

Staatliche Fachschule für Lebensmitteltechnik
an der Emil - Fischer - Schule zu Berlin



Technikerarbeit

Stabilität von Folsäure und Folat in Backwaren
- vorläufige Befunde -

von Katharina Krafft
Landsberger Allee 212
10367 Berlin
Tel.: 030/ 61747781

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei meiner Technikerarbeit unterstützt haben.

Insbesondere bedanke ich mich bei der Firma Mühlenchemie für die Ermöglichung des Praktikums durch Herrn Dr. Lutz Popper und für die Unterstützung und Hilfestellung bei der Erstellung dieser Arbeit bei Dipl.- Ing. (FH) Frau Sonja Postel, Herrn Christian Grieß und Herrn Schricke sowie allen anderen Mitarbeitern der Firma.

Für die Unterstützung und Hilfestellung möchte ich mich herzlich bedanken bei Frau Dr. Elda Hausmann.

Dipl.- Ing. Frau Sabine Kommer danke ich für die Ermöglichung des Praktikums beim SGS Institut Fresenius.

Mein liebster und tiefster Dank geht an meine Eltern, da sie immer für mich da waren und mir während des Studiums die nötige Kraft gegeben haben.

1	Einleitung und Zielsetzung	1
1.1	Folsäure Struktur und Chemie	3
1.2	Folsäurezufuhr	5
1.3	Bioverfügbarkeit und Vorkommen	7
1.4	Stoffwechsel und Resorption	9
1.5	Homocysteinestoffwechsel und weitere Funktionen	11
1.6	Folsäure in der Schwangerschaft	12
1.7	Folsäure gegen Krankheiten	13
1.8	Hefe	14
1.8.1	Backhefe	14
2	Material und Methoden	16
2.1	Material	16
2.2	Rohstoffe	17
2.3	Methoden	19
2.3.1	Prämixerstellung	19
2.4	Folsäurenachweis	20
2.5	Backversuche	21
2.5.1	Versuchsreihe #1 Baguettebrötchen	21
2.5.2	Versuchsreihe #2 glutenfreies Brot	23
2.5.3	Versuchsreihe #3 Sandkuchen	24
2.5.4	Versuchsreihe #4 Weißbrote freigeschoben 1	25
2.5.5	Versuchsreihe #5 Weißbrote freigeschoben 2	26

3	Ergebnisse und Auswertung _____	27
3.1	Auswertung Versuchsreihe #1	27
3.2	Auswertung Versuchsreihe #2	28
3.3	Auswertung Versuchsreihe #3	29
3.4	Auswertung Versuchsreihe #4	30
3.5	Einfluss des Hefestoffwechsels auf den Folatgehalt	37
3.6	Einwirkung von Temperatur auf den Folatgehalt im Produkt	37
4	Diskussion _____	37
4.1	Verbesserung der Versorgung mit Folsäure	38
4.2	Auswirkung eines Hefevorteiges auf den Folsäuregehalt	38
4.3	Zusammenfassende Betrachtung der Vor- und Nachteile einer Anreicherung von Mehl mit Folsäure	38
5	Zusammenfassung _____	40
5.1	Abstract	41
6	Ausblick _____	42
7	Literaturverzeichnis _____	43
8	Abbildungsverzeichnis _____	45
9	Tabellenverzeichnis _____	47
10	Anhang _____	48

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Katharina Krafft eidesstattlich, dass ich die hier vorliegende Technikerarbeit selbstständig angefertigt habe, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt habe, sowie die Zitate kenntlich gemacht habe.

Katharina Krafft

1 Einleitung und Zielsetzung

Laut einer Pressemitteilung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) im September 2006 [1] erreicht ein großer Teil der deutschen Bevölkerung die empfohlene Aufnahmemenge von 400 µg Folat pro Tag nicht. Eine zu niedrige Zufuhr von Folat führt zu einer Unterversorgung, die wiederum ein Risikofaktor für verschiedene Krankheiten, wie beispielsweise dem Neuralrohrdefekt (NRD) sein kann. Bis zu drei Viertel aller NRD könnten durch rechtzeitige Aufnahme von Folsäure in der Frühschwangerschaft verhindert werden. Nur wenige Frauen die einen Kinderwunsch hegen oder sich in Schwangerschaft befinden, nehmen regelmäßig Nahrungsergänzungsmittel mit 400 µg Folsäure pro Tag ein. [4] Basierend auf nationalen Untersuchungen wurde der Bundesgesundheitsurvey 1998 (BGS98) [2] als Baustein einer umfassenden Gesundheitsüberwachung und -Datenquelle konzipiert, der auch ein Folsäuremodul enthält. Die Befragung ergab, dass Männer durchschnittlich nur 270 µg Nahrungsfolat aufnehmen und Frauen nur 229 µg pro Tag zu sich nehmen. Auf Basis dieser Daten erreichen nur circa 16 % der Männer und 10 % Frauen die empfohlene Tageszufuhr von 400 µg. Selbst dreiviertel der Männer und Frauen die Folsäuresupplemente regelmäßig einnehmen, erreichen die empfohlene Tageszufuhr nicht. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung befürwortet daher eine Folsäureanreicherung von den Weizenmehltypen 550 und 630. Die Anreicherung beschränkt sich auf diese Bäckermehle, da eine Wahlfreiheit für den Verbraucher weiterhin gegeben sein muss. Die Mehlanreicherung soll in Mühlenbetrieben auf freiwilliger Basis geschehen. Die Anreicherung des Mehles soll mit 150 µg Folsäure pro 100 g Mehl einheitlich erfolgen. Aus dieser Anreicherung ergibt sich eine Mehraufnahme von 135 µg bei Männern und 106 µg bei Frauen.[3] In den USA und Kanada sind Hersteller von Backwaren bereits verpflichtet Mehl, Brot, Brötchen, Stärkemehl, Maisgrütze, Maismehle, Reis und Nudelprodukte mit Folsäure anzureichern. In den USA wurde seit dem Zeitpunkt der

Folsäureanreicherung ein Rückgang der Neuralrohrdefekte (*Defekte des Zentralnervensystems bei Säuglingen*) bei Neugeborenen um 19 - 24 % erreicht. In Kanada sind es sogar 54 %. Bei vielen Amerikanern wurde inzwischen sowohl ein höherer Folatwert als auch ein niedriger Homocysteinspiegel beobachtet. Ebenso ist in den USA die Zahl der tödlichen Herzinfarkte und Schlaganfälle um 3,4 % gesunken. Auch in Ungarn, Chile und in der romanischen Schweiz wird Mehl angereichert. In der Schweiz reichert ein großer Müllerbetrieb auf freiwilliger Basis 100 g Mehl mit 300 µg Folsäure an. Australien und Großbritannien propagieren die Mehlanreicherung auf freiwilliger Basis. In Deutschland sind zwar schon einige Lebensmittel, wie Multivitamingetränke, Milchprodukte, Frühstückszerealien, Brotbackmischungen und Salz mit Folsäure angereichert, jedoch wird eine zielgruppengerechte Verbesserung der Folatversorgung hiermit kaum erreicht. Aus diesem Grund würde eine Anreicherung der Grundnahrungsmittel wie Mehl und Backwaren eine regelmäßige ergänzende Folsäurezufuhr für die Bevölkerung sicherstellen. [4]

Die Zielsetzung dieser Arbeit ist es herauszufinden wie viel Folsäure in verschiedenen angereicherten Gebäcken wie Sandkuchen, Weißbrot, glutenfreiem Brot und Baguettebrötchen nach dem Backen noch vorhanden ist, oder ob dieses hitzempfindliche Vitamin nicht sogar durch den Backprozess ganz verloren geht. Außerdem soll ermittelt werden, ob andere Zutaten Einfluss auf den Folsäuregehalt des Endprodukts nehmen.

1.1 Folsäure Struktur und Chemie

Die Folsäure ist ein wasserlösliches, dunkelgelbes Pulver, das zur Gruppe der B-Vitamine gehört. Erstmals wurde sie 1941 von Roger John Williams (1893-1978), Herschel Kenworthy Mitchel (1913-2000) und Esmond E. Snell (1914-2003) aus Spinatblättern isoliert. Ihre Entdeckung verlieh ihr den Namen, abgeleitet vom lateinischen Namen "folium" für das Blatt. Robert Crane Angier und Mitarbeitern glückte 1946 die Totalsynthese. [3] Zwischen Folsäure und Folaten muss klar unterschieden werden.

Natürliche Folate kommen in Lebensmitteln vor und gehören zu den Pteroylpolyglutamaten. Diese bestehen aus einem Pteridinring und einem para-Aminobenzoesäurering, an dessen Carboxylende bis zu 8 Glutaminsäurereste gebunden sind. [4]

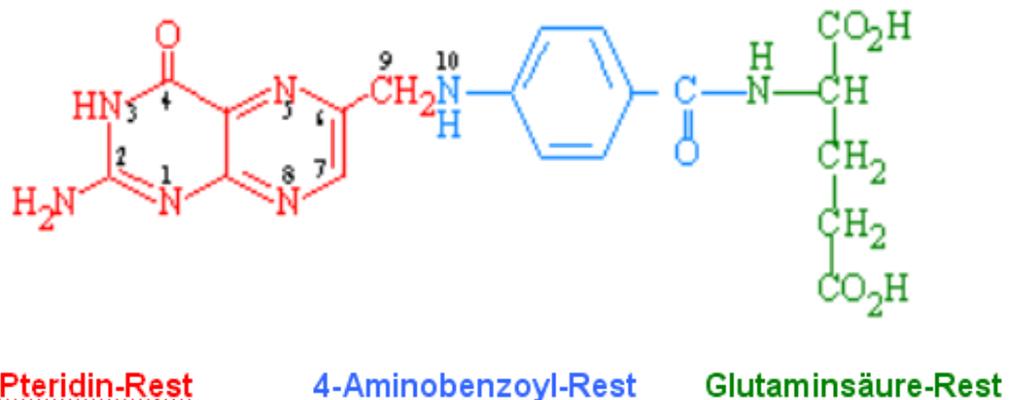


Abb. 1: Pteroyl-monoglutamat = Freie Folate sowie Folsäure

Diese Form der Folate ist in Lebensmitteln als Polyglutamat vorhanden. Polyglutamate sind gebundene Formen der Folate und sind nur ca. 20 % - 50 % im Organismus verwertbar. In tierischen Lebensmitteln liegen die Folate als Monoglutamate vor. Die Monoglutamate sind die einfachen gebundenen Formen der Folate und annähernd quantitativ absorbierbar. Diese Formen der Folate können vom Körper leichter aufgenommen werden. [4] [10]

