID_213	Teigling	Fläche pro mg	21	21	25	15	3	63	1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	15	15	6	5	28	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	17	16	6	0	25	1
ID_214	Teigling	Fläche pro mg	21	2'141	1'886	1'336	77	4'718	52
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	948	1'503	1'625	121	6'244	-761
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	670	833	731	96	2'199	-76
ID_215	Teigling	Fläche pro mg	21	3	6	11	0	51	-3
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	5	6	6	0	22	2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	7	10	9	2	31	4

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12q: Flüchtige Aromakomponenten (ID_216 - ID_228)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_216	Teigling	Fläche pro mg	21	134	134	30	64	191	-14
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	82	86	23	52	129	9
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	78	84	30	39	142	25
ID_217	Teigling	Fläche pro mg	21	159	265	301	0	1'186	-141
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	85	128	125	0	404	18
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	102	109	107	0	379	7
ID_218	Teigling	Fläche pro mg	21	733	1'628	1'649	98	4'637	600
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'386	1'872	1'936	58	5'596	1'387
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	3'567	3'022	2'183	64	6'769	2'100
ID_219	Teigling	Fläche pro mg	21	691	1'030	1'138	0	5'047	-351
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	760	975	704	270	2'696	84
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	526	750	499	211	1'917	107
ID_220	Teigling	Fläche pro mg	21	216	224	132	43	510	11
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	178	202	103	73	535	46
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	179	191	93	68	468	59
ID_221	Teigling	Fläche pro mg	21	1'935	2'409	1'579	903	8'407	-797
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'180	1'282	447	443	2'190	18
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	786	867	318	444	1'840	187
ID_222	Teigling	Fläche pro mg	21	19	23	15	4	58	-6
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	12	13	6	0	31	-1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	11	13	9	0	34	4
ID_223	Teigling	Fläche pro mg	21	14	15	10	0	39	3
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	5	6	6	0	19	3
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	6	6	3	0	10	2
ID_224	Teigling	Fläche pro mg	21	13	13	9	0	27	-2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	9	8	5	0	17	-2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	7	8	4	2	17	0
ID_225	Teigling	Fläche pro mg	21	167	391	622	9	2'835	-165
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	57	104	116	0	407	76
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	29	43	56	0	271	38
ID_226	Teigling	Fläche pro mg	21	0	23	41	0	116	6
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	141	138	78	0	295	13
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	85	97	71	0	253	24
ID_227	Teigling	Fläche pro mg	21	0	5	8	0	25	4
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	145	201	156	42	560	32
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	140	170	115	45	476	49
ID_228	Teigling	Fläche pro mg	21	102'332	95'602	64'630	0	183'643	-29'967
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	461	542	231	235	1'103	99
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	294	6'141	26'045	81	122'614	17'666

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12r: Flüchtige Aromakomponenten (ID_229 - ID_242)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_229	Teigling	Fläche pro mg	21	50	51	26	11	109	10
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	133	140	96	20	421	47
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	100	115	74	29	341	71
ID_230	Teigling	Fläche pro mg	21	203	183	119	0	440	89
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	213	174	103	0	300	-28
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	221	202	72	0	308	50
ID_231	Teigling	Fläche pro mg	21	912	1'726	1'637	132	5'228	-457
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	647	1'030	1'070	98	3'206	236
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	302	407	356	75	1'597	32
ID_232	Teigling	Fläche pro mg	21	0	75	176	0	599	16
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	154	262	0	1'166	-39
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	121	148	195	0	871	-13
ID_233	Teigling	Fläche pro mg	21	114	136	73	41	305	6
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	100	104	36	39	171	7
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	116	116	41	47	192	29
ID_234	Teigling	Fläche pro mg	21	362	590	714	0	3'278	-303
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	971	928	232	592	1'423	-167
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	615	567	178	170	806	27
ID_235	Teigling	Fläche pro mg	21	629	651	331	281	1'843	126
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	346	374	195	153	1'081	128
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	234	278	160	114	880	139
ID_236	Teigling	Fläche pro mg	21	68	82	76	0	326	-27
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	82	111	85	16	332	13
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	84	107	74	41	275	37
ID_237	Teigling	Fläche pro mg	21	73	101	95	0	413	-22
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	112	132	65	58	274	14
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	79	107	76	49	403	72
ID_239	Teigling	Fläche pro mg	21	4'118	5'454	5'103	571	21'430	246
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	930	1'211	865	364	4'098	557
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	553	700	530	254	2'674	412
ID_240 Acetic acid	Teigling	Fläche pro mg	21	825	82'260	125'448	225	402'224	-7'878
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	512	35'363	59'994	172	236'338	12'727
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	66'764	71'513	78'830	125	321'198	41'709
ID_241 Heptane	Teigling	Fläche pro mg	21	2'144	2'914	3'324	658	15'809	-24
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	5'556	25'823	31'823	462	105'727	2'616
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	807	2'601	5'470	550	20'816	-2'476
ID_242	Teigling	Fläche pro mg	21	1'477	1'562	916	448	4'938	256
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	940	1'000	556	268	2'933	329
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	709	829	448	385	2'516	382

