



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften  
Lebensmitteltechnologie

# **Herstellung eines klassischen Hefekuchens mit den Zuckeraustauschstoffen Xylit und Erythrit**

Bachelorarbeit

Datum: 26.10. 2021

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2021-0052-7

Verfasser: Isabel Eleanor Jantz

Betreuer: Herr Prof. Dr. Meurer

Herr Prof. Dr. Meier

**Abstract**

The aim of the work is to produce a yeast cake with the sugar ingredients xylitol and erythritol, which differs little to no from a classic yeast cake.

makes a difference. Particular attention is paid in this work to the tanning, the sweetness, the mouthfeel and the volume of the biscuits. Five different cakes are baked for this. The yeast cake with only sugar serves as a reference to measure the similarity of the other four yeast cakes. Two yeast cakes are baked exclusively with the sugar substitutes xylitol and erythritol and two with 75% of the sugar substitutes and 25% sugar. The above-mentioned characteristics are investigated by physical and sensory methods. It turned out that the yeast cake with xylite and a small amount of sugar hardly differs from the classic yeast cake. This is particularly evident in the physical analysis of the baking volume and in the sensory method Napping with UFP. In contrast, the yeast cake with erythritol was very different from the classic yeast cake. Thus, it can be said that the safe sugar substitute xylitol in combination with a low percentage of sugar, is very suitable for the production of yeast cakes.

## Inhaltsverzeichnis

I Abbildungsverzeichnis	4
II Tabellenverzeichnis	4
III Abkürzungsverzeichnis .	4
1 Einleitung	5
2 Grundlagen der Wissenschaft und Technik	6
2.1 Zucker	6
2.1.1 Allgemein	6
2.1.2 Eigenschaften	6
2.1.3 Ernährungsphysiologische Bedeutung	7
2.1.4 Backtechnische Bedeutung	7
2.2 Xylit	8
2.2.1 Allgemein	8
2.2.2 Eigenschaften	8
2.2.3 Ernährungsphysiologische Bedeutung	9
2.3 Erythrit	10
2.3.1 Allgemein	10
2.3.2 Eigenschaften	10
2.4 Backhefe	11
2.4.1 Allgemein	11
2.4.2 Vermehrung und verstoffwechselbare Nährstoffe der Hefe	12
2.4.2 Bedeutung beim Backen	13
2.5 Mittelschwere Hefeteige	14
2.5.1 Allgemein	14
2.5.2 Führungsmerkmale	14
3 Material und Methoden	16
3.1 Grundrezept des Hefekuchens	16
3.2 Geräte und Rohstoffe	17
3.3 Versuchsdurchführung Hauptversuche	19
3.4 Untersuchungsmethoden	20
3.4.1 Gebäckvolumen	20
3.4.2 Farbmessung	21
3.4.3 Einfach beschreibende Prüfung (DIN 10964-2014)	21

3.4.4 Napping mit UFP	22
4 Ergebnisse und Diskussion	22
4.1 Gebäckvolumen	22
4.2 Farbmessung	24
4.3 Sensorik	25
4.3.1 Einfach beschreibende Prüfung	25
4.3.2 Napping mit UFP	31
5 Diskussion und Fazit der Arbeit	33
6 Zusammenfassung	35
7 Literaturverzeichnis	35
8 Anhang - Sensorikbogen	38

## I Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Messpunkte für die Messung der Kuchenhöhe .....	20
Abbildung 2: Gebäckvolumen im Vergleich.....	24
Abbildung 3: Graphische Darstellung der analysierten Daten aus Napping mit UFP.....	31

## II Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Rezeptur Hefekuchen (Zutaten).....	16
Tabelle 2: Geräte und Rohstoffe.....	17
Tabelle 3: Backversuchsplan mit verschiedenem Zuckergehalt und Zuckeraustauschstoff Gehalt.....	20
Tabelle 4: Durchschnittliche Kuchenhöhe.....	23
Tabelle 5: Farbmesswerte L*a*b*-Farbbaum.....	24
Tabelle 6: Beschreibung der verschiedenen Kuchen.....	25
Tabelle 7. : UFP-Attribute.....	32

## III Abkürzungsverzeichnis .

DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
UFP	Ultra Flash Profiling
Hrsg.	Herausgeber
Bzw.	beziehungsweise
z.B.	zum Beispiel
v.a.	vor allem

## 1 Einleitung

In der heutigen Zeit ist der Zuckerkonsum in Deutschland, im Vergleich zu den empfohlenen Werten von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE), um ca. 25 % zu hoch. Die empfohlene Menge an Zucker pro Tag beträgt maximal 10 % der Gesamtenergiezufuhr. Die Einnahme von Zucker dient dem Körper zwar als Energielieferant, jedoch führt ein übermäßiger Verzehr von zuckerhaltigen Lebensmitteln, vor allem zuckerhaltige Getränke, zu einem erhöhten Körpergewicht und daraus folglich einem erhöhten Risiko, an bestimmten Krankheiten zu erkranken wie z.B. Diabetes mellitus Typ 2. Es wird von der DGE empfohlen, den Zucker im Allgemeinen einzusparen. (DGE; 20.12. 2018)

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um Zucker einzusparen. Die einfachste Möglichkeit ist der Verzicht bzw. eine starke Reduzierung von zuckerhaltigen Lebensmitteln. Zuckerhaltige Getränke können z.B. durch Wasser oder ungesüßten Tee ersetzt werden. Eine andere Möglichkeit ist es, den Zucker in z.B. Backwaren zu reduzieren. Allerdings geht dies immer mit einer Minderung der Süße einher. Um dies zu umgehen und so eine gleichbleibende Süße zu bewahren, können Süßstoffe oder Zuckeraustauschstoffe wie Xylit oder Erythrit verwendet werden. Es ist darauf zu achten, inwieweit die Zuckeraustauschstoffe die anderen Zutaten der Lebensmittel beeinflussen.

In dem Fall für die Herstellung von Hefekuchen ist zu beachten, dass Hefen nicht alle Zuckeraustauschstoffe wie Xylit und Erythrit verwerten können. Daraus folgt, dass der Hefeteig bei einer direkten Teigführung, also der gleichzeitigen Verarbeitung aller Zutaten ohne Vorteig und einer durchschnittlich üblichen Gärzeit nicht optimal aufgeht.

Ziel der Arbeit ist es, einen Hefekuchen mit den Zuckerausstoffen Xylit und Erythrit herzustellen, welcher sich von einem klassisch hergestellten Hefekuchen kaum bis gar nicht unterscheidet. Ein besonderes Augenmerk wird bei dieser Arbeit auf die Bräunung, die Süße, das Mundgefühl und das Gebäckvolumen gelegt.

## 2 Grundlagen der Wissenschaft und Technik

### 2.1 Zucker

#### 2.1.1 Allgemein

Zucker ist die allgemeine Bezeichnung von dem in fast allen Pflanzen vorkommenden Kohlenhydrat Saccharose und wird v.a. aus Zuckerrohr oder Zuckerrüben gewonnen. Dabei weist Zuckerrohr einen Zuckergehalt von 11 - 16% und die Zuckerrübe einen Zuckergehalt von 14 - 19% auf. Neben den eben genannten Pflanzen wird Zucker ebenfalls aus Ahornbäumen, in kristalliner Form oder in Form eines Sirups sowie aus bestimmten Palmarten, Zuckerhirse und Datteln gewonnen. Allerdings haben diese Produkte nur eine begrenzte Bedeutung in der Industrie, v.a. als Spezialitäten.

Es macht kaum bis keinen Unterschied, ob Zucker aus Zuckerrüben oder Zuckerrohr verwendet wird, da beide kristallinen Zucker die gleichen chemischen und physikalischen Eigenschaften aufweisen.

Zucker wird in vielen Bereichen der Lebensmittelindustrie verwendet, z.B. bei der Backhefenvermehrung, Synthese von Aminosäuren, Zitronensäureherstellung, Alkoholfermentation, als Rohstoff und Energielieferant und z.B. bei der Teiglockerung, Sauerteigerherstellung, Sauerkrautgärung, als Substrat. (Hrsg.: von Rymon Lipinski, H. Schiweck; 1990)

Je nach Kristallgröße wird Zucker in folgende Arten eingeteilt: Kandiszucker (grob), Hagelzucker (mittel), Kristallzucker (fein) und Puderzucker (Puder). (Schünemann, Treu 2005)

#### 2.1.2 Eigenschaften

Zucker (Saccharose) setzt sich aus den Monosacchariden D-Glucose und D-Fructose zusammen und ist somit chemisch gesehen ein nicht reduzierendes Disaccharid. Die D-Glucose und die D-Fructose sind  $\alpha$ -1,2-glycosidisch miteinander verknüpft. Daraus leitet sich die systematische Bezeichnung  $\alpha$ -D-Glucopyranosido- $\beta$ -D-Fructosefuranosid, für Saccharose, ab. (Reicher, Januar 2015)

Saccharosekristalle sind farblos, transparent und erscheinen durch Lichtbrechung erst weiß, zudem sind sie leicht in Wasser löslich. In höheren Konzentrationen bildet Saccharose einen viskosen leicht übersättigten Sirup.

Enzymatische Spaltung von Zucker erfolgt sowohl von  $\alpha$ -Glucosidase als auch von  $\beta$ -Fruktosidase. Von entscheidender Bedeutung für die Bräunung und Aromabildung in der Lebensmittelherstellung ist die teilweise Hydrolyse der Saccharose in ihre Bestandteile.

Für die Haltbarkeit, Textur, Stabilität, Wasseraufnahme und -abnahme in vor allem wasserarmen Lebensmitteln ist von entscheidender Bedeutung, ob die Saccharidlösungen in eben diesen Lebensmitteln unter- bzw. übersättigt sind.

Die Süßkraft von Zuckerlösungen wird als Referenzprobe für den Süßkraftvergleich für andere Süßungsmittel verwendet, da Zucker schon historisch bedingt als Inbegriff der "Süße" gilt und das Geschmacksbild "süß" prägt. Die Süßkraft ist dabei kein absoluter Wert und wird von dem Alter der Konsumenten und wie die Verzehrttemperatur, der pH-Wert, das Säure-Zucker-Verhältnis, der CO<sub>2</sub>-Gehalt und die Konsistenz des Produktes beeinflusst.