Die synthetisch hergestellte Folsäure (*Pteroylmonoglutaminsäure*) hat im Gegensatz zu den oben erwähnten Folaten nur einen Glutaminsäurerest und wird zu Nahrungsergänzungsmitteln, zu angereicherten Lebensmitteln und zu Arzneimitteln gegeben. Die

synthetisch hergestellte Folsäure ist die stabilste Form des Vitamins und kann vom Körper nahezu vollständig aufgenommen werden. [4]

1.2 **Folsäurezufuhr**

Im Jahre 2000 wurde von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) sowie von der Österreichischen und Schweizerischen Gesellschaften für Ernährung (*zusammen DACH*) eine gemeinsame Empfehlung für die tägliche Folsäureaufnahme in Form von Referenzwerten festgelegt. Diese Empfehlungen gelten für die gesunde Bevölkerung und sind in nachfolgender Tabelle dargestellt. [4]

Tab. 1 Empfohlene Folsäurezufuhr der DGE und DACH 2000 [4]

Altersgruppe	Folsäure (Nahrungsfolat) in µg Äquivalent pro Tag
Kleinkinder	
0 bis unter 4 Monate	60
4 bis unter 12 Monate	80
Kinder	
1 bis unter 4 Jahre	200
4 bis unter 10 Jahre	300
10 bis unter 15 Jahre	400
Jugendliche und Erwachsene	
15 bis 65 Jahre und älter	400
Schwangere und Stillende	600

Die Folataufnahme muss in vielen Teilen der Bevölkerung als nicht gesichert beschrieben werden, obwohl ein vielseitiges Lebensmittelangebot besteht. Deswegen wird Folat auch als kritisches Vitamin eingestuft. Hauptsächlich betroffen diesbezüglich sind Mädchen, junge Frauen, Schwangere, Stillende und Alkoholiker die einen besonderen Bedarf an Folsäure benötigen. [7]

Im Folgenden werden einige Gründe für eine **Unterversorgung** beschrieben:

- eine zu geringe Aufnahme durch die Nahrung, was der häufigste Grund einer Unterversorgung ist
- Aufnahmestörungen durch Unverträglichkeiten wie z.B. Zöliakie oder durch hohen Alkoholkonsum
- erhöhter Bedarf während des Wachstums, in der Schwangerschaft sowie in der Stillzeit
- Medikamente, die die Aufnahme behindern oder beeinträchtigen
- Stoffwechselerkrankungen [7]

Eine **Übersorgung** mit Folsäure erfolgt erst bei einer Aufnahme von mehreren Milligramm (*bis zu 15mg/ Tag*) über eine längere Zeit, welche meist nur in Therapien erreicht wird. In diesen Dosen weist Folsäure eine geringe Toxizität auf. Nebenwirkungen können eventuell allergische Reaktionen oder Gemütsstörungen, Schlaflosigkeit, erhöhte Reizbarkeit und gastrointestinale Störungen (*Reizmagen/-darm*) sein. Durch Dosissenkung oder Absetzung verschwinden diese Symptome. Ein potenzielles Risiko der Maskierung eines unentdeckten Vitamin B12 Mangels besteht, jedoch wurde bisher nur über wenige Fälle berichtet. Als Obergrenze für eine sichere Höhe der Aufnahme von synthetischer Folsäure wurde ein 'Upper Safe Level of Intake', von der Scientific Committee on Food der Europäischen Kommission (*SCF*) festgesetzt. Die maximale Tageszufuhr beträgt hiernach 1 mg/Tag. [8]

1.3 Bioverfügbarkeit und Vorkommen

Der Folatgehalt und die Form der gebundenen Folate in Lebensmitteln machen es schwer den empfohlenen Tagesbedarf von 400µg zu erreichen. Um der variierenden Bioverfügbarkeit der Nahrungsfolate gerecht werden zu können, wurde 1998 von den USA der Begriff Folatäquivalent eingeführt. Der Begriff Folatäquivalent bedeutet das 1 µg Folatäquivalent gleichgesetzt wird mit 1 µg Nahrungsfolat, was wiederum 0,5 µg synthetischer Folsäure entspricht. Folat ist in vielen Lebensmitteln (*siehe Tab. 2*) vorhanden wie, grünes Blattgemüse, Spargel, Getreide, Leber, ein paar Milchprodukte (*Magerquark*), Hühnerei und Hefe. Fleisch, Fisch und Obst sind relativ folatarm. [9],[8]

Tab. 2 Folatgehalte von verschiedenen Lebensmitteln [9] [10]

Pflanzliche Lebensmittel	Folatgehalt in µg/100g	Tierische Lebensmittel	Folatgehalt in µg/100g
Obst		Milchprodukte & Ei	
Banane, Birne	14	Milch 1,5% Fett + 3,5% Fett	5
Erdbeere, Weintraube	43	Morzzarella	10
Sauerkirsche	75	Sahne	12
Gemüse		Joghurt 3,5 % Fett	13
Tomate, Kartoffel	22	Magerquark	16
Paprika, Kopfsalat	58	Gauda 45% Fett i. Tr.	21
Brokkoli	114	Camembert 50% Fett i. Tr.	56
Spinat, Feldsalat	145	Ei	67
Getreideprodukt, Zerealien		Fleisch, Fisch	
Reismehl	8	Kochschinken	5
Maismehl	10	Putenbrust	7
Weizenmehl Type 550	16	Forelle	9
Weizenkleie	195	Scholle	11
Sojaschrot	264	Garnele, Krabbe	12
Weizenkeime	520	Schweineschnitzel	21
Nüsse		Leberwurst	30
Mandel	45	Schweineleber	75
Haselnuss	71	Rinderleber	220
Erdnuss	169	Hühnerleber	380

1.4 Stoffwechsel und Resorption

Die Aufnahme des Vitamins erfolgt hauptsächlich über den Darm. Folsäure wird als solche aufgenommen und in andere Folat-Verbindungen umgewandelt, die dann ihre Wirkung entfalten. Da die Nahrung jedoch fast ausschließlich nur Polyglutamatverbindungen enthält, müssen diese vorher in Monoglutamate gespalten werden. Dabei sollte ein pH-Wert im basischen Bereich vorliegen. Die Spaltung erfolgt im Bürstensaum der Mukosazellen des Zwölffingerdarms und im oberen Teil des Dünndarms mit Hilfe des Enzyms Carboxypeptidase. [6]

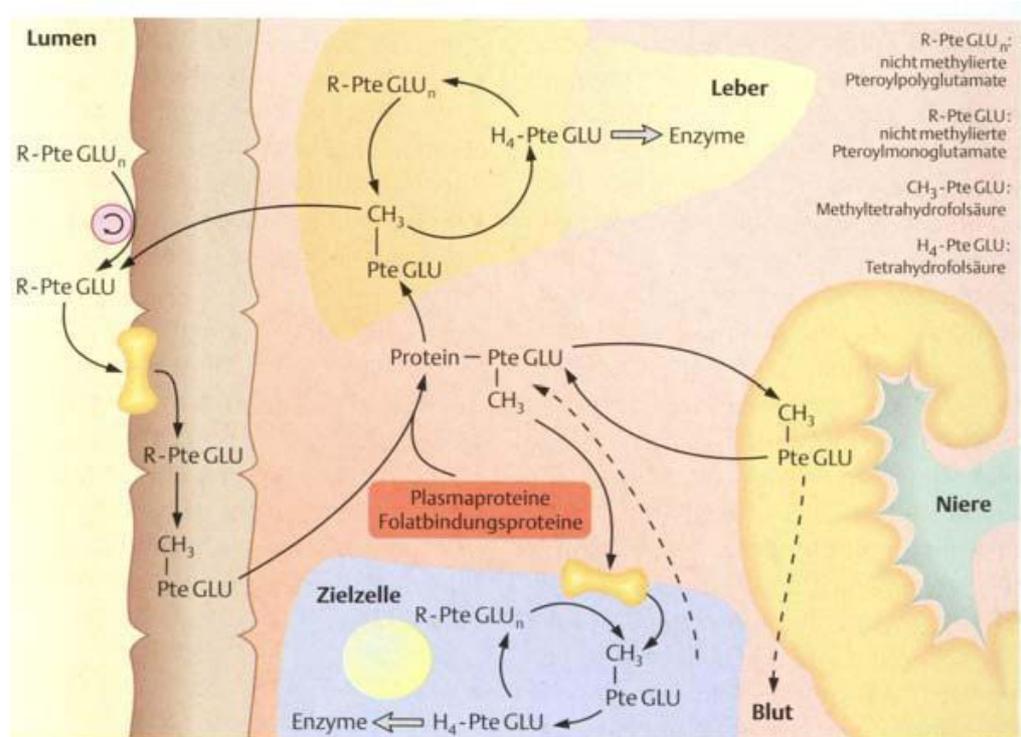


Abb. 2: Metabolismus der Folsäure (nach Katrin Kahle 2003)

Das im Darmsaft und in der Darmschleimhaut befindliche Enzym spaltet alle überflüssigen Reste ab bis die Form der resorbierbaren Monoglutamatverbindungen entstanden ist. Die überwiegend aktive Resorption wird durch Natrium-Ionen und Glukose stimuliert. Das Vitamin ist durch den chemischen Aufbau so klein, dass ein Teil der Folate auch durch Diffusion durch die Darmwand aufgenommen werden kann. [7]

Nach der Aufnahme im Darm werden die Folate schnell in das Hauptspeicherorgan Leber und in verschiedene Zielgewebe transportiert. Zum Transport der Folate werden diese im Blut an Proteine gebunden. In den Zellen des Zielgewebes werden die Folate noch einmal umgewandelt. Die Speicherform der Folate entspricht wieder der Verbindung der Polyglutamate. Junge Blutkörperchen sind ebenfalls Speicherorte für Folate, reife Blutkörperchen können nicht mehr speichern. Um das gespeicherte Folat freizusetzen, muss dieses wieder vom gebundenen Folat zu Monoglutamat umgewandelt werden. Erst dann kann es durch die Zellmembran an seinen Wirkungsort transportiert werden. [7]

Die Folate unterliegen dem so genannten enterohepatischen Kreislauf. Dies ist der Transportweg der ausgeschiedenen Substanzen der Galle, die in tieferen Darmabschnitten wieder aufgenommen werden und so in die Leber gelangen. Er ist ein wichtiger Faktor der Folathomöostase, der Selbstregulierung des Folats. [7]