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12s: Flüchtige Aromakomponenten (ID_243 - ID_256)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_243	Teigling	Fläche pro mg	21	9	13	10	0	36	-4
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	6	7	4	0	13	-2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	6	5	4	0	11	2
ID_244	Teigling	Fläche pro mg	21	97	108	84	0	321	-48
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	61	65	34	15	168	15
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	65	68	30	0	157	21
ID_245	Teigling	Fläche pro mg	21	16'802	21'031	20'792	343	63'847	-5'900
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'561	2'453	2'096	400	8'751	1'518
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	919	1'505	1'455	204	6'889	1'071
ID_246 4,4-dimethyl- 2-Cyclohexen-1-one	Teigling	Fläche pro mg	21	399	564	476	0	1'826	13
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	457	743	684	191	3'145	44
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	158	184	181	0	543	6
ID_247	Teigling	Fläche pro mg	21	12	13	6	0	23	6
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	9	8	4	0	17	-1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4	5	3	0	9	-1
ID_248	Teigling	Fläche pro mg	21	0	57	126	0	482	-40
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	716	752	338	0	1'697	130
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	634	696	311	202	1'338	241
ID_249	Teigling	Fläche pro mg	21	3	4	4	0	20	-2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	2	2	2	0	8	1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1	1	2	0	4	0
ID_250 Toluene (Artefakt)	Teigling	Fläche pro mg	21	3'095	5'872	8'224	411	38'589	2'617
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'830	4'359	5'734	468	23'122	2'990
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'229	1'814	2'206	294	8'775	-901
ID_251	Teigling	Fläche pro mg	21	0	62	133	0	543	-12
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	97	207	0	753	-51
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	57	121	0	428	-86
ID_253 2,3-Butanedione	Teigling	Fläche pro mg	21	16'265	33'066	32'904	662	91'657	2'376
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	18'408	29'053	30'674	2'196	128'850	10'567
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	28'295	40'782	43'152	3'605	176'104	13'653
ID_254	Teigling	Fläche pro mg	21	6	6	4	0	12	1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	6	5	2	0	10	1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	7	7	3	2	13	0
ID_255	Teigling	Fläche pro mg	21	79	162	159	6	525	24
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	7	8	6	0	28	6
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	7	10	11	0	47	1
ID_256	Teigling	Fläche pro mg	21	146	149	67	59	366	-34
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	109	122	81	43	445	-37
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	95	111	44	61	250	-21

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12t: Flüchtige Aromakomponenten (ID_257 - ID_269)