( Rymon Lipinski und Schiweck, 1990)

### **2.1.3 Ernährungsphysiologische Bedeutung**

Im Laufe des letzten Jahrhunderts wurde Zucker von einem Genussmittel, welches nur für wenige zugänglich war, zu einem Grundnahrungsmittel für alle. Zucker in Maßen, d.h. weniger als 10 % der täglichen Gesamtenergiezufuhr, bringt gesundheitliche Vorteile, da Zucker leicht von dem Körper gespalten werden kann und die daraus gewonnene Glucose in den verschiedenen menschlichen Zellen zur Energiegewinnung verwendet wird. Zusätzlich wird nicht verwendete Glucose als Energiereserve im Körper gespeichert. Bei einem übermäßigen Konsum von Zucker wirkt sich dies negativ auf den menschlichen Körper aus. Bei länger erhöhter Aufnahme von Zucker und das daraus resultierende erhöhte Körpergewicht erhöht sich das Risiko einer Stoffwechselerkrankung, z.B. Diabetes mellitus Typ 2, zu bekommen. Neben diesem Nachteil wirkt sich ein erhöhter Zuckerkonsum negativ auf die Zahngesundheit aus, da der Zucker im Zahnbelag eindringt und für die Kariesbakterien ein sehr guter Energielieferant ist, mit dem sie sich schnell vermehren. (M. Reicher; Januar 2015)

### **2.1.4 Backtechnische Bedeutung**

Die Verwendung von Zucker in der Backbranche dient v.a. der Geschmacksgebung, der Gebäckbräune und dem Aussehen der Gebäcke (als Dekor).

Neben diesen Eigenschaften wirkt sich Zucker in Hefeteigen zudem auf das Gärverhalten und Teigelastizität, somit auch auf die Gebäckqualität aus.

Die Teigelastizität nimmt dabei mit steigendem Zuckeranteil ab und wird plastischer (=formbarer).



Außerdem werden die Teige weicher und sie reifen langsamer, wenn der Zuckeranteil steigt. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, muss der Zugussanteil entsprechend verringert und für eine optimale Teigreife die Teigruhe entsprechend verlängert werden. (Schünemann und Treu, 2005)

## **2.2 Xylit**

### **2.2.1 Allgemein**

Der Zuckeraustauschstoff Xylit ist ein Zuckeralkohol mit 5 Kohlenstoffatomen (Pentit). Er kommt in vielen Früchten und Gemüsesorten in der Natur vor. Die höchsten Xylitgehalte haben Reineclauden mit 935mg/100g Trockensubstanz und Erdbeeren mit 362mg/100g Trockensubstanz. Zudem wird Xylit als Zwischenprodukt des Stoffwechsels der Glukose im Menschen gebildet.

In der Industrie wird Xylit aus pflanzlichem Material mit einem hohen Gehalt an Xylit gewonnen. Als Hauptrohstoff dient v.a. Birkenholz. Daneben werden noch Mandel- und Nussschalen, Stroh und Maisspindeln als Rohstoff verwendet. (Rymon Lipinski und Schiweck, 1990) Xylit kann durch die kostspielige und aufwendige chemische Hydrolyse oder durch biotechnologische Hydrolyse, welche landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Abfälle nutzt, gewonnen werden. (Ur-rehman; Mushtaq; Zahoor ;Jamil und Murtaza, 2015)

Anwendung findet Xylit in der Lebensmittelindustrie v.a. als Zuckeraustauschstoff, z.B. bei der Kaugummiherstellung. Im Allgemeinen ist der Austausch bei der Herstellung von Produkten unproblematisch, einzig bei einigen spezifischen Eigenschaften von Xylit, wie niedriger Schmelzpunkt und die damit verbundenen starken Kristallisationsneigungen könnten bei der Herstellung z.B. von Hartbonbons zu Schwierigkeiten führen. (Rymon Lipinski und Schiweck, 1990)

### **2.2.2 Eigenschaften**

Der chemische Name von Xylit, ein weißes, kristallines und geruchloses Pulver, welches nur schwach hygroskopisch ist, ist Xylopentan-1,2,3,4,5-pentol. Gegenüber Belastungen in den Prozessen der Lebensmittelindustrie wie Licht-, Luft- und Wärmeeinfluss, auch in wässriger Lösung erweist sich Xylit außerordentlich stabil. ( Rymon Lipinski und Schiweck, 1990) Im Vergleich zur Saccharose hat Xylit eine geringere Wasseraktivität. Diese Eigenschaft führt zu einer mikrobiellen Stabilität und Haltbarkeit eines Produkts. ( Winkelhausen, Jovanovic-Malinovska, Velickova und Kuzmanova, 2007 )

Der Zuckeraustauschstoff bildet keine gefärbten Verbindungen beim Erhitzen oder Lagern in Gegenwart von Aminosäuren und Proteinen, da Xylit an der Maillard-Reaktion nicht beteiligt ist. Ebenso zeigt Xylit keine Hydrolyseerscheinungen bei Einwirkung von Säuren.

Die meisten Mikroorganismen wie u.a. Hefe und *Streptococcus mutans*, können Xylit nicht vergären. Dadurch hat der Zuckeraustauschstoff eine antikariogene Wirkung.

Die Süßkraft von Xylit ist mit der von Saccharose gleichgestellt, d.h. es sind keine degustativen Unterschiede zu finden. ( Rymon Lipinski und Schiweck, 1990)

Der Zuckeraustauschstoff weist beim Verzehr einen kühlenden Effekt und ein Nachgeschmack auf, letzteres nimmt bei der Lagerung ab, bis keine negative Beeinflussung wahrnehmbar ist (Rode, 2018) Die Energie, welche der Körper von Xylit gewinnen kann, beträgt 10 kJ/g, was 60% der Energie von Saccharose ausmacht. (Winkelhausen, Jovanovic-Malinovska, Velickova und Kuzmanova, 2007)

### **2.2.3 Ernährungsphysiologische Bedeutung**

Xylit wird vom Körper nur langsam resorbiert. Dabei erfolgt die Verwertung großer Mengen v.a. in den tieferen Darmabschnitten. So erhöht Xylit nur unwesentlich den Blutzuckerspiegel und damit verändert sich die Blutzuckerkonzentration nur insignifikant. Somit kann der Zuckeraustauschstoff ebenfalls Bestandteil einer Diabetesdiät sein, da bei dieser besonders darauf zu achten ist, dass der Blutzuckerspiegel sich nicht belastend anhebt.

Xylit findet auch Anwendung in der parentalen Ernährung, da der Zuckeraustauschstoff schnell umgesetzt und kalorisch verwertet werden kann. Somit steht sein Energiegehalt schnell zur Verfügung. Zudem hat Xylit eine sehr hohe Umsetzungsrate gegenüber Mono- und Disacchariden. (Rymon Lipinski und Schiweck, 1990)

Außerdem findet der Zuckeraustauschstoff Anwendung bei posttraumatischen oder postoperativen Zuständen, sollte eine effiziente Verwertung von Glukose gehemmt sein und zur Behandlung bei einer Stoffwechselstörung der Lipide.

Xylit weist eine anabolische Wirkung auf und wird aufgrund dessen bei katabolen Störungen angewendet. Wird Xylit regelmäßig eingenommen, begrenzt dieser die Fettleibigkeit. Der Zuckeraustauschstoff zählt zu den präbiotischen Stoffen und kann somit das Wachstum von gesundheitsfördernden Bakterien, u.a. *Bifidobakterien* und *Laktobazillen*, im Dickdarm fördern.(Ur-rehman; Mushtaq; Zahoor ;Jamil und Murtaza, 2015)

Durch die antikariogene Wirkung von Xylit, trägt dieser zur Zahngesundheit bei und wird u.a. in Zahnpasta verwendet.

Xylit hat keine toxischen Nebenwirkungen, jedoch kann es bei Verzehr von mehr als 50-70g pro Tag abführend wirken. Bei der Darreichungsform in wässriger Lösung liegt die Toleranzgrenze niedriger. (Rymon Lipinski und Schiweck, 1990)

## **2.3 Erythrit**

### **2.3.1 Allgemein**

Der Zuckeraustauschstoff Erythrit ist wie Xylit ein Zuckeralkohol. Natürlicherweise kommt Erythrit in geringen Mengen in einigen Obstsorten, z.B. Birnen und Weintrauben, in fermentierten Lebensmitteln, z.B. Sojasoße und Bier, in Pilzen und Käse vor.

Erythrit ist ein körpereigener Stoff, welcher vom Körper selber hergestellt wird. (Müller, 2021) In der Regel wird der Zuckeraustauschstoff in der Lebensmittelindustrie mittels Fermentation gewonnen. (Lin et al. 2010)

Anwendung findet Erythrit als Zuckeraustauschstoff sowie als Geschmacksverstärker und Trägerstoff in einer Vielzahl von Produkten wie Süßwaren, Milcherzeugnissen und Fruchtzubereitungen. (Müller, 2021) Die Gewinnung von Erythrit erfolgt durch Fermentation. (Roder, 2018) Auf der Zutatenliste wird Erythrit mit der E-Nummer E968 gekennzeichnet. (Müller, 2021)

### **2.3.2 Eigenschaften**

Der chemische Name von Erythrit, ein weißes, kristallines, nicht hygroskopisches und hitzebeständiges Pulver, ist meso-1,2,3,4-Butantetrol (KoRo Handels GmbH, 2019)

und weist am zweiten und dritten Kohlenstoffatom eine unterschiedliche räumliche Anordnung der Hydroxygruppen auf. Erythrit ist optisch inaktiv, da das Molekül spiegelsymmetrisch aufgebaut ist und die Spiegelachse zwischen dem zweiten und dritten Kohlenstoffatom schneidet. (die Chemie Schule)

Erythrit ist nur mäßig in Wasser löslich und kristallisiert bei mehr als 30% Erythrit im Rezept aus. Zudem hat der Zuckeraustauschstoff beim Verzehr einen kühlenden Effekt im Mund.

Die Süßkraft von Erythrit beträgt zwischen 50 und 70% im Vergleich zur Saccharose. Somit wird mehr von dem Zuckeraustauschstoff benötigt, um eine gleiche Süße zu erreichen. (Müller, 2021) Gegenüber Hitzeeinwirkung ist der Zuckeraustauschstoff Erythrit stabil und seine Süßkraft bleibt unverändert.