Bei einer bedarfsgerechten Folataufnahme ist die Ausscheidung relativ gering. Sie liegt etwa zwischen 10-20 %. Die Folatausscheidung passt sich der Versorgungslage an. Wird wenig Folat aufgenommen, so wird auch weniger ausgeschieden und wird mehr Folat aufgenommen, so wird mehr ausgeschieden. Die nicht absorbierten Nahrungsfolate, das nicht rückabsorbierte Folat aus dem enterohepatischen Kreislauf und die durch die Darmbakterien synthetisierten Folatverbindungen werden über den Stuhl ausgeschieden.[7]

1.5 Homocysteinestoffwechsel und weitere Funktionen

Folat hat noch weitere Funktionen. Mit Hilfe des Vitamins B12 ist es an der Umwandlung von Homocystein zu Methionin beteiligt. Homocystein ist eine schweflige Aminosäure die normalerweise mit Hilfe von umgewandeltem Folat schnell zu Methionin umgesetzt wird oder zu Cystein abgebaut wird. [6] Methionin ist ebenfalls eine Aminosäure und wird im Körper zur Herstellung reaktionsfähiger Folatverbindungen benötigt. Besteht ein Vitamin B12 Mangel, ist diese Umwandlung gestört und es kommt zur Verarmung des Organismus an reaktionsfähigen Folatverbindungen. [7]

Folat wirkt auch durch Bindung an ein Enzym, als Coenzym, für die Beschleunigung bestimmter Stoffwechselvorgänge. [7]

Außerdem überträgt Folat bestimmte chemische Stoffgruppen, die zum Aufbau spezieller Substanzen benötigt werden. Ohne Folat als Überträger könnten diese nicht entstehen. Sie sind jedoch essenziell für verschiedene Stoffwechselprozesse. [7]

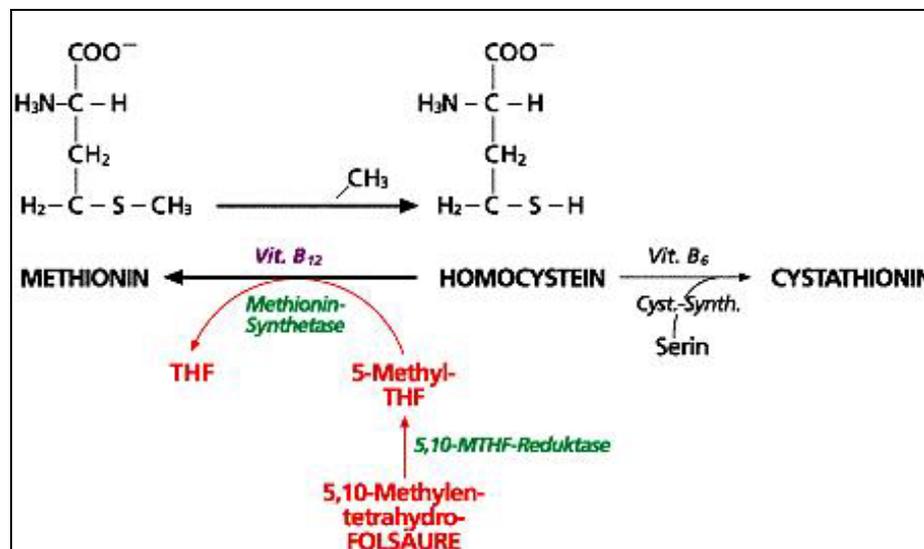


Abb. 3: Homocystein-Methionin-Stoffwechsel (nach Kathrin Kahle 2003)

Folat erfüllt ebenfalls eine wichtige Funktion bei der Zellteilung und der DNA-Replikation (*Vervielfältigung der Erbinformation*). Es ist unentbehrlich für das Zellwachstum und die optimale Zellentwicklung, besonders für die geordnete Zellentwicklung eines Embryos. [7]

1.6 **Folsäure in der Schwangerschaft**

Für Schwangere spielt Folsäure eine wichtige Rolle. Durch eine Erhöhung der Folsäure-Gabe pro Tag von 400 µg auf 600 µg, kann das Risiko von Neuralrohrdefekten um bis zu 70 % gesenkt werden. [7] Das Neuralrohr ist von dem zentralen Nervensystem eine Entwicklungsstufe, die sich später zum Gehirn und Rückenmark weiter entwickelt. [6] Bei dem Neuralrohrdefekt handelt es sich um den so genannten offenen Rücken (*Spina bifida*), oder um das vollständige Fehlen des Gehirns (*Anencephalie*). Säuglinge die mit diesem Defekt auf die Welt kommen, leiden unter Missbildungen und Behinderungen und sind meist ein Leben lang auf eine komplexe medizinische Versorgung angewiesen.

Diese resultierenden Fehlbildungen können auch zum Tod führen bzw. die Kinder sind erst gar nicht lebensfähig. Die Missbildung des Neuralrohrs ist die am meisten auftretende Fehlbildung des Zentralnervensystems. [7] Auch Missbildungen wie die Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte oder Behinderungen wie das Down-Syndrom werden mit Folatmangel in Verbindung gebracht. [11] Um derartige Probleme zu verhindern, sollte eine erhöhte Folsäure-Gabe schon einige Zeit vor der Empfängnis erfolgen und in den ersten 3 Monaten der Schwangerschaft beibehalten werden. Dies ist erforderlich, da sich das Neuralrohr ungefähr am 21. Schwangerschaftstag anfängt zu bilden und binnen 7 Tagen vollständig ausgebildet ist. Frauen mit Kinderwunsch, wird aufgrund dieser Tatsachen geraten, schon frühzeitig auf ihre Folataufnahme zu achten. Ein Problem ist es, dass eine Schwangerschaft erst nach einigen Wochen erkannt wird und somit die erhöhte Folsäure-Gabe zu spät erfolgt. [7] Aus diesem Grund ist es umso wichtiger von dem Gedanken wegzukommen, dass Folsäure nur ein Vitamin für Schwangere ist. Eine ausreichende Aufnahme von Folsäure kann vielen Menschen helfen Krankheiten vorzubeugen oder sie gar zu bekämpfen.

1.7 **Folsäure gegen Krankheiten**

Bei Arteriosklerose, einer Erkrankung der Blutgefäße, spielt Folsäure eine entscheidende Rolle. Es wurde in zahlreichen Studien gezeigt, dass Homocystein ein Risikofaktor für arteriosklerotische Prozesse darstellt. So genannte Plaques lagern sich bei der arteriosklerotischen Erkrankung an den Innenwänden der Blutgefäße ab. Die Blutgefäße werden dadurch verengt und das Blut kann nicht mehr ungehindert durchfließen. [7]

Zum Abbau des Homocysteins wird vom Körper unter anderem Folat benötigt. Ist dies nicht in ausreichender Menge vorhanden, steigt der Homocystein-Spiegel an. Schon bei geringem Anstieg des Homocystein-Spiegels wurde festgestellt, dass das Risiko für Herz-Kreislauferkrankungen beträchtlich steigt. Eine vergleichbare Bedeutung wie ein erhöhter Homocystein-Spiegel besitzt auch ein zu hoher Cholesterin-Spiegel. Dadurch kann es in weiterer Folge zu Schlaganfällen kommen. Der Homocystein-Spiegel wird noch von weiteren Faktoren wie Alter und Geschlecht beeinflusst. [7]

Ebenfalls wird ein Zusammenhang zwischen Folatmangel und dem Risiko an Krebs zu erkranken diskutiert. Das zwischen der Ernährung und der Entstehung von Tumoren ein Zusammenhang besteht, ist unstrittig. Ballaststoffe, sekundäre Pflanzenstoffe und antioxidative Vitamine wirken der Krebsentstehung entgegen. Bei einer erhöhten Folataufnahme weisen einige Studien darauf hin, dass das Risiko für Tumore geringer ist. Diese Zusammenhänge konnten jedoch noch nicht nachgewiesen werden, weshalb weitere Studien notwendig sind. [7]

Eine Verbindung wird ebenso zwischen Folat und psychischen Erkrankungen (*Depression*) sowie neurologischen Erkrankungen (z.B. *Alzheimer*) untersucht. Durch den Mangel an Folsäure wird die Bildung des S-Adenosylmethionin, unterdrückt. Diese Substanz wird mit einer erhöhten Bildung des Hormons Serotonin, das antidepressiv wirkt, in Verbindung gesetzt. Durch vermehrte Aufnahme von Folsäure wird daher eine Verbesserung von Depressionen erwartet. [7]

1.8 Hefe

Die Hefe ist eine heterogene Gruppe von einzelligen Pilzen und gehört zur Abteilung der Schlauchpilze. Die Fortpflanzung erfolgt durch Sprossung. Hefen werden in folgende Gruppen eingeteilt: in Backhefe, Bierhefe, Futterhefe, Wildhefe und Weinhefe. Von besonderer Bedeutung für die Backwarenindustrie ist jedoch nur die Backhefe (*Saccharomyces cerevisiae*). [12]

1.8.1 Backhefe

Die Backhefe, *Saccharomyces cerevisiae*, hat ihren Ursprung aus obergärigen Bierhefen. Der griechische Name *Saccharomyces* heißt im deutschen "Zuckerpilz", der lateinische Name *cerevisiae* bedeutet im deutschen "vom Bier". Die Backhefe zeichnet sich durch starke Kohlendioxidbildung, Hitzebeständigkeit und gute Haltbarkeit aus. Sie wird hauptsächlich als Backtriebmittel für Weizenbrote und Weizenmischbrote verwendet. [13]

Während der Gärung spalten die hefeeigenen Enzyme Disaccharide in Monosaccharide. Die einfachen Kohlenhydrate werden durch Zymase in CO₂ und Ethanol umgewandelt. Ethanol ist ein Alkohol und dient daher als Schutz vor anderen Mikroorganismen, jedoch hemmt zu viel Alkohol den eigenen Stoffwechsel. Die Hefe kann aber auch in sauerstoffreichen Teigen durch Atmung Energie gewinnen. Mit der Hilfe von Sauerstoff verbrennt die Hefe Glucose und gewinnt dadurch Energie. Der Stoffwechselfad ist abhängig von der An- oder Abwesenheit von Sauerstoff, da die Backhefe fakultativ anaerob ist. Steht kein vergärbare Zucker oder Sauerstoff mehr zur Verfügung wird auch das vorher selbst produzierte Ethanol als Energiequelle genutzt.