Parameter 1)	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl 2)
ID_257	Teigling	Fläche pro mg	21	927	884	570	0	2'008	52
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	539	554	305	0	1'240	229
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	436	401	231	0	850	261
ID_258	Teigling	Fläche pro mg	21	876	1'473	1'761	0	6'807	497
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	236	293	199	0	804	110
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	225	282	166	103	909	171
ID_259	Teigling	Fläche pro mg	21	5	8	8	0	28	-1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	7	6	4	0	13	3
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	7	7	4	2	15	-1
ID_260	Teigling	Fläche pro mg	21	1'966	2'108	652	1'045	3'172	303
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	842	826	534	0	2'032	158
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	582	586	372	0	1'386	246
ID_261 2-methyl- Propanoic acid	Teigling	Fläche pro mg	21	130	146	48	50	294	3
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	111	291	325	66	1'186	138
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	763	990	620	153	2'135	502
ID_262	Teigling	Fläche pro mg	21	17	23	21	0	95	-6
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	8	10	11	0	55	4
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	6	6	4	0	14	-1
ID_263	Teigling	Fläche pro mg	21	7	9	6	1	21	4
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	6	6	4	1	18	2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	8	9	6	2	29	3
ID_264	Teigling	Fläche pro mg	21	38	45	34	11	152	9
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	159	200	126	35	510	53
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	111	143	106	35	392	62
ID_265	Teigling	Fläche pro mg	21	390	674	546	138	1'886	-205
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	320	324	103	154	685	85
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	205	214	68	121	401	63
ID_266	Teigling	Fläche pro mg	21	187	175	166	0	474	34
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	29	128	0	600	-43
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	22	51	0	196	-15
ID_267	Teigling	Fläche pro mg	21	5	6	5	0	18	-4
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	3	3	2	0	9	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	3	3	2	0	8	-1
ID_268	Teigling	Fläche pro mg	21	3	4	5	0	22	-1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	2	2	1	0	4	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1	2	2	0	8	1
ID_269	Teigling	Fläche pro mg	21	7	6	5	0	17	-2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	5	6	3	0	14	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4	4	3	0	10	2

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12u: Flüchtige Aromakomponenten (ID_270 - ID_283)

Parameter 1)	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl 2)
ID_270	Teigling	Fläche pro mg	21	867	1'066	1'249	0	5'536	436
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	0	0	0	0	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	7	30	0	141	20
ID_271	Teigling	Fläche pro mg	21	6	13	19	0	61	-2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	4	4	4	0	12	-1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4	3	3	0	9	-2
ID_272	Teigling	Fläche pro mg	21	18	67	157	0	748	76
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	84	124	114	0	440	4
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	80	94	84	0	298	26
ID_273	Teigling	Fläche pro mg	21	28	63	93	3	429	-27
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	9	10	8	0	31	3
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	6	8	7	0	27	-2
ID_274	Teigling	Fläche pro mg	21	4	4	3	0	9	1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	3	3	2	0	7	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	5	4	2	0	7	0
ID_275	Teigling	Fläche pro mg	21	0	3	3	0	9	-2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	4	3	2	0	7	1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	2	2	2	0	8	0
ID_276	Teigling	Fläche pro mg	21	479	630	481	0	1'994	216
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	121	167	0	470	-59
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	134	148	0	394	-91
ID_277 2-methyl-1-Propanol	Teigling	Fläche pro mg	21	40'138	47'971	39'135	594	132'043	10'805
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	22'627	27'759	21'030	479	80'440	5'339
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	9'758	14'751	14'082	221	47'308	5'873
ID_278	Teigling	Fläche pro mg	21	4	4	3	0	10	-1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	3	3	2	0	8	-3
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	3	3	3	0	11	2
ID_279	Teigling	Fläche pro mg	21	130	248	292	0	1'140	-114
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	145	140	127	0	495	-48
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	119	106	79	0	247	11
ID_280	Teigling	Fläche pro mg	21	160	208	158	77	726	-96
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	140	187	105	76	438	11
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	114	140	87	62	380	64
ID_281	Teigling	Fläche pro mg	21	11	13	10	0	44	-5
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	8	8	5	0	24	-3
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	12	12	3	5	18	1
ID_283	Teigling	Fläche pro mg	21	0	71	146	0	666	-72
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	223	240	140	70	697	-28
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	195	233	128	43	521	86