Erythrit zieht kein Wasser an, wodurch es bei der Lagerung zu einer schnelleren Austrocknung führt. (Lin et al. 2010)

Erythrit nimmt wie Xylit durch die fehlende Aldehyd-Gruppe nicht an der Maillard-Reaktion teil. (Roder, 2018)

### 2.3.3 Ernährungsphysiologische Bedeutung

Erythrit hat lediglich 0,2 kcal pro 100g und ist beinahe kalorienfrei und weist eine hohe Magen-Darm-Toleranz auf. Bei einer Aufnahme ab ca. 100g pro Tag wirkt Erythrit abführend. Der Zuckeraustauschstoff wird beinahe vollständig über den Dünndarm aufgenommen und beinahe unverändert von Körper wieder ausgeschieden. Nur ein geringer Prozentsatz wird im Dickdarm durch Darmbakterien fermentiert und kann Magen-Darm-Probleme auslösen. Erythrit kann von dem meisten Mikroorganismen nicht verstoffwechselt werden und hat somit eine antikariogene Wirkung, d.h Erythrit reduziert (wie Xylit) Zahnbelag, die Anzahl von *Streptococcus mutans* und das Auftreten von Karies sowie Zahnbelagsäuren werden neutralisiert.

Durch die antioxidative Wirkung von Erythrit kann es die Funktionen des Endothels bei Diabetes Typ 2 verbessern. Der Zuckeraustauschstoff kann demzufolge in der Diabetikerdiät eingesetzt werden. ( Müller, 2021)

## 2.4 Backhefe

### 2.4.1 Allgemein

Hefen gehören zu den niederen Pilzen ( Schünemann und Treu, 2005), den *Ascomycetes* (Schlauchpilze) (Bergander, 1967) und werden den pflanzlichen Kleinstlebewesen zugeordnet. Sie kommen auf der Erdoberfläche, in Gewässern sowie auf allen lebenden Stoffen vor. Zu erkennen sind Hefen u.a. dadurch, dass Speisereste oder Säfte beginnen zu gären und schließlich zu verderben. ( Schünemann und Treu, 2005) Den Winter verbringen sie in den obersten Bodenschichten. Dorthin gelangen sie durch Regenwasser, abfallenden Blättern und Früchten. Von dort gelangen die Hefezellen in der warmen Jahreszeit durch Insekten oder dem Wind wieder auf Pflanzen bzw. werden weite Strecken transportiert.( Bergander, 1967) Bei einer 900fachen Vergrößerung sind die einzelnen ovalen, durchscheinend farblose Hefezellen sichtbar. ( Schünemann und Treu, 2005) Ein wichtiges Merkmal von Hefen ist, dass sie alle kein Chlorophyll enthalten, wodurch sie keine Photosynthese betreiben können. Sie haben eine heterotrophe Lebensweise.

(Bergander, 1967) Deswegen verwertet Hefe Zuckerstoffe in Alkohole und Kohlenstoffdioxid. Diese Eigenschaften der Hefe werden je nach Einsatzgebiet speziell gezüchtet, welche als Kulturhefen bezeichnet werden. Zu den Kulturhefen zählen die Bier-, Wein- und Backhefen. ( Schünemann und Treu, 2005)

#### **2.4.2 Vermehrung und verstoffwechselbare Nährstoffe der Hefe**

Der Beginn und das Ende der Vermehrung von Hefen ist abhängig von bestimmten Entwicklungsstadien und somit zeitlich begrenzt.( Bergander, 1967) Sie findet bei günstigen Bedingungen durch Sprossung statt. ( Schünemann und Treu, 2005) Dabei kann eine Hefezelle mehrfach sprossen und es können Sproßverbände entstehen. Bei der Backhefegärung liegen eher kleinere Sproßverbände mit höchstens drei zusammenhängenden Zellen vor. Der Grund dafür ist eine stärkere Belüftung, wodurch Zellverbände frühzeitig zerfallen.( Bergander, 1967) Bei ungünstigen Bedingungen entstehen Sporen. Die Sporen sichern das Überleben der Hefezellen, da sie selbst bei extremem Klima im trockenen Zustand ihre Keimfähigkeit behalten und damit eine unbegrenzte Lebensdauer haben.

Zum Vermehren und Überleben braucht Hefe bestimmte Nährstoffe wie Zuckerstoffe, Aminosäuren, Eiweißstoffe, Vitamine und Mineralstoffe. ( Schünemann und Treu, 2005) Die Zuckerstoffe, wie Saccharose, zählen zu den wichtigsten Kohlenstoffquellen einer Hefezelle, da diese auf eine Zufuhr organischen Kohlenstoffs angewiesen ist und können von ihnen mit am besten verwertet werden. An zweiter Stelle folgt Maltose. Dagegen können Hefezellen z.B. Stärke oder auch andere Polysaccharide nicht ohne weiteres verwerten, zum einen wegen ihrer Molekülgröße und zum anderen durch fehlende Enzyme, welche zur Spaltung benötigt werden. Die Verwertung erfolgt entweder anaerob als Gärung oder aerob als Atmung. Der wichtigste Bestandteil der notwendigen Aminosäuren ist der Stickstoff, welcher zum Zellaufbau benötigt wird. Zu den für Backhefe verwertbaren Stickstoffquellen gehören : Inosit, Pantothensäure und Biotin. Diese sorgen zudem für ein optimales Wachstum der Zelle. Bei Mineralstoffen spielen in der industriellen Verwendung und Produktion von Hefen besonders Phosphor, Kalium, Magnesium, Schwefel und Eisen eine wichtige Rolle.(Bergander, 1967) Daneben braucht Hefe Wasser und Wärme sowie Sauerstoff, welcher für die Verwertung von Nährstoffen benötigt wird.

Bei verschiedenen Temperaturen finden unterschiedliche Prozesse bei den Hefezellen statt. So vermehrt sich Hefe bei Temperaturen von 20-27 °C optimal, und bei Temperaturen von 27-38 °C findet vermehrt Gärung bei der Hefe statt. (Schünemann und Treu, 2005) Dadurch liegt eine bessere Teigaufgehfähigkeit und Maltaseaktivität gegenüber niedrigen und höheren Temperaturen vor. (Angelov, Hristozova und Roshkova, 1997) Dagegen zeigen Hefezellen bei Temperaturen von über 38 °C und unter 20 °C kaum Lebensäußerung. Bei Temperaturen über 60 °C sterben Hefezellen ab, dagegen zeigen sie bei Temperaturen von -20 °C keine Lebensäußerungen, können jedoch diese mehrere Wochen überstehen. (Schünemann und Treu, 2005)

Hefezellen sind bei - 10 °C empfindlicher gegenüber Lagerschäden als bei - 80 °C. Bei Temperaturen von -80°C weisen sie eine höhere Wachstumsfähigkeit als bei - 10 °C auf. (Stecchini, Maltini, Venir, Del Torre und Prospero, 2002)

Energie gewinnt Hefe zum einen durch Zuckerveratmung, wenn ausreichend Sauerstoff zur Verfügung steht und eine Temperatur von weniger als 26°C vorliegt. Bei der Zuckerveratmung wird die gesamte Energie des Zuckers verwertet, und es entsteht Kohlenstoffdioxid und Wasser. Zum anderen gewinnt Hefe Energie über die alkoholische Gärung, wenn kaum bzw. kein Sauerstoff zur Verfügung steht.

Der entstandene Alkohol verdunstet zum Teil beim Backen. Der im Hefeteig verbleibende Restalkohol bildet neben anderen Gärprodukten das charakteristische Aroma von Hefengebäck. Das bei der Gärung entstehende Kohlenstoffdioxid verfängt sich dagegen im Hefeteig und bildet Poren in diesen aus. (Schünemann und Treu, 2005)

#### **2.4.2 Bedeutung beim Backen**

Beim Verwenden von Backhefe ist es wichtig, frische Hefe zu verwenden, um ein optimales Ergebnis zu erreichen, da Backhefe nur eine bestimmte Zeit lagerfähig ist und mit der Zeit ihre Triebkraft verliert.

Backhefe ist für die Lockerung von Gebäcken verantwortlich, welche durch Gas- und Porenbildung entsteht. Die Teiglockerung ist für das Gebäckvolumen wichtig.

Die Gasbildung beginnt bereits beim Teigbereiten, da die Hefe bereits bei dem Vermischen der Teigzutaten beginnt, die im Teigwasser gelösten Nährstoffe abzubauen. Dabei entstehen die ersten gewünschten Spaltprodukte Kohlenstoffdioxid und Alkohol. Nach der Teigbereitung erhöht sich die Kohlenstoffdioxidentwicklung, weil mehr gelöste Nährstoffe vorliegen.

Die Porenbildung erfolgt in mit Hefe gelockerten Backwaren durch Gärgase, welche als Spaltprodukte von Hefezellen gebildet werden, durch Einarbeiten von Luft und durch Verkneten von Gärgasen für die Bildung von Feinstporen im Teig. Die Porenbildung sollte vor dem Backen abgeschlossen sein, da beim Backen sich keine weiteren Poren bilden.

Einfluss auf die Ausbildung von Poren im Teig hat die Dauer der Teigruhezeit und der Zwischengare, Intensität der Teigaufbereitung, Gärklima für die Stückgare und Bestimmung vom Ende der Stückgare. (Schünemann und Treu, 2005)

## **2.5 Mittelschwere Hefeteige**

### **2.5.1 Allgemein**

Hefebackwaren gehören zu den feinen Backwaren und haben einen höheren Gehalt an Fetten und Zuckerarten und einen hohen Mehl- und Flüssigkeitsanteil. Zudem erfolgt die Lockerung durch Hefegärung, wodurch sich Hefefeinbackwaren ebenfalls von anderen feinen Backwaren unterscheiden.

Hefefeinbackwaren werden in leichte, mittelschwere und schwere Hefeteige eingeteilt.

Hefekuchen zählt dabei zu den mittelschweren Hefeteigen. Diese unterscheiden sich von leichten Teigen durch einen höheren Fett- und Zuckeranteil, ein kompaktes Gebäckvolumen mit saftiger Krume und bessere Frischeeigenschaften für zwei bis drei Tagen.

Zu den Zutaten für mittelschwere Hefefeinteige gehören Weizenmehl, Zucker, Backmargarine bzw. Butter, Milch, Hefe und Salz. (Schünemann und Treu, 2005)

### **2.5.2 Führungsmerkmale**

Bei der Teigführung von Hefeteigen sind allgemein gültige Merkmale zu beachten. Darunter fallen der Zucker-Fett-Anteil, die Teigtemperatur, die Teigknetung und die Reifebedingung.