Hefe kann sich weiter vermehren, solange der pH-Wert nicht durch eine zu hohe Ethanol-Konzentration, oder durch Mangel von Nährstoffen zu sehr absinkt. Die optimale Temperatur für den Trieb der Hefe liegt bei ca. 32°C. Zur Vermehrung der Hefe sind ca. 28°C ideal. Hefen beginnen abzusterben, wenn der Temperaturbereich über 45°C steigt.

Die Backhefe ist erhältlich als Presshefe, Flüssighefe und Trockenhefe und wird mit ca. 3 % bis 6 % auf die Mehlmenge dosiert. Schwere

Teige und fettreiche Teige benötigen Aufgrund der damit verbundenen geringeren Zugabe von Flüssigkeit, die die Hefe für ihren Stoffwechsel benötigt, eine Dosierung von bis zu 8 %. Bei langen Teigführungen oder Vorteigen muss der Hefeanteil geringer sein (1-2 %). [13]

Die Bedeutung der Hefe in dieser Arbeit ist dadurch begründet, dass Hefe reich an Folat ist und während der Gärzeit auch Folat bilden kann. Das Folat der Hefe ist für den Körper jedoch nur zu ca. 10 % verfügbar. [8]

Eine neue Hefegeneration entsteht alle 90-120 Minuten. Mit dieser neuen Generation werden ca. 75 - 240µg Folat gebildet. [14) Aber auch eine Mehrung der freien Folate durch enzymatische Behandlung mit Carboxy(poly)peptidasen wie Papain oder Pankreaprotease ist möglich. Hefe enthält mit Glutaminresten konjugierte Folsäure, die durch eine enzymatische Behandlung freigesetzt werden können. Dadurch kann der Gehalt an freiem Folat bis auf 20mg pro 100g Hefetrockensubstanz steigen. [15]

2 Material und Methoden

2.1 *Material*

<u>Produktherstellung:</u>	<u>Folsäurenachweis:</u>
1) Backofen 2) Mixer 3) Spiralkneter 4) Gärschrank 5) Teigschaber 6) Teigteilmaschine 7) Langrollmaschine 8) Kessel 9) Tücher 10) Messer 11) Bleche 12) Sticken 13) Arbeitstisch 14) Stoppuhren	1) Analysenwaage 2) Autoklav 3) Brutschrank 4) Dampftopf 5) Multipipette 6) Photometer 7) Mikroliterpipette
<u>Premixherstellung</u>	
1) Waage 2) Schüsseln 3) Plastikbeutel 4) Löffel 5) Luftmaschine	

2.2 Rohstoffe

<u>Trockene Rezepturbestandteile</u>	<u>Emulgatoren andere Zusätze</u>
1) Mehl 2) Reismehl 3) Sojaschrot 4) Johannesbrotkernmehl 5) Guarkernmehl 6) Reisquellmehl 7) Maisstärke 8) Weizenstärke 9) native Maisstärke 10) Zucker 11) Salz	1) Ascorbinsäure 2) Backmittel 3) Honigpulver 4) Zitronensäure 5) Enzympräparate 1) Emulgatoren
<u>Flüssigkeiten</u>	<u>Fette und Ei</u>
1) Wasser 2) Milch	1) Hefe 2) Pflanzenfett 3) Margarine 4) Vollei

Namen von Emulgatoren und Enzymen dürfen aus Gründen des Betriebsgeheimnisses nicht genannt werden

<u>Folsäurepremix:</u>
1) Folsäure (Pulver) 2) Trägermaterial Weizenstärke u. Maltodextrin 12) Fließhilfsmittel Trikalziumphosphat

Folsäurenachweis:

<u>Backwaren</u>	<u>Enzyme und Chemikalien</u>
1) Baguettebrötchen	2) Phosphat-Pufferlösung
2) glutenfreies Brot	3) Enzyme
3) Sandkuchen	4) Testmedium
4) Weißbrote	5) Alkohol

Namen von Enzymen und Testmedien dürfen aus Gründen des Betriebsgeheimnisses nicht genannt werden

2.3 Methoden

2.3.1 Premixerstellung

Um Lebensmittel mit Folsäure verlustfrei anzureichern, wurde ein Premix erstellt. Dieser besteht aus dem Vitamin, einem Träger, z.B. Weizenstärke, Maltodextrin oder auch Salz (z.B. bei *Fleischerzeugnissen*), der den Hauptteil des Premixes ausmacht. Ebenso wurde Trikalziumphosphat als Fließhilfsmittel zugegeben. Folsäure ist ein dunkelgelbes Pulver, das leichte Rückstände an Material zurücklässt. Nach dem Einwiegen wurde die Plastiktüte an der Öffnung zusammen genommen und Luft so eingelassen, bis die Tüte prall gefüllt war. Die prall gefüllte Plastiktüte wurde nun so lange geschüttelt, bis alle Bestandteile gut vermischt waren. [16]



Abb. 4: Folsäurepulver (*links*), Folsäure im Premix mit Maltodextrin (*mitte*) und Weizenstärke (*rechts*)

2.4 Folsäurenachweis

Der Folsäurenachweis erfolgte mikrobiologisch durch Ausfällen des Folats mit Enzymen. Mit dieser Methode werden alle Folate bestimmt. Es kann nicht zwischen Mono- und Polyglutamaten unterschieden werden.

Als erstes wurde das zu untersuchende Produkt homogenisiert. Die Probe wurde in einen Erlenmeyerkolben gegeben, mit einer Phosphat-Pufferlösung versetzt und für 15 min in ein Wärmebad gegeben. Danach musste die Probe abkühlen und konnte dann mit dem speziellen Enzym beimpft werden. Diese Lösung musste nun über Nacht bei 37° C geschüttelt werden. Am nächsten Tag wurde die Suspension mit 100 ml destilliertem Wasser aufgefüllt.

Als nächstes wurde die Suspension durch einen Filter gegeben. Anschließend wurden Reagenzgläser mit unterschiedlichen Mengen an Wasser gefüllt und mit einer Pipetierhilfe die Suspension aliquotiert, so dass in jedem Reagenzglas die gleiche Menge Flüssigkeit enthalten war. Ein Testmedium wurde anschließend hinzugegeben und die Lösungen autoklaviert. Die autoklavierten Proben wurden erneut mit Enzymen beimpft und für 16-24 h bei 37 °C inkubiert. In dieser Zeit wirkt das Enzym und umso mehr Folat in der Lösung vorhanden war, umso trüber ist die Lösung. Ein spezielles Reagenzglas wurde mit der Lösung in das Photometer eingespannt. Zum Säubern des Reagenzglases wurde Alkohol verwendet. Das Photometer hat eine Lichtquelle, die durch einen Filter und durch die Lösung auf einen Detektor trifft. Ein bestimmter Teil des Lichtes wird absorbiert. Die Differenz aus eingestrahlt und detektiertem Licht ist die Absorption. Je höher die Absorption, desto höher ist die Konzentration der Folate in der Lösung. Anschließend erfolgte die Auswertung über ein PC-Programm, das die Werte des Photometers umrechnet und den Folatgehalt in mg pro 100 g Produkt angibt.

Dieser Nachweis hat jedoch einen Fehlerquotient von ca. 20%. [17]

2.5 **Backversuche**

2.5.1 **Versuchsreihe #1 Baguettebrötchen**

Versuchsbeschreibung

In der Versuchsreihe eins wurde die Stabilität der Folsäure durch eine langzeitgeführte Herstellung von Baguettebrötchen geprüft. Diese Versuchsreihe beinhaltet vier Versuche mit unterschiedlicher Zugabe von Folsäure.

Tab. 3: Folsäurezugabe auf 100 g Mehl und berechneter Folatgehalt im Produkt

	Folsäurezugabe pro 100 g Mehl	theoretischer Folsäuregehalt pro 100 g Baguettebrötchen
Versuch 1	150 µg	90 µg
Versuch 2	200 µg	120 µg
Versuch 3	250 µg	150 µg
Versuch 4	300 µg	180 µg

Versuchsdurchführung

Tab. 4: Rezeptur der Baguettebrötchen der Versuchsreihe #1

Rezeptur	
Mehl	1000g
Backmittel	5g
Salz	16g
Zucker	30g
Pflanzenfett	30g
Hefe	5g
Wasser	580ml

Das Weizenmehl Type 550 wurde mit dem Folsäurepremix versetzt. Des Weiteren wurde ein Brötchenbackmittel mit 3 %igen Gehalt an natürlichen Emulgatoren und ein standardisiertes Enzympräparat für extrem lange Gärzeit zugegeben. Weitere Zutaten wie Salz, Zucker, Pflanzenfett, frische Hefe und Wasser wurden abgewogen bzw. abgemessen und in einem Spiralknetter zu einem Teig geknetet. Nachdem Kneten wurde der Teig aus dem Spiralknetter entnommen und erhielt eine kurze Teigruhe, bevor er rundgewirkt wurde. Nach einer Zwischengare wurde der Teig in einer Teigteilmaschine geteilt. Jeweils zwei Teiglinge wurden zusammengedrückt und in einer Teigformmaschine länglich gerollt. Jede Versuchsreihe ergab 15 Baguettebrötchen. Es wurden jeweils 8 Baguettebrötchen einer Gärzeit von 19 h ausgesetzt und jeweils 7 Baguettebrötchen erhielten eine Übergare von 20 h. Nach der Gärzeit wurden die Baguettebrötchen eingeschnitten und bei 240°C Backtemperatur ca. 20 min gebacken.

2.5.2 Versuchsreihe #2 glutenfreies Brot

Versucherklärung

Bei diesem Versuch wurden zwei glutenfreie Brote gebacken, wovon eins angereichert wurde. Es wurden 175µg Folsäure auf 500g Backmischung des glutenfreien Brotes zugegeben, um die Hitzestabilität der Folsäure zu bestimmen.

Versuchsdurchführung

Tab. 5: Rezeptur des glutenfreien Brotes der Versuchsreihe #2

Rezeptur	
Backmischung	500 g
Vollei	50 g
Hefe	10 g
Wasser	400 ml

Die Backmischung für das glutenfreie Brot besteht hauptsächlich aus Maisstärke und Reismehl, außerdem wurde noch Sojaschrot, Reisquellmehl, 80%iges Fettpulver, Honigpulver, Johannesbrotkernmehl, Salz und Zitronensäure der Backmischung hinzugegeben.

Der Backmischung wurden die Rezepturbestandteile Vollei, Hefe und Wasser für die Teigherstellung zugegeben und in einem Mixer zu einem glatten Teig vermischt. Von dem Teig wurden 600g in kastenförmige Backformen eingewogen. Der Teig kam direkt für 60 min in den Gärraum. Nach der Stückgare wurde der Teig bei 200°C für 60 min gebacken.