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12v: Flüchtige Aromakomponenten (ID_284 - ID_296)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_284	Teigling	Fläche pro mg	21	7	9	10	0	34	6
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	44	69	59	25	260	66
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	42	71	69	21	320	81
ID_285 2-methyl- Propanoic acid	Teigling	Fläche pro mg	21	244	699	930	58	3'114	-686
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	134	872	1'243	67	4'033	532
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	2'479	2'535	1'722	81	5'819	1'126
ID_286	Teigling	Fläche pro mg	21	133	130	69	22	284	24
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	144	141	69	0	367	27
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	131	137	51	61	243	34
ID_287	Teigling	Fläche pro mg	21	4	5	5	0	23	-4
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	3	4	3	0	11	2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	6	6	3	0	11	2
ID_288	Teigling	Fläche pro mg	21	319	650	993	172	4'905	-303
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	973	883	402	124	1'420	85
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	557	533	281	119	1'101	242
ID_289	Teigling	Fläche pro mg	21	4	54	87	0	278	-16
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	72	112	86	22	310	1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	57	76	57	0	228	-12
ID_290	Teigling	Fläche pro mg	21	72	148	176	12	735	-27
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	19	22	16	0	64	2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	9	13	19	0	76	-11
ID_291	Teigling	Fläche pro mg	21	58	60	24	29	145	-5
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	105	102	17	53	123	-2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	92	92	15	67	122	12
ID_292	Teigling	Fläche pro mg	21	152	484	881	14	3'388	270
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	179	173	54	66	279	6
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	121	128	52	45	245	25
ID_293	Teigling	Fläche pro mg	21	0	636	1'734	0	6'021	-828
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	261	240	193	0	547	-72
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	183	187	100	0	424	10
ID_294	Teigling	Fläche pro mg	21	1'173	1'398	1'011	227	3'766	201
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	509	770	901	228	4'449	608
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	420	437	173	189	925	160
ID_295 Pro- panoic acid, 2- hydroxy-, 2-me- thylpropyl ester	Teigling	Fläche pro mg	21	1'640	2'164	1'828	265	7'726	-731
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'623	1'669	823	258	3'049	-471
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	312	439	362	119	1'604	454
ID_296	Teigling	Fläche pro mg	21	1'179	1'349	1'009	228	3'753	268
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	629	855	939	209	4'467	630
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	478	885	996	166	4'602	604

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12w: Flüchtige Aromakomponenten (ID_297 - ID_312)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_297 Cyclopentene	Teigling	Fläche pro mg	21	4'404	8'749	16'080	1'165	78'907	9'426
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'436	1'423	673	656	3'124	361
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'019	1'171	542	437	2'780	439
ID_298 2-methyl-1-Propanol	Teigling	Fläche pro mg	21	365	875	1'200	19	4'496	67
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	129	268	286	54	1'238	192
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	151	196	139	27	578	96
ID_299	Teigling	Fläche pro mg	21	169	248	242	34	1'192	-77
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	139	143	55	55	253	-22
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	179	198	77	52	377	51
ID_300	Teigling	Fläche pro mg	21	1'507	1'825	1'734	0	7'139	82
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	99	141	0	406	96
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	70	134	0	469	8
ID_301	Teigling	Fläche pro mg	21	9	14	12	0	47	0
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	8	9	4	0	18	1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	7	10	7	0	27	-4
ID_303	Teigling	Fläche pro mg	21	103	131	97	11	462	61
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	88	424	983	24	4'504	971
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	65	344	609	23	2'314	621
ID_304	Teigling	Fläche pro mg	21	5'583	6'559	5'748	0	20'866	444
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	439	493	399	0	1'856	226
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	249	352	367	0	1'744	218
ID_306	Teigling	Fläche pro mg	21	59	87	72	0	268	8
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	41	47	22	18	108	-7
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	38	41	24	14	136	15
ID_307	Teigling	Fläche pro mg	21	0	0	0	0	0	0
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	130	167	0	610	-93
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	66	128	0	425	3
ID_308	Teigling	Fläche pro mg	21	91	97	57	0	221	39
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	100	113	73	0	334	14
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	137	114	58	0	226	23
ID_309	Teigling	Fläche pro mg	21	4	4	2	0	12	0
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	2	2	2	0	6	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	2	2	2	0	6	0
ID_310	Teigling	Fläche pro mg	21	321	403	269	0	1'197	1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	356	360	139	137	728	67
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	285	317	154	123	829	137
ID_312	Teigling	Fläche pro mg	21	37	44	20	21	99	5
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	198	209	100	80	449	26
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	163	182	77	77	354	67