Der Zucker-Fett-Anteil liegt bei mittelschweren Teigen bei 150g-200g Zucker und Fett pro 1000g Mehl und beeinflusst die Teigfestigkeit. Die Zugabe von Zucker macht Teige weicher. Um die gleiche Teigkonsistenz zu erhalten, muss die Zugussmenge mit steigendem Zuckeranteil verringert werden. Zudem hemmen hohe Zuckerzugaben die Gärtätigkeit der Hefe. Aufgrund dessen ist darauf zu achten, dass der Zuckeranteil im Hefeteig 20% der Mehlmenge und 40% der Zugussmenge nicht übersteigt, damit eine ausreichende Gebäcklockerung gewährleistet wird. Bei hohen Zugaben von Fett muss ebenfalls die Zugussmenge mit steigendem Fettanteil verringert werden, um eine gleiche Teigkonsistenz zu erhalten, weil hohe Mengen an Fett die Teigfestigkeit verringern.

Bei der Teigtemperatur ist gerade bei fettreichen Teigen darauf zu achten, dass diese kühl geführt werden müssen. Die Teigtemperatur darf dabei nicht unter 24°C und nicht über 30°C liegen, um eine ausgewogene Teiggärung zu gewährleisten.

Die Teigknetung muss dem Teigtyp angepasst werden. Bei mittelschweren Teigen kommt eine intensive Teigknetung zum Einsatz, welche im allgemeineren für Hefefeinteige günstig sind, weil eine intensive Teigknetung die Lösungsvorgänge, Verquellung und Teigausbildung fördert.

Für die Teigreife wird für Hefefeinteige eine längere Teigruhe als für Brötchenteige benötigt. Mit steigendem Zuckeranteil im Teig verlängert sich die Zeit zur Erlangung einer Mindestgärung und der optimalen Aufarbeitungseigenschaften. Zu erkennen ist die Teigreife an der deutlichen Volumenzunahme während der Teigruhe. (Schünemann und Treu, 2005)

### **2.5.3 Führungsarten**

Es gibt grundsätzlich zwei Arten der Führung für Hefefeinteigen: die direkte und die indirekte Teigführung.

Bei der direkten Teigführung werden alle Zutaten gleichzeitig verarbeitet, ohne Führung eines Vorteigs. Die direkte Teigführung ist ein übliches Verfahren für leichte und mittelschwere Hefefeinteige.

Diese Art der Teigführung ist sehr zeitsparend und verringert dadurch ebenfalls die Kosten, da das zusätzliche Auswiegen der Zutaten für den Vor- und Hauptteig die Vorteigbereitung sowie die Wartezeit bis zur Reifung des Vorteigs entfallen.

Bei der indirekten Teigführung wird mit Vorteig gearbeitet, ehe der Hauptteig aus dem Vorteig bereit wird. Es wird bei dieser Teigführung eine optimale Teig- und Gebäckauflockerung ermöglicht. Normalerweise werden Vorteige für Teige mit hohen, gärhemmenden Zucker- und Fettanteilen und für eireiche Teige, bei denen eine hohe Gärstabilität für eine besonders gute Teigauflockerung angestrebt wird, verwendet. Die Herstellung des Vorteigs erfolgt aus einer Teilmenge Mehl und der gesamten Hefe- und Zugussmenge. Hefe, Mehl und Zugussmenge werden zu einem weichen, warmen Teig verarbeitet. Üblicherweise wird dem Vorteig ein Zuckerzusatz bis zu 2% der Mehlmenge zugegeben, um die Gärung zu beschleunigen. Wenn der Vorteig sein Volumen etwa verdoppelt hat und somit reif ist, wird aus diesem der Hauptteig mit den restlichen Zutaten hergestellt. Dabei führt die Auflockerung des Vorteigs zu einer Feinporung im Teig. Die Hefe kann im Hauptteig zwar langsam aber sofort weitergären, trotz der gärhemmenden Einflüsse der Zutaten. (Schünemann und Treu, 2005)



### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Grundrezept des Hefekuchens

Die Zutatenmengen (siehe Tabelle 1) des Grundteiges und der Streusel entstammt aus dem Buch "Technologie der Backwarenherstellung - Fachkundliches Lehrbuch für Bäcker und Bäckerinnen" von Schünemann/Treu. Dieses wurde von den Mengenangaben jeweils 50% beim Grundteig und 72 % bei den Streuseln reduziert.

Tabelle 1: Rezeptur Hefekuchen (Zutaten)

Zutaten	Grundteig (in g)	Streusel (in g)	Zutatenanteile pro Kuchen (in %)
Mehl	500	280	51
Zucker	75	140	16
Butter	100	140	18
Milch	225	-	12
Hefe	40	-	2
Salz	5	1,4	< 1

### 3.2 Geräte und Rohstoffe

Für die Herstellung der Hefekuchen und deren Untersuchungen werden mehrere Geräte und Rohstoffe benötigt, welche in Tabelle 2 aufgeführt sind.

Tabelle 2: Geräte und Rohstoffe

Rohstoffe	Firma	Sonstiges
Butter	MILSANI Sachsenmilch Leppersdorf GmbH	Deutsche Markenbutter MHD 08.07.2021 SN L900813:41 02
Zucker	DIADEM Pfeifer & Lange GmbH	Raffinade Zucker; feine Körnung L1710510 20:03
Hefe	Wonnemeyer Feinkost Deutsche Hefewerk GmbH	Frischbackhefe MHD 1.07.21 B(84)
Xylit	Premium Xucker GmbH	MHD: 08.2023 20/12 L201631
Erythrit	Light Xucker GmbH	MHD: 10.2023 01/12 L201639
Milch	MILSANI NordseeMilch eG	Frische Vollmilch MHD: 28.06 L104033 43 15:07
Salz	Bad Reichenhaller Alpen Salz Südwestdeutsche Salzwerke AG	-

Weizenmehl	Goldähren Mühle Rüningen Stefan Engelke GmbH	Typ 405 MHD: 07.05.22 MR 07.04.21. 15:41:32
<b>Geräte</b>	<b>Firma</b>	<b>Sonstiges</b>
Backofen	BOSCH Robert Bosch Hausgeräte GmbH	Einbauherd HEA513B.0
Küchenmaschine	Hauswirt	Modell: HM740 S/N: HM074022012151211 220-240 V - 50/60 Hz 1000 W
Brutkasten	BRUJA Brutmaschinen - Janeschitz GmbH	Modell: 3000 Typ d
Waage	KERN & Sohn GmbH	Kern EMB 600 - 2 Maxi 600g d=0,01g SN WD190087630
Messschieber	Mahr	Typ 16 NO 4100400
Farbmessgerät	FMS Jansen GmbH & Co. KG. HunterLab.	ColorFlex® EZ.Spektralphotometer A60-1012-402
Schüsseln, Nudelholz, Blech etc.	-	Bestand Küche

### 3.3 Versuchsdurchführung Hauptversuche

Mittels Backversuchen werden verschiedene Hefeteige bzw. Hefekuchen hergestellt, um diese anschließend nach bestimmten Aspekten zu untersuchen. Dabei werden verschiedene Gehalte der entsprechenden Zuckerarten verwendet. Insgesamt sollen 5 verschiedene Hefekuchen mit jeweils unterschiedlichem Zuckergehalt (s. Tabelle 2) hergestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass Erythrit nur 70 % der Süßkraft von Saccharose aufweist. Dementsprechend muss mehr von dem Zuckeraustauschstoff eingesetzt werden, um eine gleichbleibende Süße zu erreichen. ( Müller, 2021)

Nach der verwendeten Rezeptur (s. Tabelle 1) beläuft sich der Zuckergehalt 14 % pro 100g Hefekuchen mit Streusel. Der Grundteig wird in einer indirekten Teigführung hergestellt, d.h. es wird mit einem Vorteig aus Mehl, Milch und Hefe begonnen, welcher ca. 30 min bei 36°C im Brutkasten abgedeckt geht. Nach dieser Zeit werden die restlichen Zutaten zum Vorteig gegeben und miteinander verknetet, bis der Teig eine weiche, kaum klebrige Konsistenz aufweist. Dabei wurde für den Hefekuchen mit Zucker für 3 min , die Xylit/Zuckervariante für 2 min und für die Kuchenvarianten mit Xylit, Erythrit und Erythrit/Zucker jeweils für 1 ½ min geknetet. Danach wird der Teig abermals im Brutkasten bei 37 °C abgedeckt für 60 min ruhen gelassen. Nach den 60 min wird der Teig von Hand noch einmal durchgeknetet, ehe er auf einem Kuchenblech (38,5 cm x 28,5 cm) ausgerollt wird. In der Zwischenzeit werden die Streusel hergestellt. Diese werden gleichmäßig auf dem Kuchen verteilt. Der nun rohe Hefekuchen wird bei 180 °C bei Unter- und Oberhitze für 30 min gebacken.

Tabelle 3: Backversuchsplan mit verschiedenem Zuckergehalt und Zuckeraustauschstoff Gehalt

	Zuckergehalt (%)	Xylitgehalt (%)	Erythritgehalt (%)
1.	100	0	0
2.	25	75	0
3.	0	100	0
4.	25	0	107
5.	0	0	143

### 3.4 Untersuchungsmethoden

#### 3.4.1 Gebäckvolumen

Um das Aufgehen des Hefekuchens zu untersuchen, wird das Volumen der einzelnen Hefekuchen bestimmt. Die Volumenmessung wird mittels der durchschnittlichen Höhe des Kuchens mit einem Messschieber ermittelt. Dafür wird an 9 verschiedenen Stellen (siehe Abbildung 1) die Höhe des fertigen Kuchens gemessen, ehe aus diesem das arithmetische Mittel berechnet wird. Aus der durchschnittlichen Höhe des Kuchens und die Länge und Breite des Bleches wird das Gesamtvolumen des Kuchens ermittelt.