2.5.3 Versuchsreihe #3 Sandkuchen

Versuchserklärung

In diesem Versuch soll die Hitzestabilität der Folsäure im Sandkuchen bestimmt werden. Hierzu werden 2 Sandkuchen hergestellt, wobei ein Sandkuchen mit Folsäure angereichert wird.

Versuchsdurchführung

Tab. 6: Rezeptur vom Sandkuchen der Versuchsreihe #3

Rezept	
Backmischung	500g
Margarine	200g
Ei	200g
Milch	50ml

Es wurde eine Backmischung für den Sandkuchen zusammengemischt. Diese besteht aus Weizenmehl mit maximal 11 % Proteingehalt, Weizenstärke, native Maisstärke, Guarkernmehl und Xanthan, einem natürlichen Verdickungsmittel. Der Backmischung wurde mit den Rezepturbestandteilen Margarine, Vollei und Milch vervollständigt und in einem Mixer zu einer glatten Masse vermischt. Die Masse wurde in eine mit Papier ausgelegte Backform eingewogen. Die Masse wurde bei 200°C für 60 min gebacken.

2.5.4 Versuchsreihe #4 Weißbrote freigeschoben 1

Versuchserklärung

In dieser Versuchsreihe wurden vier verschiedene Teige hergestellt, um die Auswirkung der Träger Weizenstärke und Maltodextrin an Hand unterschiedlicher Konzentration von Folsäure herauszufinden. Außerdem wurden unterschiedliche Temperaturen beim Backprozess eingesetzt, um die Hitzestabilität von Folsäure zu ermitteln. Auf Grund eines Berechnungsfehlers der Prämixmenge wurden in diesem Versuch alle Weißbrote mit 150µg bzw. 200µg Folsäure pro 1 kg Mehl angereichert.

Versuchsdurchführung

Tab. 7: Rezeptur der Weißbrote der Versuchsreihe #4

Rezept	
Weizenmehl Type 550	1000 g
Hefe	30 g
Salz	20 g
Pflanzenfett	30 g
Zucker	10 g
Ascorbinsäure	0,080 g
Backmittel (Malz)	20 g
Wasser	579,92 ml

Die Zutaten wurden abgewogen, in einen Spiralknetter gegeben und zu einem Teig geknetet. Nach einer kurzen Teigruhe wurden die Teige rundgewirkt und erhielten eine kurze Zwischengare, bevor sie in jeweils vier Teiglinge von 400g geteilt und zu Brotlaibe geformt wurden. Die Stückgare im Gärschrank erfolgte bei 32°C und 82 % relative Luftfeuchte. Je 2 Brote aus den vier Teigen wurden bei 230°C und 30 min gebacken und die restlichen Brotlaibe bei 250°C und 20 min um die Hitzestabilität der Folsäure zu bestimmen.

2.5.5 Versuchsreihe #5 Weißbrote freigeschoben 2

Versuchserklärung

Es wurden 9 Versuche erstellt, um die Auswirkung der Hefe- und Zuckerkonzentration auf die Folsäuremenge im fertigen Produkt mit dem Prämixträger Weizenstärke zu untersuchen.

In den Versuchen 1, 2 und 3 wurden Hefemengen von 30 g, 60 g und 90 g zugegeben und es erfolgt keine Folsäurezugabe.

Bei den Versuchen 4, 5 und 6 wurden 30g, 60g und 90g Hefe zugegeben und mit 150µg Folsäure pro 100g Mehl angereichert.

Die Versuche 7, 8 und 9

erhielten eine unterschiedliche Zuckerzugabe von 15 g, 20 g, 30 g, eine gleich bleibende Hefezugabe von 30 g und keine Folsäurezugabe.

Versuchsdurchführung

Tab. 8: Rezeptur der Weißbrote der Versuchsreihe #5

Rezeptur	
Weizenmehl Type 550	1000 g
Hefe	30 g/ 60 g/ 90 g
Salz	20 g
Pflanzenfett	30 g
Zucker	10 g/ (15 g/ 20 g/ 25 g)
Ascorbinsäure	0,080 g
Backmittel (Malz)	20 g
Wasser	579,92 ml

Die Herstellung der Weißbrote erfolgte wie in 2.5.4 beschrieben.

3 Ergebnisse und Auswertung

3.1 Auswertung Versuchsreihe #1

Tab. 9: gefundene Folatgehalte der langzeitgeführten Baguettebrötchen

Folsäureanreicherung in µg pro 1 kg Mehl	Ermittelter Folatgehalt nach 19h Gärzeit	Ermittelter Folatgehalt nach 20h Gärzeit
100	180 µg	300 µg
150	280 µg	260 µg
200	270 µg	350 µg
250	340 µg	350 µg

Die Folatgehalte der gebackenen Baguettebrötchen zeigen deutlich höhere Werte auf als Folsäure zugegeben wurde. Dies kann man auf die Hefe und die extrem lange Gärzeit der Baguettebrötchen zurückführen (*siehe 1.8.1*). Außerdem enthalten auch andere Rezepturbestandteile Folsäure, wie z.B. Mehl.

3.2 Auswertung Versuchsreihe #2

Die Gebäckoberfläche der abgebackenen glutenfreien Brote ist etwas hell. Die Krumenstabilität ist etwas geschwächt und der Geschmack ist neutral.

Tab. 10: Aufzeichnung der Versuchsergebnisse der Versuchsreihe #2

	nicht Folsäure angereichert	mit Folsäure angereichert
Teigtemperatur	28,2°C	29,1°C
Teigeinwaage	600g	600,0g
Gebäckgewicht	548,6g	536,7g
Backverlust	51,4g/ 8,6 %	63,3g/ 10,6 %
FS Zugabe	keine	35µg/ 100g BM*
FS Fund	nicht bestimmt	190µg/ 100g Brot

* Backmischung

In dem Folsäure angereichertem, glutenfreiem Brot wurden 190µg Folat in 100g Brot gefunden. Das glutenfreie Brot besteht aus folatreichen Rezepturbestandteilen wie z.B. Sojaschrot und Hefe, die den Folatgehalt durchaus beeinflussen können (*siehe 1.8.1*).

3.3 Auswertung Versuchsreihe #3

Die fertigen Sandkuchen unterscheiden sich äußerlich nicht von einander. Die Gebäckoberfläche ist normal gebräunt, jedoch stark eingefallen. Die Krumenstruktur ist etwas feucht, die Krumenstabilität und der Geschmack weisen keine abnormalen Veränderungen auf.

Tab. 11: Aufzeichnung der Versuchsergebnisse der Versuchsreihe #3

	nicht Folsäure angereichert	mit Folsäure angereichert
Massentemperatur	26,3°C	25,9°C
Masseneinwaage	700 g	700 g
Gebäckgewicht	650,5 g	652 g
Backverlust	49,5 g/ 7,1 %	48g/ 6,9 %
FS Zugabe	keine	250µg/ 100g BM*
FS Fund	nicht bestimmt	180µg/ 100 g.
FS Verlust in %	/	40 %

* Backmischung

Der Sandkuchen wurde mit 250 µg Folsäure pro 100 g Backmischung angereichert. In 100 g Sandkuchen wurden 180 µg Folat gefunden, was einen Verlust von 40 % entspricht. Dieser Verlust entspricht auch dem in der Theorie beschriebenen Verlust durch backen oder kochen.

3.4 Auswertung Versuchsreihe #4

Die Gebäckoberfläche der Brote ist bei allen Versuchen normal. Die Brote die bei 230°C und 30 min gebacken wurden, haben eine dickere Kruste als die Brote die bei 250°C und 20 min gebacken wurden.

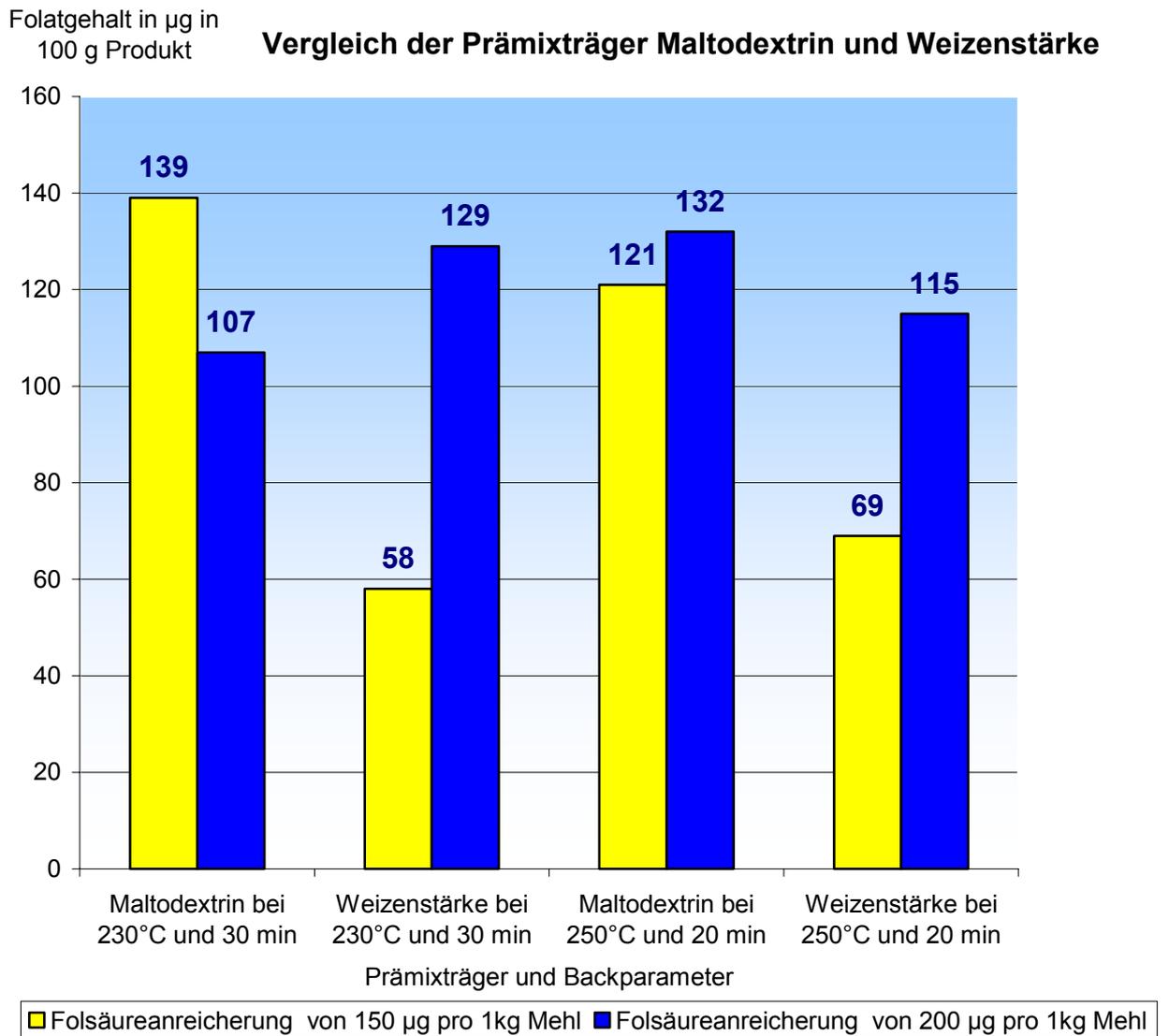


Abb. 5: Diagramm: Vergleich der Prämixträger Maltodextrin und Weizenstärke mit verschiedener Folsäureanreicherung unter Berücksichtigung der Backparameter von 230°C und 30 min bzw. 250°C und 20 min