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12x: Flüchtige Aromakomponenten (ID_314 - ID_328)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_314 1-Octen-3-ol	Teigling	Fläche pro mg	21	1'782	5'682	11'102	924	46'213	3'449
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	818	2'577	7'511	585	36'151	5'088
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	967	8'616	12'518	499	49'314	6'766
ID_315	Teigling	Fläche pro mg	21	34	33	13	0	55	-3
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	97	119	91	0	329	-2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	111	110	31	63	196	19
ID_317	Teigling	Fläche pro mg	21	2'245	2'886	2'702	217	11'329	105
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	468	524	204	316	1'164	191
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	352	386	177	206	958	198
ID_319	Teigling	Fläche pro mg	21	334	438	361	191	1'915	-123
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	522	516	316	167	1'073	53
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	279	374	217	137	901	221
ID_320	Teigling	Fläche pro mg	21	56	80	90	0	414	-24
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	71	73	30	0	120	25
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	62	50	30	0	92	22
ID_321	Teigling	Fläche pro mg	21	9	11	6	5	22	-1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	10	10	5	2	22	1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	9	9	5	0	22	0
ID_322	Teigling	Fläche pro mg	21	509	852	894	81	3'958	-308
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	111	123	62	0	253	-11
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	171	168	61	0	263	28
ID_323	Teigling	Fläche pro mg	21	9	8	5	0	25	4
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	4	4	4	0	11	4
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	3	4	3	0	11	0
ID_324	Teigling	Fläche pro mg	21	0	115	336	0	1515	176
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	218	215	123	0	503	42
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	182	172	121	0	541	17
ID_325	Teigling	Fläche pro mg	21	58	68	38	23	200	-20
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	49	48	15	14	80	5
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	45	49	19	25	93	27
ID_326	Teigling	Fläche pro mg	21	38	180	317	0	1194	24
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	66	103	116	0	329	53
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	17	34	59	0	268	35
ID_327 Cyclopentene	Teigling	Fläche pro mg	21	1560	3592	6556	370	32108	3738
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	848	7631	11589	230	37038	1128
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	453	623	751	114	3757	17
ID_328	Teigling	Fläche pro mg	21	270	505	549	160	2388	-170
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	212	221	63	104	347	-16
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	195	219	97	106	555	50