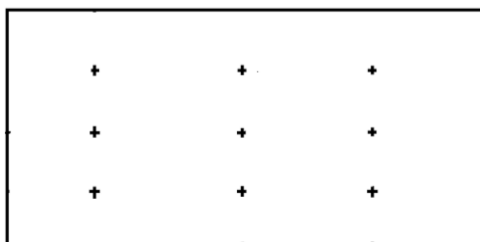


Abbildung 1. : Messpunkte für die Messung der Kuchenhöhe

### **3.4.2 Farbmessung**

Die Bestimmung der Bräunung des Hefekuchens erfolgt mittels einer Farbmessung mit ColorFlex® EZ.Spektralphotometer der Firma FMS Jansen GmbH & Co. KG. HunterLab. Dabei ist auf eine möglichst glatte Oberfläche zu achten. Um dies zu gewährleisten, wird der Hefekuchen für diese Messung ohne Streusel gebacken. Für die Messung wird ein Stück mit einem Durchmesser von 3 cm ausgestochen. Dieses runde Kuchenstück wird auf die Messöffnung gelegt und mit einer schwarzen Kappe abgedeckt, um die standardisierte Messung zu erhalten. Es wird jeweils eine Fünffachmessung durchgeführt, welche direkt im Gerät eingestellt wird. Aus den daraus gewonnenen Werten wird das arithmetische Mittel gebildet.

### **3.4.3 Einfach beschreibende Prüfung (DIN 10964-2014)**

Ziel der einfach beschreibenden Prüfung (DIN 10964-2014) ist es, ein Produkt in seiner Gesamtheit oder in einzelnen Merkmalen (z.B. Textur, Geschmack, Aussehen) mittels Eigenschaften zu beschreiben. Die Methode findet Anwendung in verschiedenen Bereichen wie in diesem Fall zur Überprüfung des Einflusses von den Zuckeraustauschstoffen Xylit und Erythrit auf sensorische Produkteigenschaften.

Bei dieser sensorischen Methode können sowohl geschulte als auch ungeschulte Prüfer eingesetzt werden. Wichtig ist nur, dass die Prüfpersonen ihre sensorische Wahrnehmung zutreffend und verständlich beschreiben können. Eine umfassende Prüferinweisung ist daher unabdingbar. Eine einfache beschreibende Prüfung muss von mindestens drei Prüfern durchgeführt werden. Dabei ist es möglich, diese sowohl als Einzel- als auch als Gruppenprüfung durchzuführen.

Die zur Produktbeschreibung verwendeten Begriffe (Deskriptoren) müssen frei von hedonischer Wertung sein, jedoch können sie frei von dem Prüfer gewählt werden. Ebenso können Deskriptoren aus bestimmten Listen vorgegeben werden, welche hilfreich sein können. Um solche auszuwählen, welche frei von einer hedonischen Wertung sind. Solche Listen sind z.B. im "Fachvokabular Sensorik" (DLG-Verlag GmbH, 2015) zu finden. (Schneider-Häder und Derndorf, 2016)

### **3.4.4 Napping mit UFP**

Die sensorische Methode des Napping gehört zu den Prüfverfahren der Ähnlichkeitsmessungen, welche das Ziel haben, Produkte hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit zueinander zu vergleichen. Dieses Prüfverfahren kennzeichnet einen geringen Vorbereitungsaufwand, eine schnelle Datenerfassung und die einfache Ergebnisdarstellung sowie verzichtet auf aufwändige Schulungseinheiten. (Schneider-Häder und Derndorf, 2016)

Bei diesen Verfahren, so auch bei Napping, werden häufig untrainierte Testpersonen herangezogen. Die Anzahl der Prüfpersonen sollte zwischen neun bis fünfzehn betragen, und es werden ihnen maximal zwölf Proben pro Sitzung präsentiert.

Beim Napping werden die Proben, welche blind mit dreistelligem Code zeitgleich der Testperson gereicht, welche diese auf einem Blatt Papier (i.d.R. ein DIN-A3-Papier mit einem x-y-Koordinatensystem) relativ zueinander positionieren. Dabei werden sensorisch unterschiedliche Proben weit und sensorisch ähnliche Proben nah zueinander angeordnet. Im Anschluss an dem Napping-Prozess werden zusätzlich beschreibende Begriffe für die jeweiligen Produktcharakteristika festgehalten, dies erfolgt mittels eines Ultra Flash Profilings (UFP). Damit können die Produktanordnungen entsprechend interpretiert werden. Dafür konzentrieren sich die Prüfpersonen auf die wichtigsten Produkteigenschaften bzw. auf maximal fünf Deskriptoren.

Die Daten werden zum Schluss fast ausschließlich mit Multipler Faktorenanalyse (MFA) ausgewertet. (Schneider-Häder und Derndorf, 2016) Mit dieser Auswertungsmethode wird ermöglicht, mehrere Datensätze und Tabellen unterschiedlicher Art zu untersuchen und zu analysieren. Dabei müssen die Daten anhand gleicher Proben erhoben worden sein. Die Produktunterschiede werden in einer zweidimensionalen graphischen Darstellung visualisiert. Auskunft über die relative Ähnlichkeit der einzelnen Produkte wird über die Anordnung der Produktpunkte ermittelt. Durch die Berücksichtigung der Verteilung der Attributpunkte werden Korrelationen zwischen ihnen und den Proben aufgezeigt (Heinloth et al., 2002).

## **4 Ergebnisse und Diskussion**

### **4.1 Gebäckvolumen**

Um das Gebäckvolumen zu ermitteln wurde an neun verschiedenen Messpunkten die Höhe des Kuchens gemessen und anschließend das arithmetische Mittel gebildet (siehe Tabelle 4). Aus diesen Daten sind bereits Unterschiede zwischen den einzelnen Kuchen erkennbar.

Während die durchschnittliche Kuchenhöhe von den Kuchenvarianten mit Zucker, Xylit und Xylit/Zucker sich lediglich nur zwischen 1-2 mm unterscheiden, heben sich die Kuchenvarianten deutlich von diesen ab. Dazwischen siedelt sich die Variante mit Erythrit/Zucker an.

Tabelle 4: durchschnittliche Kuchenhöhe (n=9)

Kuchen	1. (Zucker)	2. (Xylit)	3. (Xylit/Zucker)	4. (Erythrit)	5. (Erythrit/Zucker)
Durchschnittliche Kuchenhöhe in mm	21,04	20,04	21,44	11,89	16,83
Standard- abweichung	0,67	1,49	0,77	2,46	1,71

Das Volumen der Hefekuchen wurde mithilfe der folgenden Formel ermittelt.

$$V = b \times l \times h$$

$$b = \text{Breite des Bleches}$$

$$l = \text{Länge des Bleches}$$

$$h = \text{durchschnittliche Höhe in cm}$$

Es sind beim Volumen, wie vorher bereits bei der durchschnittlich ermittelten Kuchenhöhe, Unterschiede zwischen den einzelnen Kuchen erkennbar (siehe Abbildung 2). Ebenfalls weisen die Kuchenvarianten mit Xylit und Xylit/ Zucker ein relativ gleiches Volumen zum originalen Kuchenvariante mit Zucker auf.

Dabei weist der Xylit/Zucker ein etwas höheres Volumen auf, während die Xylit - Variante mit ihren Volumen etwas unter dem originalen Hefekuchen mit Zucker liegt.

Diese relativ geringen Unterschiede im Volumen können durch eine unterschiedliche Gärfähigkeit der Hefe bzw. durch verschiedenen Temperaturen der Milch, in der die Hefe angerührt wurde, verursacht werden.

Die Kuchenvariante mit Erythrit weist den größten Unterschied im Volumen zum originalen Hefekuchen mit Zucker auf. Das Volumen liegt dabei  $1000 \text{ cm}^3$  unter dem Gebäckvolumen von dem originalen Hefekuchen.

Das Volumen das Erythrit/Zucker Variante liegt um  $500 \text{ cm}^3$  höher als die Variante mit ausschließlich Erythrit gebackenen Kuchen.



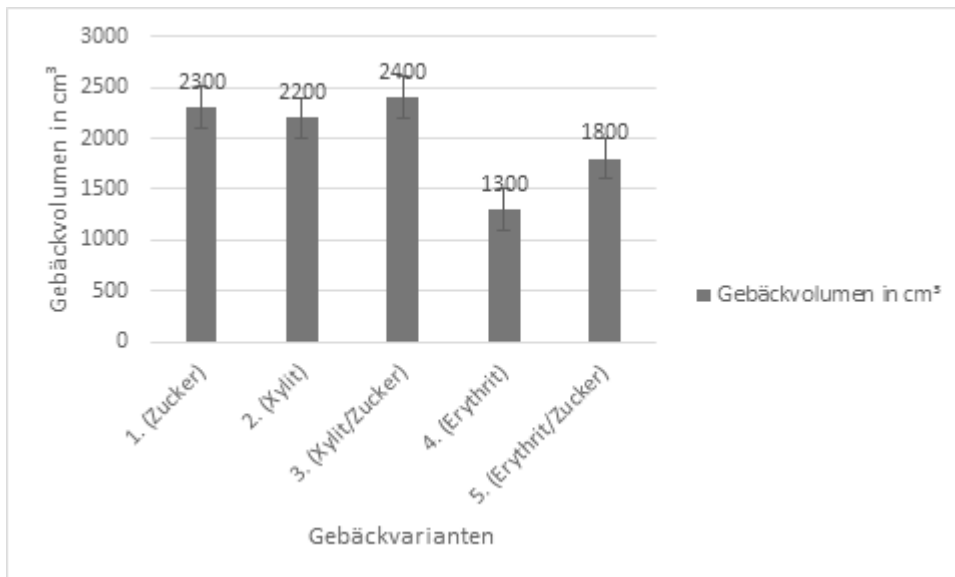


Abbildung 2: Gebäckvolumen im Vergleich

#### 4.2 Farbmessung

Durch die Farbmessung wird sichtbar gemacht, inwieweit der Zucker bzw. der Zuckeraustauschstoff einen Einfluss auf die Bräunung der Hefekuchen haben und inwieweit sich die einzelnen Kuchen dahingehend ähnlich sind. In der nachfolgenden Tabelle 5. sind die durchschnittlichen Mittelwerte der Farbmessung dargestellt.

Tabelle 5: Farbmesswerte L\*a\*b\*-Farbbaum (n=5)

	L*	a*	b*
1. (Zucker)	57,1	18,11	37,35
2. (Zucker/Xylit)	62,72	17,97	38,75
3. (Xylit)	71,39	11,65	39,08
4. (Zucker/Erythrit)	62,69	17,91	39,12
5. (Erythrit)	75,05	10,16	37,99

Die L\*-Werte, welche die Helligkeit widerspiegeln, liegen bei den Varianten mit Erythrit und Xylit und den Varianten Xylit/Zucker und Erythrit/Zucker nahe beieinander. Ferner ist zu erkennen, dass die Varianten, in welchen ebenfalls Zucker verwendet wurde, nur gering höhere L\*-Werte im Vergleich zum klassischen Hefekuchen mit Zucker aufweisen als die Varianten, in welchen ausschließlich der jeweilige Zuckeraustauschstoff verwendet wurde. So kann gesagt werden, dass die Varianten, welche Zucker enthalten, eine dunklere Färbung aufweisen als solche mit ausschließlich Zuckeraustauschstoff.