Bei dem Prämixträger Maltodextrin, den Backparametern von 230°C und 30 min ist der Gehalt an Folat, bei einer Anreicherung von 150 µg Folsäure höher, als bei der Anreicherung mit 200µg Folsäure. Diese Werte können als so genannte "Ausreißer" oder als eine Standardabweichung betrachtet werden, da die mikrobiologische Bestimmung (*siehe 2.4*) einen Fehlerquotienten von ca. 20 % hat. Bei den Backparametern von 250°C und 20 min ist der Folatgehalt, bei einer Anreicherung von 150 µg Folsäure, niedriger als bei der Anreicherung mit 200 µg Folsäure. Außerdem ist der Folatgehalt bei einer Anreicherung von 200 µg Folsäure und den Backparametern von 250°C und 20 min höher, als bei der längeren Backzeit und geringerer Temperatur.

Bei dem Prämixträger Weizenstärke ist der Folatgehalt, bei einer Anreicherung von 150 µg Folsäure, sehr viel niedriger als bei dem Prämixträger Maltodextrin. Die kürzere Backzeit zeigt aber auch hier einen höheren Gehalt an Folat im Produkt. Der Folatgehalt im Produkt ist bei der Anreicherung von 200 µg Folsäure und den Backparametern von 230°C und 30 min höher, als bei der kürzeren Backzeit, was eventuell auch als eine Standardabweichung betrachtet werden kann. Es kann ungeachtet dessen angenommen werden, dass eine kürzere Backzeit sich geringer auf den Folatverlust auswirkt.



Abb. 6: Weißbrote mit 150 µg Folsäure, Prämixträger Maltodextrin und den Backparameter von 230°C und 30 min

Abb. 7: Weißbrote mit 150 µg Folsäure, Prämixträger Maltodextrin und den Backparametern von 250°C und 20 min



Abb. 8: Weißbrote mit 150 µg Folsäure, Prämixträger Weizenstärke und den Backparameter von 230°C und 30 min

Abb. 9: Weißbrote mit 150 µg Folsäure, Prämixträger Weizenstärke und den Backparameter von 250°C und 20 min



Abb. 10: Weißbrote mit 200 µg Folsäure, Prämixträger Maltodextrin und den Backparameter von 230°C und 30 min

Abb. 11: Weißbrote mit 200 µg Folsäure, Prämixträger Maltodextrin und den Backparameter von 250°C und 20 min



Abb. 12: Weißbrote mit 200 µg Folsäure, Prämixträger Weizenstärke und den Backparameter von 230°C und 30 min

Abb. 13: Weißbrote mit 200 µg Folsäure, Prämixträger Weizenstärke und den Backparameter von 250°C und 20 min

Diese Darstellung soll zeigen, dass Folsäure keinerlei Auswirkungen auf das Aussehen des Gebäckes hat.

Folatgehalte in μg
in 100 g Produkt

Vergleich der Folatgehalte der Weißbrote mit steigender Hefezugabe mit und ohne Folsäureanreicherung

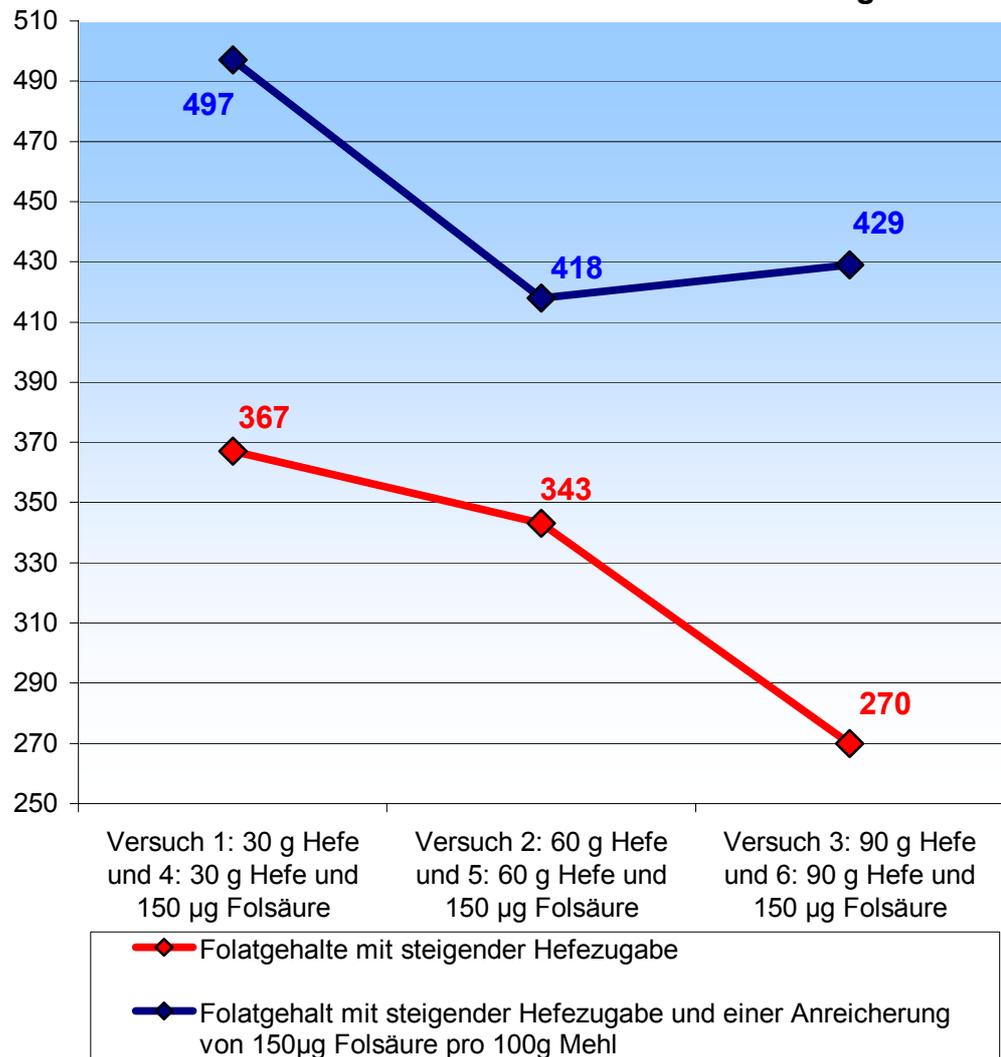


Abb. 14: Diagramm: Vergleich der Folatgehalte der Weißbrote mit steigender Hefezugabe mit und ohne Folsäureanreicherung von 150 μg pro 100 g Mehl

Bei den Versuchen ohne Folsäureanreicherung ist ganz deutlich zu erkennen, dass mit steigender Hefekonzentration der Folatgehalt im Produkt sinkt. Dies kann damit zusammenhängen, dass der pH-Wert im Teig mit steigender Hefekonzentration abnimmt und dadurch die Hefe ihre Tätigkeit einstellt, eventuell sogar abstirbt (*siehe 1.8.1*). Außerdem kann ein Grund für das Sinken des Folatgehaltes die geringere Gärzeit sein. Durch die steigende Hefekonzentration muss die Gärzeit angepasst werden.

Bei den Versuchen mit Folsäureanreicherung fällt der Folatgehalt auch ab, ist jedoch höher als bei dem Versuch ohne Folsäureanreicherung, was auf die Zugabe von Folsäure zurückzuführen ist.

Bei diesem Versuch zeigt sich, dass eine Folsäureanreicherung durchaus sinnvoll ist.



Abb. 15: Gegenüberstellung von Versuch 1: 30g Hefe und Versuch 4: 30 g Hefe und 150 µg Folsäurezugabe auf 100 g Mehl



Abb. 16: Gegenüberstellung von Versuch 2: 60g Hefe und Versuch 5: 60 g Hefe und 150 µg Folsäurezugabe auf 100 g Mehl



Abb. 17: Gegenüberstellung von Versuch 3: 90g Hefe und Versuch 6: 90 g Hefe und 150 µg Folsäurezugabe auf 100 g Mehl



Abb. 18: Gegenüberstellung von Versuch 1: mit 30 g Hefe, Versuch 2: mit 60 g Hefe und Versuch 3: mit 90 g Hefe



Abb. 19: Gegenüberstellung von Versuch 1: mit 30 g Hefe, Versuch 2: mit 60 g Hefe und Versuch 3: mit 90 g Hefe und mit jeweils einer Folsäure Zugabe von 150 µg auf 100 g Mehl

Die Abb. 15, 16 und 17 zeigt die Weißbrote im Vergleich. Es ist gut zu erkennen wie das Volumen durch die steigende Hefezugabe mit ansteigt. Bei der Abb. 17 mit 90 g Hefezugabe ist das mit Folsäure angereicherte Weißbrot aber ein wenig kleiner, als das Vergleichsbrot ohne Anreicherung. Dies kann dadurch sein, dass die Hefe eventuell die alkoholische Gärung genutzt hat und dabei zu viel Ethanol produziert hat (*siehe 1.8.1*).

Die Abb. 18 zeigt die Versuchsreihe mit steigender Hefezugabe ohne Folsäure Anreicherung. Das steigende Volumen gleicht sich der steigenden Hefezugabe an. Außerdem wurden die Poren mit steigender Hefezugabe größer, was nicht mehr als eine normale Gebäckporung angesehen werden kann.