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12y: Flüchtige Aromakomponenten (ID_329 - ID_341)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_329	Teigling	Fläche pro mg	21	16	51	64	6	236	-34
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	32	39	24	16	110	-1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	36	36	13	14	62	4
ID_330	Teigling	Fläche pro mg	21	0	37	98	0	453	-36
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	124	125	62	0	261	34
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	99	92	50	0	208	8
ID_331	Teigling	Fläche pro mg	21	1'040	1'018	411	231	1'659	-266
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	431	529	328	180	1'693	-236
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	468	519	315	112	1'468	74
ID_332	Teigling	Fläche pro mg	21	479	1'236	1'194	185	3'995	45
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	356	809	1'064	0	4'777	523
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	216	757	1'111	100	5'102	216
ID_333	Teigling	Fläche pro mg	21	104	118	95	30	473	-45
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	62	65	24	29	128	-2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	50	52	21	10	95	6
ID_334	Teigling	Fläche pro mg	21	30	57	73	0	291	-45
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	27	39	43	0	175	23
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	37	40	28	0	134	21
ID_335	Teigling	Fläche pro mg	21	75	75	52	0	196	-3
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	76	83	56	0	249	11
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	50	67	39	27	183	22
ID_336 Furfural	Teigling	Fläche pro mg	21	230	254	220	0	823	62
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	7'943	13'433	17'762	1'010	84'685	11'208
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4'730	8'025	12'346	1'064	61'237	11'316
ID_337	Teigling	Fläche pro mg	21	189	219	169	0	648	-25
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	23	67	0	289	-8
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	10	35	0	165	-15
ID_338	Teigling	Fläche pro mg	21	39	223	435	0	1'768	-62
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	91	120	98	0	460	3
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	69	78	44	19	224	49
ID_339	Teigling	Fläche pro mg	21	10	14	13	0	55	-5
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	55	55	40	5	208	-19
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	31	35	26	8	139	-8
ID_340	Teigling	Fläche pro mg	21	269	323	229	76	880	-66
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	115	123	71	0	263	-28
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	105	111	71	0	340	29
ID_341	Teigling	Fläche pro mg	21	64	82	57	19	212	-6
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	63	72	34	27	169	-9
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	59	68	30	26	147	19

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12z: Flüchtige Aromakomponenten (ID_342 - ID_355)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_342	Teigling	Fläche pro mg	21	139	144	63	60	374	-31
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	236	238	71	116	394	33
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	212	206	58	103	304	46
ID_343	Teigling	Fläche pro mg	21	7	10	9	0	28	0
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	12	13	9	0	40	-2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	11	13	7	3	29	-1
ID_344	Teigling	Fläche pro mg	21	50	54	23	20	104	-1
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	55	52	21	25	107	-6
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	53	56	23	18	92	6
ID_345	Teigling	Fläche pro mg	21	181	212	190	0	889	60
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	209	257	132	0	617	-87
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	201	208	80	62	334	-24
ID_346	Teigling	Fläche pro mg	21	9	12	11	0	40	0
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	3	4	5	0	16	0
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4	5	5	0	20	0
ID_347	Teigling	Fläche pro mg	21	1'040	1'024	399	354	1'659	-244
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	437	525	328	182	1'737	-249
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	377	498	323	188	1'468	134
ID_348	Teigling	Fläche pro mg	21	26	124	137	0	427	51
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	119	125	126	0	514	82
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	60	85	106	0	425	63
ID_349	Teigling	Fläche pro mg	21	87	123	92	28	425	-66
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	70	76	48	24	171	25
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	37	46	27	22	137	24
ID_350	Teigling	Fläche pro mg	21	15	16	10	0	40	-5
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	8	8	7	0	31	-5
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	15	14	8	0	30	-5
ID_351 Furfural	Teigling	Fläche pro mg	21	61	62	52	0	216	32
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	999	1'813	1'907	76	7'942	-9
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	930	1'718	2'709	87	13'293	2'538
ID_352	Teigling	Fläche pro mg	21	7'080	9'002	8'828	225	29'182	725
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	526	518	216	0	991	121
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	495	529	174	282	986	48
ID_353	Teigling	Fläche pro mg	21	2'957	2'705	2'406	183	8'575	1'036
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	2'187	2'466	922	702	4'041	614
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	1'510	1'645	669	113	3'120	680
ID_355	Teigling	Fläche pro mg	21	50	51	33	0	106	2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	40	38	22	0	79	-1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	42	43	27	0	92	15