Aus den a\* und b\*-Werten ist erkennbar, dass alle Kuchen eine bräunliche Farbe aufweisen, welche aufzeigen, dass die Lokalisation des Messpunktes weit in den roten und gelben Bereich hineinragt.

Ferner ist bei den a\*-Werten zu erkennen, dass sich die Varianten mit Zuckerzusatz bzw. die Variante mit ausschließlich Zucker weiter im roten Bereich liegen, als die Varianten, welche ausschließlich mit einem Zuckeraustauschstoff gebacken wurden.

Bei den b\*-Werten verhält es sich anders als bei den L\*-und a\* Werten. Hier liegen die Werte der verschiedenen Kuchen nahe beieinander.

### 4.3 Sensorik

#### 4.3.1 Einfach beschreibende Prüfung

Für die sensorische Prüfung wurden insgesamt 11 Personen befragt, welche sich aus ungeschulten und geschulten Prüfern zusammensetzten. Die Ergebnisse der einzelnen Prüfpersonen wurden in der Tabelle 6 zusammengefügt. Die Zahlen in Klammern hinter den Attributen zeigen dabei auf wie viele Personen mit diesem Attribut den Kuchen beschrieben haben.

Tabelle 6: Beschreibung der verschiedenen Kuchen

Attribute / Kuchen	1. Zucker	2. Xylit	3. Xylit/ Zucker	4. Erythrit	5.Erythrit/ Zucker	$\Sigma$ Summe aller Attribute
Aussehen: Farbe	Produkt- typisch (2)	Produkt- typisch	Produkt- typisch (3)		Produkt- typisch (2)	
	hellbraun (9)	hellbraun (8)	hellbraun (9)	hellbraun (10)	hellbraun (6)	
	gelblich	gelblich				

		beige	beige			
		braun (3)		braun (3)	braun (5)	
	golden		golden		golden	
	matt					
				glänzend		
$\Sigma$ Attribute	14	14	14	14	14	70
Aussehen: Form	feinporig (5)	feinporig (2)	feinporig (2)	feinporig (6)	feinporig (6)	
	stückig (2)	stückig (5)	stückig (3)	stückig (2)	stückig (2)	
	flach			flach (4)	flach (4)	
	grobporig (5)	grobporig (2)	grobporig (3)		grobporig (2)	
	typisch	typisch				
		kompakt (3)			kompakt (2)	
			mittelporig (2)			
				glänzend		
$\Sigma$ Attribute	14	13	10	13	16	66
Geruch	süß (5)	süß (4)	süß (4)	süß	süß (3)	
	buttrig (3)	buttrig (2)	buttrig (4)	buttrig (3)	buttrig (3)	
	typisch (6)	typisch (5)	typisch (5)	typisch (4)	typisch (4)	
	hefig (4)	hefig (3)	hefig (6)	hefig (2)	hefig (4)	
		muffig	mehlig		mehlig	
				neutral (2)	neutral	

			vanille			
				säuerlich		
$\Sigma$ Attribute	18	15	21	13	16	83
Geschmack	buttrig	buttrig (3)	buttrig (5)	buttrig (2)	buttrig (2)	
	süß (6)	süß (5)	süß (5)	süß (2)	süß (7)	
	fade (2)	fade (2)		fade (6)	fade (5)	
	mehlig	mehlig (3)	mehlig (3)	mehlig	mehlig	
	typisch (5)	typisch (4)	typisch (3)	typisch (2)	typisch (2)	
	hefig			hefig	hefig	
	Säuerlich					
			salzig (3)		salzig	
		vanille				
		kräftig	kräftig			
$\Sigma$ Attribute	18	19	19	14	14	84
		klebt (4)		klebt (2)		
	weich (2)	weich (2)	weich (4)		weich (5)	
			elastisch			
				wirkt kühlend (2)		
				klitschig (6)		
		adstringierend				
				harte Streusel	harte Streusel	

				(2)	(2)	
		feucht (3)				
			locker (4)			
			saftig			
				kompakt		
				fest (6)		
			luftig (4)			
	trocken (7)	trocken (3)				trocken (3)
		samtig (3)	samtig (3)	samtig		
	mehlig		mehlig			mehlig
$\sum$ Attribute	14	16	19	20	19	88
$\sum$ Summe aller Attribute	78	77	83	74	79	

Die meisten Beschreibungen wurden für den Kuchen mit Xylit/Zucker und für das Attribut Textur/Mundgefühl gefunden. Dagegen wurden für das Attribut Aussehen: Form, und für den Kuchen mit Erythrit wurden die wenigsten Beschreibungen gefunden.

Der originale Hefekuchen mit Zucker wurde in seiner Farbe am häufigsten mit hellbraun beschrieben. In seiner Form lag die Aufmerksamkeit der Prüfer v.a. auf der Porung, welche zu gleichen Teil als fein- und grobporig beschrieben wurde. Dies könnte zum einen an der ungleichmäßigen Verteilung der Poren in den Kuchenstücken liegen oder zum anderen an der jeweiligen subjektiven Wahrnehmung der einzelnen Prüfpersonen. Beim Attribut Geruch ist der am häufigsten verwendeten Begriff typisch verwendet worden, wobei sich die anderen beschreibenden Begriffe, wie süß, buttrig und hefig nur gering weniger verwendet wurden.

Der Geschmack wird ebenfalls von den meisten als süß und typisch beschrieben, nur vereinzelte Prüfer verwendeten andere Beschreibungen, welche von positiven bis hin zu negativen Beschreibungen reicht. Bei der Textur/Mundgefühl beschrieben die meisten Prüfpersonen den Kuchen als trocken. Allgemein wurde für den Kuchen mit 18 Begriffen die meisten beschreibenden Begriffe im Attribut Geruch und Geschmack gefunden. Allerdings sind nicht erheblich weniger Begriffe für die anderen drei Attribute gefunden worden.

Der Kuchen mit Xylit wurde von den meisten Prüfern als hellbraun in seiner Farbe beschrieben. Bei seiner Form gingen die Empfindungen der Testpersonen auseinander. Fünf von elf Testpersonen beschreiben ihn als stückig. Es ist anzunehmen, dass dabei v.a. die Darreichungsform eine Rolle spielte. Ansonsten wurde er mit den Begriffen kompakt, fein – und grobporig beschrieben. Wie zuvor bei dem Kuchen mit Zucker wurde auch bei diesen im Bereich des Geruchs die einzelnen Begriffe relativ ausgeglichen von den Prüfern gewählt. Am häufigsten wurde dabei der Kuchen als typisch bezeichnet, dicht gefolgt von süß. Das gleiche Ergebnis wurde bei dem Attribut Geschmack erkennbar. Auch hier wurde der Kuchen in seinem Geschmack am häufigsten als süß und typisch beschrieben. Bei der Beschreibung der Textur/Mundgefühl gingen die Wahrnehmungen der einzelnen Testpersonen auseinander. So kann gesagt werden, dass der Kuchen zu gleichen Teilen als feucht, trocken, samtig sowie als klebend beschrieben werden konnte. Diese breite Fächerung in der Beschreibung des Kuchens, könnte damit zusammenhängen, dass der Kuchen beim Backen unterschiedlich aufgegangen ist. Mit 19 Begriffen wurden beim Geschmack die meisten beschreibenden Begriffe gefunden, während bei der Form mit 13 Begriffen am wenigsten beschreibende Begriffe gefunden wurden.

Die Farbe des Kuchens mit Xylit/Zucker wurde so wie die beiden anderen Kuchen zuvor überwiegend als hellbraun beschrieben. Bei der Form gibt es keine eindeutige Beschreibung, welche von den Prüfern am häufigsten gewählt wurde. Die Kuchenporen werden als fein- bis grobporig beschrieben. Zudem wird der Kuchen als stückig wahrgenommen. Dies ist jedoch auf die Darreichungsform als Kuchenstück zurück zu führen. Der Geruch wurde von vielen Testpersonen als typisch und hefig beschrieben. Nur einige weniger der Prüfer beschrieben ihn als süß und buttrig. Im Geschmack beschreiben rund die Hälfte der Testpersonen den Kuchen mit buttrig und süß. Allerdings beschrieben jeweils drei Prüfer den Kuchen als salzig und mehlig sowie als typisch. Für den salzigen Geschmack ist möglicherweise eine geringfügig höhere Salzmenge im Kuchen verantwortlich, welche durch Abwiegefehler, z.B. zu ungenaues Abwiegen, entstanden sein kann. Die Textur/Mundgefühl wurde v.a. als weich, locker und luftig wahrgenommen. Die meisten Begriffe wurden bei diesen Kuchen für den Geruch gefunden und die wenigsten für die Form.

Die Kuchenfarbe wurde bei der Variante mit Erythrit von den meisten Testern als hellbraun und die Kuchenform als feinporig und von ein paar weniger Tester als flach beschrieben. Die einzelnen Begriffe bei dem Attribut Geruch wurden relativ ausgeglichen von den Prüfern gewählt. Dabei wird dem Geruch am häufigsten als typisch und buttrig wahrgenommen. Beim Geschmack beschrieben die meisten Tester den Kuchen als fade. In der Textur/Mundgefühl beschrieben die meisten Testpersonen den Hefekuchen als klitschig und fest. Allgemein wurde für den Kuchen mit 20 Begriffen die am meisten beschreibenden Begriffe im Attribut Textur/Mundgefühl gefunden. Dagegen wurden bei den Attributen Geruch und Geschmack mit 13 Begriffen am wenigsten gefunden.

Die Kuchenvariante mit Erythrit und Zucker wird als hellbraun bis braun von den meisten Testpersonen beschrieben. Die Form des Kuchens beschrieben die meisten als feinporig und flach. Den Geruch beschrieben viele Testpersonen als typisch und hefig, sowie süß und buttrig. Beim Geschmack gingen die Wahrnehmungen der Testpersonen auseinander. Während sieben Personen den Geschmack als süß beschreiben, beschrieben lediglich fünf Personen weniger den Geschmack als fade. Die Textur wurde von den meisten Prüfern als bissfest beschrieben. Die meisten Begriffe wurden, wie bei Erythrit, bei dem Attribut Textur/Mundgefühl des Kuchens gefunden. Die wenigsten Begriffe wurden dabei beim Geschmack und Farbe gefunden.