In Abb. 19 werden die Weißbrote der Versuchsreihe mit steigender Hefezugabe und Folsäureanreicherung dargestellt. Das Weißbrot mit 60 g Hefe dieser Versuchsreihe hat das meiste Volumen, was gut zu sehen ist.

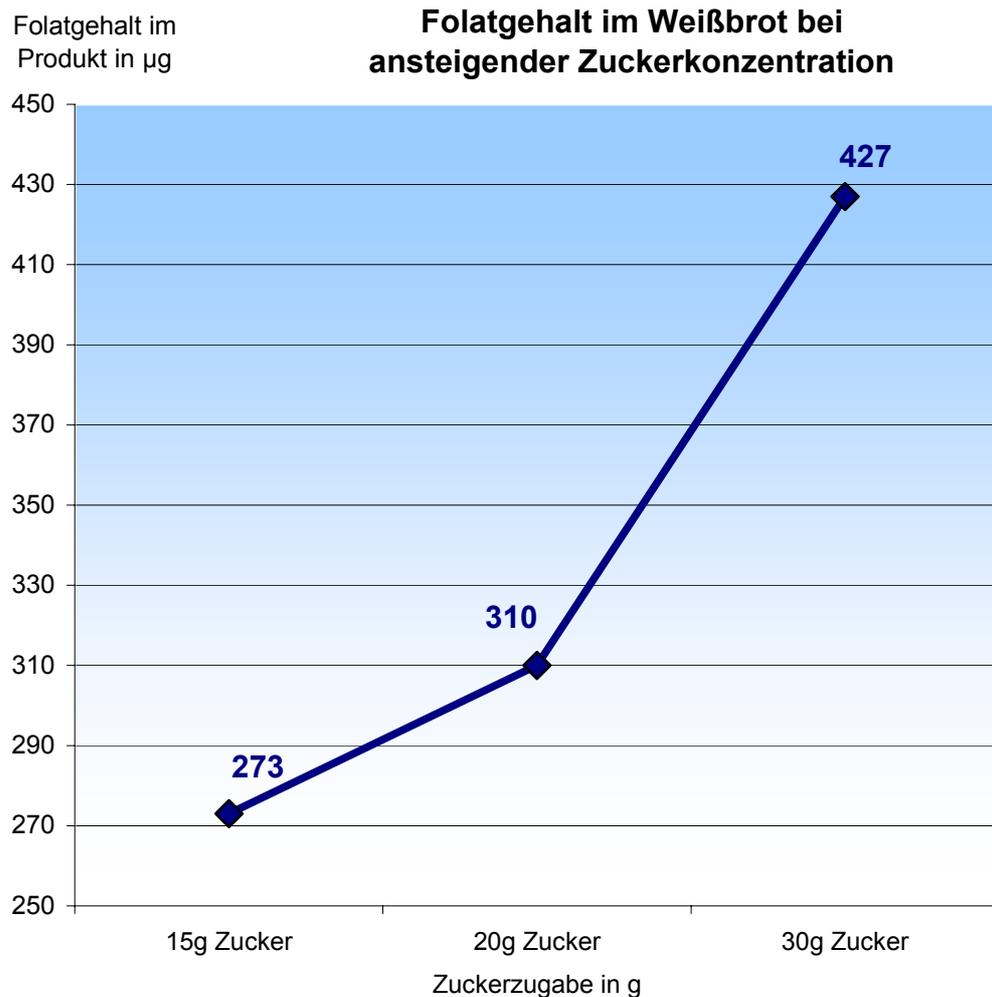


Abb. 20 Diagramm: Vergleich der Folatgehalte im Produkt betrachtet mit steigenden Zuckerkonzentration

In diesem Versuch zeigt sich gut, dass mit steigender Zuckerkonzentration auch der Folatgehalt im fertigen Produkt steigt. Eine Erklärung dafür wäre, dass der Hefe mit steigender Zuckerkonzentration mehr vergärbare Zucker zur Verfügung gestanden hat und eventuell ihre Vermehrung beschleunigt wurde. Weitere Daten sind im Anhang unter Protokoll Weißbrote 2 vermerkt.



Abb. 21: Gegenüberstellung von Versuch 7 mit 15 g Zuckerzugabe
 Versuch 8 mit 20 g Zuckerzugabe
 Versuch 9 mit 30 g Zuckerzugabe

3.5 Einfluss des Hefestoffwechsels auf den Folatgehalt

Der Einfluss des Hefestoffwechsels auf den Folatgehalt im Produkt wurde noch nicht genau untersucht. Um dies herauszufinden wären einige Versuche mit Hefe mit verschiedenen Parametern notwendig, die in dieser Arbeit zu weit führen würden.

3.6 Einwirkung von Temperatur auf den Folatgehalt im Produkt

Aufgrund der Ergebnisse aus der Versuchsreihe #4 ergab sich kein Einfluss der Temperatur auf den Folatgehalt im Produkt. Die Folatgehalte waren, obgleich die Weißbrote bei 230°C oder 250°C gebacken wurden, mal niedriger oder mal höher.

4 Diskussion

Die Herstellung und Anreicherung der Gebäcke mit Folsäure stellten sich als lösbare Aufgabe dar. Die Auswahl der verschiedenen Herstellungsparameter zeigen das Folsäure durchaus hitzestabil ist. Im Laufe der Arbeit stellte sich jedoch bei einigen Hefengebäcken ein höherer Folatgehalt ein, als Folsäure zugegeben wurde. Im weiteren Verlauf der Versuchsreihen hat sich heraus gestellt, dass Hefe die besondere Fähigkeit besitzt Folat zu bilden, was die Auswertung der Ergebnisse durchaus erschwerte.

Die Bestimmung des Folatgehaltes in den Gebäcken erfolgte mikrobiologisch. Da diese Bestimmung jedoch einen Fehlerquotienten von 20 % hat, können die Ergebnisse durchaus von anderen Bestimmungen abweichen. Eine Wiederholung der Versuche wäre zu zeit- und kostenintensiv gewesen so das dies nicht erfolgen konnte.

4.1 *Verbesserung der Versorgung mit Folsäure*

Eine bessere Versorgung der Bevölkerung mit Folsäure wäre durch eine Anreicherung der Bäckermehltypen 550 und 630 durchaus zu verwirklichen. Mehl ist ein Grundnahrungsmittel das annähernd gleich verzehrt wird. Dadurch kann eine regelmäßig ergänzende Folsäurezufuhr der Bevölkerung erfolgen.

4.2 *Auswirkung eines Hefevorteiges auf den Folsäuregehalt*

Ein Hefevorteig wird einige Zeit stehen gelassen, um die Stoffwechselprodukte der Fermentation mehr hervorzurufen. In dieser Zeit vermehrt sich natürlich auch die Hefe. Wie schon in dieser Arbeit beschrieben, entsteht bei einer neu gebildeten Hefegeneration neues Folat. Da aber das in der Hefe vorhandene Folat nur ca. zu 10 % vom Körper resorbiert werden kann, ist auch durch einen Hefevorteig die Versorgung an Folat nicht gedeckt. [8]

4.3 *Zusammenfassende Betrachtung der Vor- und Nachteile einer Anreicherung von Mehl mit Folsäure*

Die Vorteile einer Anreicherung von Mehl mit Folsäure wären eine Verbesserung der Folatversorgung der Bevölkerung, vorbeugende Wirkungen für viele Krankheiten. Außerdem wird die Folatversorgung für Ungeborene verbessert und somit die Zahl der Missbildungen und Behinderungen für Babys verringert.

Trotz der Vorteile gibt es einen großen Nachteil. Die Befürchtung, dass durch eine zusätzliche Anreicherung von Mehl mit Folsäure ein Teil der Bevölkerung den 'Upper Level' (*höchste empfohlene Tageszufuhr von 1mg pro Tag*) erreicht oder gar überschreitet, ist durchaus berechtigt, da schon einige Lebensmittel wie Salz, Müsli, Molkereierzeugnisse und Margarine gestreut und uneinheitlich mit Folsäure angereichert sind. Eine Simulationsberechnung des Bundesamtes für Risikobewertung hat ergeben, dass 3,4 % der Männer und 2,2 % der Frauen den 'Upper

Level' überschreiten würden. Eine Möglichkeit dem entgegenzuwirken wäre Höchstmengen für alle Produkte festzulegen. 2007

5 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Zusammenhang von Folsäure und Folatgehalt in Gebäcken mit verschiedenen Folsäureanreicherungen und unterschiedlichen Backtemperaturen untersucht und ausgewertet. Der Folsäurenachweis erfolgte mikrobiologisch. Mit Hilfe dieser Methode kann nur die Gesamtheit der Folate bestimmt werden. Es kann nicht zwischen Folsäure und Folat unterschieden werden.

Folgende Zusammenhänge hinsichtlich der Folsäurewerte konnten ermittelt werden: Beim Backen konnte in manchen Fällen eine backzeitabhängige Abnahme des Folatgehaltes festgestellt werden. Bei Hefengebäcken ist der Folsäuregehalt nach dem Backen meist höher als die Anreicherungs menge. Dies resultiert aus einigen Rezepturbestandteilen, die natürliche Folate mit sich bringen. So besitzt die Hefe besondere Fähigkeit natürliches Folat zu bilden. Wie die Folatbildung der Hefe genau abläuft, ist wissenschaftlich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht geklärt und müsste in weiteren Studien untersucht werden.

Die in der Theorie beschriebene Hitzempfindlichkeit der Folsäure konnte in dieser Arbeit nicht bestätigt werden.

5.1 *Abstract*

The connection between folic acid and the content of folate in pastries with different enrichments and baking temperatures was examined and evaluated in this work. The folic acid detection was examined microbiologically. Using this method, only the total amount of folate can be determined. It can not be differentiated between folic acid and folate. The following connections regarding the folic acid levels could be determined: when baking, a baking-time dependent decrease of content of folate could be determined in some cases.

With yeast pastries the folic acid content is mostly higher after baking than the enrichment quantity. This results from some recipe ingredients which bring natural folate with itself. Yeast possesses for example the special ability to form natural folate. How the folate increase runs off exactly is scientifically to the present time not yet clarified and would have to be examined in further studies.

The heat sensitivity of the folic acid which is described in other studies could not be confirmed in this work.