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12aa: Flüchtige Aromakomponenten (ID_356 - ID_368)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_356	Teigling	Fläche pro mg	21	234	265	90	162	441	2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	76	81	23	35	132	9
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	77	76	16	40	101	8
ID_357	Teigling	Fläche pro mg	21	105	194	260	0	1'090	-90
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	59	73	60	0	250	-13
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	49	63	50	25	257	10
ID_358	Teigling	Fläche pro mg	21	65	73	48	14	184	4
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	70	100	85	18	360	20
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	44	69	53	16	203	26
ID_359	Teigling	Fläche pro mg	21	2'090	2'232	616	1'122	3'433	257
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	972	1'018	475	0	2'185	234
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	723	817	282	424	1'621	282
ID_360	Teigling	Fläche pro mg	21	210	634	853	7	2'767	-196
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	30	166	386	19	1'617	134
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	32	99	226	14	974	13
ID_361	Teigling	Fläche pro mg	21	3	3	3	0	12	-2
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	4	4	3	0	14	1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4	4	2	0	9	0
ID_362 Hexanal	Teigling	Fläche pro mg	21	1'384	5'146	7'054	310	25'658	1'343
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	1'157	1'534	1'367	742	7'364	967
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	759	720	296	273	1'303	310
ID_363	Teigling	Fläche pro mg	21	25'880	26'480	10'247	2'529	45'620	-334
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	11'954	10'199	6'742	282	25'775	2'385
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	9'678	9'572	3'500	323	14'921	2'650
ID_364	Teigling	Fläche pro mg	21	0	64	134	0	446	-96
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	100	167	240	0	1'063	150
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	64	170	0	791	134
ID_365	Teigling	Fläche pro mg	21	1'491	2'424	2'736	0	12'260	-905
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	454	769	829	0	2'609	56
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	284	583	701	0	2'517	25
ID_366	Teigling	Fläche pro mg	21	46	55	28	29	149	-16
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	38	39	16	0	78	-2
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	45	48	20	21	87	30
ID_367	Teigling	Fläche pro mg	21	49	53	28	15	108	-18
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	38	39	21	0	101	11
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	41	44	16	21	91	16
ID_368	Teigling	Fläche pro mg	21	11	20	24	3	116	-6
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	7	8	4	3	21	1
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	4	5	4	0	11	1

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 -10 % Weizenmehl (N = 14)

Tabelle 12ab: Flüchtige Aromakomponenten (ID_370 - ID_381)

Parameter ¹⁾	Probematerial	Einheit	N	Median	Mittelwert	s _x	Minimum	Maximum	Roggenmehl ²⁾
ID_370	Teigling	Fläche pro mg	21	518	969	987	98	4'392	299
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	246	327	294	112	1'570	243
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	194	244	256	79	1'357	201
ID_371	Teigling	Fläche pro mg	21	0	125	202	0	640	215
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	83	142	0	442	92
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	53	110	0	377	94
ID_372	Teigling	Fläche pro mg	21	65	61	22	0	106	10
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	106	110	37	64	241	-10
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	98	101	17	73	141	9
ID_373	Teigling	Fläche pro mg	21	1'439	2'219	2'442	345	11'105	635
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	533	513	269	0	1'017	261
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	795	794	237	203	1'292	80
ID_375	Teigling	Fläche pro mg	21	125	212	304	0	1'364	108
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	194	215	149	0	678	-24
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	137	148	138	0	498	41
ID_376	Teigling	Fläche pro mg	21	59	66	40	0	150	18
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	69	80	43	27	245	-16
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	68	70	20	41	125	4
ID_377	Teigling	Fläche pro mg	21	27	39	44	0	217	-17
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	52	62	30	23	136	31
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	62	64	26	23	124	26
ID_378	Teigling	Fläche pro mg	21	26	122	134	0	417	52
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	142	134	140	0	608	105
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	72	97	101	0	400	45
ID_380	Teigling	Fläche pro mg	21	45	58	46	8	167	-15
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	24	26	21	0	88	-9
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	24	33	23	0	98	7
ID_381	Teigling	Fläche pro mg	21	0	168	324	0	1'236	13
	Brot, 1-3 Tage	Fläche pro mg	21	0	28	126	0	591	-42
	Brot, 8-10 Tage	Fläche pro mg	21	0	0	0	0	0	0

1) es können mehrere Spezies zur selben Komponente gehören

2) Mittelwert bei Verwendung von 100 % Roggenmehl (N = 7) minus Mittelwert mit Zusatz von 8 - 10 % Weizenmehl (N = 14)