Beim Vergleich aller Kuchen ist erkennbar, dass alle in ihrer Farbe überwiegend als hellbraun und somit gleich beschrieben wurden. Auch in der Form sind Gemeinsamkeiten erkennbar. So weisen alle Kuchen eine feine Porung auf. Allerdings weisen nur die Kuchenvarianten mit Xylit, Xylit/Zucker und der originale Hefekuchen mit Zucker teilweise grobe Poren auf, während die Varianten mit Erythrit und Erythrit/Zucker zusätzlich als flach beschrieben werden. Der Geruch wird bei allen Kuchen v.a. als typisch beschrieben. Im Geschmack gleichen sich lediglich vier von fünf Kuchen in ihrer Beschreibung.

Während die Varianten mit Xylit, Erythrit mit Zucker gemischt und Zucker alle als süß empfunden werden, wird die Variant mit Erythrit als fade in ihrem Geschmack beschrieben. In der Textur/Mundgefühl sind die größten Unterschiede zwischen den Kuchen feststellbar. Hierbei wird jeder Kuchen unterschiedlich beschrieben und gleicht sich kaum.

### 4.3.2 Napping mit UFP

Im nachfolgenden Diagramm (siehe Abbildung 3) sind die Ergebnisse und die an den am häufigsten genannten Attributen je "Probengruppe", geordnet nach der Häufigkeit ihrer Nennung, aufgelistet. Die Daten wurden mittels MFA (Multiple Faktorenanalyse) ausgewertet. Im Diagramm sind 92,68 % der Gesamtvariabilität dargestellt.

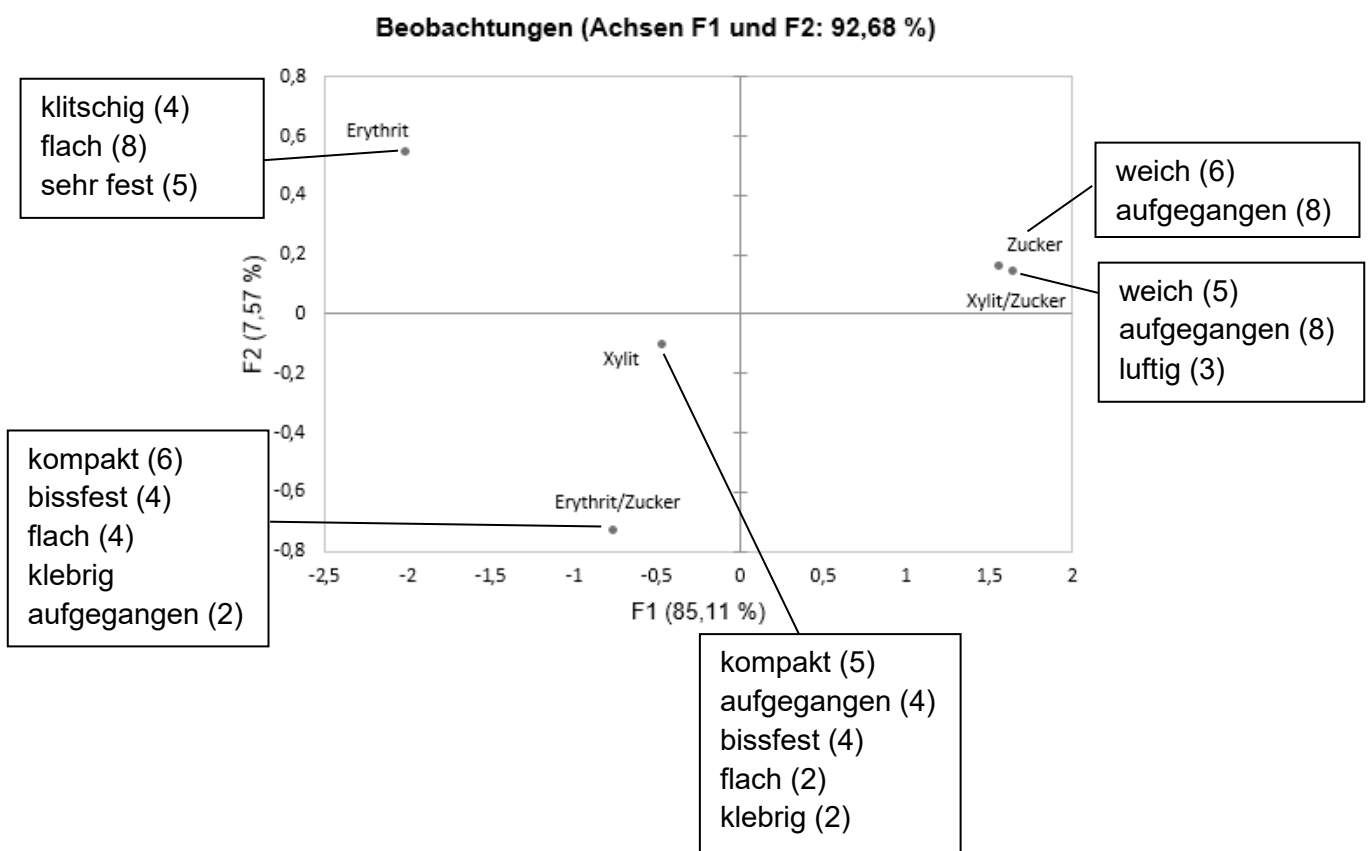


Abbildung 3. : Graphische Darstellung der analysierten Daten aus Napping mit UFP



Tabelle 7. : UFP-Attribute

<b>Zucker</b>	<b>Xylit</b>	<b>Xylit/Zucker</b>	<b>Erythrit</b>	<b>Erythrit/Zucker</b>
weich (6)	kompakt (5)	weich (5)	klitschig (4)	kompakt (6)
aufgegangen (8)	aufgegangen (4)	aufgegangen (8)	flach (8)	flach (4)
trocken (2)	bissfest (4)	luftig (3)	sehr fest (5)	bissfest (4)
	flach (2)			aufgegangen (2)
	klebrig (2)			klebrig

Überblickend wird erkennbar, welche Kuchenvarianten eine hohe Ähnlichkeit zueinander aufweisen und welche sich am unähnlichsten sind. So liegen Zucker und Xylit/Zucker im Diagramm dicht beieinander und sind sich somit sehr ähnlich. Dagegen liegt die Variante mit Erythrit im Diagramm weit weg und in einem anderen Quadranten und weist somit eine geringe Ähnlichkeit mit den zuvor genannten Kuchenvarianten auf.

Ähnlich verhält es sich mit der Kuchenvariante mit Erythrit/Zucker zu dem originalen Hefekuchen mit Zucker. Der Kuchen mit Xylit ist sich ähnlicher mit dem originalen Kuchen mit Zucker als die Varianten mit Erythrit und Erythrit/Zucker. Jedoch weist er eine geringere Ähnlichkeit auf als die Kuchenvariante mit Xylit/Zucker zum klassischen Hefekuchen mit Zucker auf.

So kann gesagt werden, dass die Variante mit Xylit/Zucker dem klassischen Hefekuchen mit Zucker am nächsten kommt, während die Variante mit Erythrit am weitesten von diesem entfernt liegt.

Dies wird auch durch die Beschreibung der Kuchen ersichtlich. Die Varianten mit Zucker und Xylit/Zucker wurden als aufgebacken und weich und letztere Variante zusätzlich als luftig beschrieben, während die Variante mit Erythrit als klitschig, flach und sehr fest beschrieben wurde.

Die Varianten Xylit und Erythrit/Zucker siedeln sich dazwischen an. Xylit wurde im Allgemeinen als aufgegangen, bissfest und kompakt beschrieben, Erythrit/Zucker wurde dagegen als bissfest, kompakt und flach beschrieben.

## 5 Diskussion und Fazit der Arbeit

Innerhalb dieser Arbeit wurden insgesamt 5 Hefekuchenvarianten mit verschiedenen Anteilsmengen an Zuckeraustauschstoffen von Xylit und Erythrit hergestellt. Es sollte ein Hefekuchen produziert werden, welcher zuckerreduziert bzw. durch die Zuckeraustauschstoffe Xylit oder Erythrit komplett oder teilweise ersetzt wird. Dabei dient der Hefekuchen mit normalem Haushaltszucker als Referenzprobe, und die erhaltenen Ergebnisse können mit den alternativen Varianten verglichen werden.

Eine Rezeptoptimierung erfolgte lediglich bei den Kuchenvarianten mit Erythrit, da dieser eine ca. 30% geringere Süßkraft als Saccharose besitzt (Müller, 2021). So wurde 30% mehr Erythrit eingesetzt, um die gleiche Süßkraft wie ein gewöhnlicher Haushaltszucker oder Xylit zu erreichen. Ebenso wurde die Knetdauer innerhalb des Rezeptes für die jeweiligen Varianten angepasst, um ein optimales Teigergebnis zu erzielen.

Die sensorischen sowie physikalischen Untersuchungen ergaben vergleichbare Ergebnisse. Dabei geht aus dem Napping mit Ultra Flash Profiling (UFP) und der einfach beschreibenden Prüfung hervor, dass die Variante mit 25 % Zucker und 75 % Xylit dem Referenzprodukt am ähnlichsten ist. Beide Kuchen wurden im Napping als fluffig, weich und aufgebacken beschrieben. Entsprechend verhielt es sich bei der einfach beschreibenden Prüfung. In dieser sensorischen Untersuchung wurden die Kuchenvarianten als fein-bis grobporig sowie typisch im Geschmack und Geruch klassifiziert. Die wenigste Ähnlichkeit weist dabei die Variante mit Erythrit auf. In Abbildung 3 (s.34) ist klar ersichtlich, dass der Abstand zur Referenzprobe am weitesten entfernt ist und auch innerhalb der UFP wird der Kuchen, im Gegensatz zur Referenzprobe, als flach und nicht aufgegangen beschrieben. Gleiche und ähnliche Attribute wurden bei der einfach beschreibenden Prüfung verwendet. Lediglich beim Geruch glich diese Kuchenvariante dem der Standard/ Referenzprobe und wurde als typisch beschrieben somit gleichen sich in diesen Punkt alle Kuchen.

Die Farbe von den Kuchenvarianten wurde von den Panelteilnehmern überwiegend mit hellbraun beschrieben. Somit besteht kein sichtbarer Unterschied zwischen den Kuchen. Es unterscheidet sich von dem Resultat aus der physikalischen Farbuntersuchung. In der Arbeit von Ur-Rehman et.al. 2015 wurden ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Kuchen mit Xylit und den Kuchen mit Saccharose festgestellt.