6 Ausblick

Eine Anreicherung von den Bäckermehltypen 550 und 630 wäre auch in Deutschland eine sinnvolle Sache. Die Versorgungslage der Deutschen Bevölkerung würde um ca. 135 µg bei Männern und ca. 106 µg bei Frauen steigen. Ferner würde die Versorgung von ungeborenen Kindern stark verbessert werden. Es gäbe weniger Missbildungen, wie Defekte des Zentralen Nervensystems und Fehlbildungen, wie Lippen-Kiefer-Gaumenspalte, die demzufolge auch keine medizinische Versorgung nach sich ziehen würden. Außerdem würden Krankheiten wie, Herz-Kreislauf Erkrankung, Herzinfarkte, Schlaganfälle, Arteriosklerose (*Blutgefäßerkrankung*), Krebs, psychische Erkrankungen (*Depression*) sowie neurologische Erkrankungen (z.B. *Alzheimer*) reduziert werden können.

Die Anreicherung des Mehles mit Folsäure sollte so schnell wie möglich realisiert werden, weil dadurch die Versorgung vieler Menschen stark verbessert wird.

7 Literaturverzeichnis

[1] Anonym

Maßnahmen zur Verbesserung der Folatversorgung in Deutschland

www.dge.de/modules.php%3Fname%3DNews%26file%3Darticle%26sid%3D670+Fols%C3%A4ure+Modul&hl=de&ct=clnk&cd=2&gl=de&lr=lang_de

[2] Anonym

Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Der Bundesgesundheitsurvey – Baustein der Gesundheitssurveillance in Deutschland

www.rki.de/cln_048/nn_199884/DE/Content/GBE/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsB/baustein__der__gesundheitssurveillance,templated=raw,property=publicationFile.pdf/baustein_der_gesundheitssurveillance.pdf

[3] Dr. Claudia Küpper, Brühl,

Ehrnährung im Fokus, Zeitschrift für Fach-, Lehr- und Beratungskräfte, August 2007

[4] Berthold Loletzko, Klaus Pietrzik,

Gesundheitliche Bedeutung der Folsäurezufuhr, Deutsches Ärzteblatt, Heft 23, Juni 2004

www.kinderumweltgesundheit.de/KUG/index2/pdf/themen/Ernaehrung/DAEBL_folsaeure.pdf

[5] Anonym,

www.apotheke.or.at/Internet/OEAK/News/Presse_1_0_0a.nsf/agentEmergency!OpenAgent&p=DC1

[6] Dipl. oec. troph. Manuela Seelig, Dr. Simone Pöttsch, Prof. Dr. habil. Volker Steinbicker,

Fehlbildungsmonitoring Sachsen-Anhalt

(www.med.uni-magdeburg.de/fme/zkh/mz)

[7] Anonym

www.apo-baer.de/folsaeure.htm

[8] Anonym

B-Vitamin Folsäure - wichtig für gesunde Zellen

www.novamex.de/nnb/vitaminspur/vitafols.html

[9] Arbeitskreis Folsäure & Gesundheit

Gut beraten mit Folsäure und Folat - Ein Leitfaden zur Vermeidung von Folsäuremangel

www.ak-folsaeure.de/bauteile/texte/praxisleitfaden_folsaeure.pdf

[10] Nahrungsergänzungsmittel und Ergänzende bilanzierte Diäten

Prof. Dr. oec. troph. Andreas Hahn unter Mitarbeit von Dr. rer. nat.

Maike Wolters und Dipl. oec. troph. Olaf Hülsmann

Universität Hannover

[11] Bayerische Folatinitiative

Das B-Vitamin Folsäure/ Folat

www.healthcare-bayern.de/docs/HBC_010_Broschuere_Folat_11.pdf

[12] Anonym

www.backhefe.de/hefe.html

[13] Anonym

www.wikipedia.de/wiki/Backhefe

[14] Email Kontakt: Herr Felix Hepfer

Hefe Schweiz AG

www.hefe.ch

[15] Email Kontakt: Herr Michael Quantz

Versuchsanstalt der Hefeindustrie e.V.

Angegebene Quellen: Vitamin Vademecum, Hoffman la Roche, ab 1951

[16] Praktikum bei der Firma Mühlenchemie (Sternwywol)

Kurt-Fischer-Strasse 55, Ahrensburg Hamburg

[17] Praktikum im SGS Institut Fresenis GmbH

Tegler Weg 33, 10589 Berlin

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Pteroyl-monoglutamat = Freie Folate sowie Folsäure.....	3
Abb. 2: Metabolismus der Folsäure (nach Katrin Kahle 2003)	9
Abb. 3: Homocystein-Methionin-Stoffwechsel (nach Kathrin Kahle 2003)	11
Abb. 4: Folsäurepulver (<i>links</i>), Folsäure im Prämix mit	19
Abb. 5: Diagramm: Vergleich der Prämixträger Maltodextrin und Weizenstärke mit verschiedener Folsäureanreicherung unter Berücksichtigung der Backparameter von 230°C und 30 min bzw. 250°C und 20 min	30
Abb. 6: Weißbrote mit 150 µg Folsäure, Prämixträger Maltodextrin und den Backparameter von 230°C und 30 min	32
Abb. 7: Weißbrote mit 150 µg Folsäure, Prämixträger Maltodextrin und den Backparametern von 250°C und 20 min	32
Abb. 8: Weißbrote mit 150 µg Folsäure, Prämixträger Weizenstärke und den Backparameter von 230°C und 30 min.....	32
Abb. 9: Weißbrote mit 150 µg Folsäure, Prämixträger Weizenstärke und den Backparameter von 250°C und 20 min	32
Abb. 10: Weißbrote mit 200 µg Folsäure, Prämixträger Maltodextrin und den Backparameter von 230°C und 30 min	32
Abb. 11: Weißbrote mit 200 µg Folsäure, Prämixträger Maltodextrin und den Backparameter von 250°C und 20 min	32
Abb. 12: Weißbrote mit 200 µg Folsäure, Prämixträger Weizenstärke und den Backparameter von 230°C und 30 min.....	32
Abb. 13: Weißbrote mit 200 µg Folsäure, Prämixträger Weizenstärke und den Backparameter von 250°C und 20 min.....	32
Abb. 14: Diagramm: Vergleich der Folatgehalte der Weißbrote mit steigender Hefezugabe mit und ohne Folsäureanreicherung von 150 µg pro 100 g Mehl	33
Abb. 15: Gegenüberstellung von Versuch 1: 30g Hefe und Versuch 4: 30 g Hefe und 150 µg Folsäurezugabe auf 100 g Mehl	35
Abb. 16: Gegenüberstellung von Versuch 2: 60g Hefe und Versuch 5: 60 g Hefe und 150 µg Folsäurezugabe auf 100 g Mehl	35

Abb. 17: Gegenüberstellung von Versuch 3: 90g Hefe und Versuch 6: 90 g Hefe und 150 µg Folsäurezugabe auf 100 g Mehl	35
Abb. 18: Gegenüberstellung von Versuch 1: mit 30 g Hefe, Versuch 2: mit 60 g Hefe und Versuch 3: mit 90 g Hefe	35
Abb. 19: Gegenüberstellung von Versuch 1: mit 30 g Hefe, Versuch 2: mit 60 g Hefe und Versuch 3: mit 90 g Hefe und mit jeweils einer Folsäure Zugabe von 150 µg auf 100 g Mehl.....	35
Abb. 20 Diagramm: Vergleich der Folatgehalte im Produkt betrachtet mit steigenden Zuckerkonzentration	36
Abb. 21: Gegenüberstellung von Versuch 7 mit 15 g Zuckerzugabe Versuch 8 mit 20 g Zuckerzugabe Versuch 9 mit 30 g Zuckerzugabe	36

9 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Empfohlene Folsäurezufuhr der DGE und DACH 2000 [4]	5
Tab. 2 Folatgehalte von verschiedenen Lebensmitteln [9] [10]	8
Tab. 3: Folsäurezugabe auf 100 g Mehl und berechneter Folatgehalt im Produkt.....	21
Tab. 4: Rezeptur der Baguettebrötchen der Versuchsreihe #1	21
Tab. 5: Rezeptur des glutenfreien Brotes der Versuchsreihe #2.....	23
Tab. 6: Rezeptur vom Sandkuchen der Versuchsreihe #3.....	24
Tab. 7: Rezeptur der Weißbrote der Versuchsreihe #4.....	25
Tab. 8: Rezeptur der Weißbrote der Versuchsreihe #5.....	26
Tab. 9: gefundene Folatgehalte der langzeitgeführten Baguettebrötchen	27
Tab. 10: Aufzeichnung der Versuchsergebnisse der Versuchsreihe #2	28
Tab. 11: Aufzeichnung der Versuchsergebnisse der Versuchsreihe #3	29
Tab. 12: Folsäureeinsatz weltweit gesehen	48

10 Anhang

Legende:

F	freiwillig
O	obligatorisch
P	Projekt oder Vorgeschlagen
ES	erforderlich für spezielle Regionen, Provinzen oder Staaten
ZE	Zugabe auf bestimmten Wert eingestellt

Tab. 12: Folsäureeinsatz weltweit gesehen

Länder/ Regionen	Programm der Anreicherung	Folsäureanreicherung in µg
Nord/Süd/Mittel Amerika		
Kanada	O	150
USA	E	150
Argentinien	O/ZE	220
Belize	O	150
Bolivien	O	150
Brasilien	O	150
Chile	O	220
Kolumbien	O	150
Costa Rica	O	180
Ecuador	O	150
El Salvador	O	150
Guatemala	O	180
Honduras	O	150
Mexiko	O/F	200

Nikaragua	O	150
Panama	O	150
Paraguay	O	300
Peru	O/ZE	120
Uruguay	O/ZE	240
Barbados	F	150
Kuba	O	250
Dominikanische Republik	O	180
Grenada	F	150
Guyana	F	150
Haiti	F	150
Jamaika	F	150
St. Vincent	F	150
Afrika		
Ghana	P	200
Marokko	O/ZE	150
Süd Afrika	O/ZE	140
Sudan	P/V	150
Uganda	P/F	200
Ost Europa		
Russland	F	40
Ukraine	P/ZE	220
Zentral/Mittel Asien		
Azerbaidjan	F	150

Kasachstan	F	150
Kyrgyzstan	F	150
Mongolei	F	150
Tajikistan	F	150
Usbekistan	F	150
Bahrain	O	150
Iran	P/ES	150
Israel	P/ZE	150
Jordan	P	150
Kuwait	O/ZE	150
Oman	O	150
Saudi Arabien	O	150
Vereinigte Arabische Emirate	O	150
Bangladesch	P	150
China	P	150
Indonesien	O/ZE	200
Taiwan	P	150
Vietnam	P	200
Ozeanien		
Fidschi	P	150