In der Arbeit von Lin et.al. 2010 wurden zwar beim der Hedonischen Prüfung keine Unterschiede hinsichtlich Farbe erkennbar, jedoch wurden bei der deskriptiven Prüfung die Kekse mit höheren Erythritanteilen als heller empfunden.

Demnach ist es ratsam, die sensorischen Untersuchungen mit einem besser geschulten Panel durch zu führen bzw. eine größere Prüfteilnehmerzahl heran zu ziehen.

Die Farbuntersuchung mit dem ColorFlex® EZ.Spektralphotometer ergab, dass die Kuchenvariante mit 100% Erythrit mit einem L\*-Wert, welcher die Helligkeit angibt, von 75,05 am hellsten ist. Die Produkte mit 100 % Erythrit waren in der Arbeit von Lin et al. 2010 und Lin et al 2003 ebenfalls am hellsten. Nur geringfügig dunkler ist die Kuchenvariante mit 100% Xylit mit einem L\*-Wert von 71,39. Die höheren L\*-Werte können darauf zurückgeführt werden, dass möglicherweise die Zuckeraustauschstoffe Erythrit und Xylit nicht an der Maillard-Reaktion teilnehmen (Lin, Wang und Yeh, 2003; Rymon Lipinski und Schiweck, 1990) Im Gegensatz zu diesen Resultaten wurden die Kekse mit Zuckeraustauschstoffen in der Arbeit von Roder 2018 dunkler als die Referenzprobe und nicht wie bei den anderen Arbeiten heller.

Bei dem Gebäckvolumen zeigt sich, dass die Kuchenvariante mit 75% Xylit und 25 % Zucker gegenüber der Referenzprobe nur geringe Unterschiede aufweist. Dabei hat der Referenzkuchen sogar ein geringeres Gebäckvolumen als die Xylit-Zucker-Variante. Grund hierfür kann zum einen die geringe Gärfähigkeit der Hefe oder zum anderen ein zu kurzes, möglicherweise aber auch zu intensivem Kneten sein. Hier ist es möglich, gezielt eine optimale Knetdauer in weiteren Versuchen für die einzelnen Kuchenvarianten zu ermitteln, um ein genaueres Resultat zu erhalten.

Auch zeigt sich, dass die Gebäckvolumen der Kuchen mit Xylit größer sind als das Gebäckvolumen der Kuchenvarianten mit Erythrit. Dabei weist die Variante mit 100% Erythrit mit 1000 cm<sup>3</sup> den größten Unterschied zum Referenzprodukt auf.

## 6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden Hefekuchen mit den Zuckeralternativen Xylit und Erythrit in unterschiedlicher Konzentration hergestellt. Ziel dabei war es, dass diese Hefekuchen dem originalen Hefekuchen mit Zucker so ähnlich wie möglich sind.

Da Erythrit nur ca. 70 % der Süßkraft von Zucker aufweist, wurde entsprechend mehr von dem Zuckeraustauschstoff eingesetzt.

Das Gebäckvolumen entspricht bei den Kuchenvarianten mit Xylit in etwa dem Gebäckvolumen von dem originalen Hefekuchen mit Zucker. Dabei lag das Gebäckvolumen von der Kuchenvariante Xylit/Zucker, der Variante mit Zucker, am nächsten. Ähnlich verhielt es sich bei der sensorischen Beurteilung der Kuchen. Besonders beim Napping mit UFP wurde ersichtlich, dass sich der Hefekuchen mit Zucker und der Hefekuchen mit Xylit und Zucker am ähnlichsten sind und sich demzufolge kaum unterscheiden. Ebenso wird erkennbar, dass die Varianten mit Erythrit die geringste Ähnlichkeit zu dem Hefekuchen mit Zucker aufweisen. Bei der Farbmessungen lagen alle Kuchen nicht weit auseinander. Die Varianten mit einer Zuckeralternative und Zucker weisen ähnliche Farbwerte zur Variante mit Zucker auf als die Varianten welche ausschließlich mit den Zuckeraustauschstoffen gebacken wurden. Abschließend kann gesagt werden, dass der Kuchen mit dem Zuckeraustauschstoff Xylit und Zucker sich von originalen Hefekuchen mit Zucker kaum unterscheidet.

## 7 Literaturverzeichnis

Addinsoft: Xlstat Excel Statistik Software

Angelov, A.; Hristozova, T.; Roshkova, Z.: Maltase activity and dough rising ability of baker's yeasts obtained at different growth conditions during the maturation stage. Z Lebensm Unters Forsch A 205 (1997), S. 80-84

Bergander, E.: Biologie der Hefen, Fachbuchverlag Leipzig, 1967.

DGE: Empfehlung zur maximalen Zuckerzufuhr in Deutschland [online] [Zugriff am: 18.03.2021 <https://www.dge.de/presse/pm/empfehlung-zur-maximalen-zuckerzufuhr-in-deutschland/> , 20.12.2018

Die Chemie-Schule: Erythrit [online] [Zugriff am:15.06.2021] [https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Erythrit#cite\\_ref-roempp\\_1-0](https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Erythrit#cite_ref-roempp_1-0)

DIN: DIN 10964-2014, Sensorische Prüfverfahren - Einfach beschreibende Prüfung. Beuth Verlag Berlin, 2014

Heinloth, E.; Jahnke, K.; Zach, J.; Busch-Stockfisch, M. (Hrsg.) (2002): Praxishandbuch Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung, Kapitel III Deskriptive Prüfungen - 2. Profilprüfungen - 2.7. Napping®, B. Behr's Verlag, Hamburg, Loseblattsammlung, 38. Aktualisierungslieferung 04/17, S. 1f., 4f., 8-14

KoKoRo Handels GmbH: Produktspezifikation- Erythritol / Erythrit E 968 [online] [Zugriff am: 15.06.2021] [https://www.korodrogerie.de/nachweise/fertig\\_Zucker\\_001\\_Erythrit\\_1\\_kg.pdf](https://www.korodrogerie.de/nachweise/fertig_Zucker_001_Erythrit_1_kg.pdf)

Lin, SD.; Hwang, CF.; Yeh, CH.: Physical and Sensory Characteristics of Chiffon Cake Prepared with Erythol as Replacement für Sucrose. Journal of Food Science (JFS): Sensory and Nutritive Qualities of Food (2003), Vol.68, Nr. 6

Lin, S.-D.; Lee, C.-C. ; Mau, J.-L.; Lin, L.-Y. ; Chiou, S.-Y.: Effect of erythritol on quality characteristics of reducedcalorie Danish cookies. Journal of Food Quality 33 (2010), S. 14-26.

Müller, S.: Erythrit, der gesunde Zuckerersatz [online] [Zugriff: am 10.06.2021] <https://www.zentrum-der-gesundheit.de/ernaehrung/lebensmittel/alternative-suessungsmittel/erythrit>

Roder, M.: Einfluss der Zuckerreduktion in Backwaren am Beispiel von Cookies bezüglich Textur, Farbe, Form und sensorischer Eigenschaften. Hochschule Neubrandenburg, 2018

Rymon Lipinski, G.-W.; Schiweck, H. (Hrsg): Handbuch Süßungsmittel. Eigenschaften und Anwendung. 76. Auflage. Hamburg: Behr's Verlag, 1991.

Schneider-Häder, B.; Derndorfer Dr. E.: Sensorische Analyse: Methodenüberblick und Einsatzbereiche - DLG-Expertenwissen 05/2016 - Teil 4: Klassische beschreibende Prüfungen & neue Schnellmethoden [online] [Zugriff am: 21.05.2021] <https://www.dlg.org/de/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen-sensorik/sensorische-analyse>, Mai 2016

Schüneman, C.; Treu, G.: Technologie der Backwarenherstellung. Fachkundliches Lehrbuch für Bäcker und Bäckerinnen. 9. Auflage. Alfeld: Gildebuchverlag, 2005

Stecchini, M.L.; Maltini, E.; Venir, E.; Del Torre, M.; Prospero, L.: Properties of Wheat Dough at Sub-ZeroTemperatures and Freeze Tolerance of a Baker's Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). Journal of food science Vol. 67, Nr. 6 (2002)

Ur-rehman, S.; Mushtaq, Z.; Zahoor, T; Jamil, A. und Murtaza M.A.: Xylitol: A Review on Bioproduction, Application, Health Benefits, and Related Safety Issues. Critical Reviews in

Food Science and Nutrition [online]. trandfonline. 2015, 55:11, S. 1514-1528 [Zugriff am: 6.8.2021], Verfügbar unter: DOI: 10.1080/10408398.2012.702288

Winkelhausen, E.; Jovanovic-Malinovska, R.; Velickova, E.; Kuzumanova, S (2007): Sensory and Microbiological Quality of a Baked Product Containing Xylitol as an Alternative Sweetener, International Journal of Food Properties [online] trandfonline. 2007, 10:3, S. 639-649 [Zugriff am 15.8.2021], Verfügbar unter: DOI: 10.1080/10942910601098031

**8 Anhang - Sensorikbogen**

Einfach beschreibende Prüfung (Einzelprotokoll)

Produkt: Hefekuchen

Datum:

Prüfperson:

Prüfanleitung: Beschreiben Sie bei dem Ihnen vorliegenden Produkt die vorgegebenen  
Merkmale

Produkt-Nummer	322	420	487
Aussehen/Farbe			
Aussehen/Form			
Geruch			
Geschmack			
Textur/Mundgefühl			
Summe der Beschreibungen			

Produkt-Nummer	121	138	-
Aussehen/Farbe			
Aussehen/Form			
Geruch			
Geschmack			
Textur/Mundgefühl			
Summe der Beschreibungen			



**Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, welche zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Insbesondere möchte ich mich bei meinen Betreuern Herr Prof. Dr. Meurer und Herr Prof. Dr. Meier bedanken, welche mich stets unterstützt haben und bei Problemen und Fragen ausnahmslos halfen.

**Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbst angefertigt und nur die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel für die Erstellung genutzt habe. Textstellen wurden durch die Benennung der Quelle gekennzeichnet. Ich erkläre weiterhin, dass die abgegebene digitale Version mit der eingereichten schriftlichen Arbeit übereinstimmt.

Waren (Müritz) den 26.10.2021

---

Isabel Eleanor Jantz