ETH zürich

ETH Library

Digestibility and fermentability of differently processed wheat products

Doctoral Thesis

Author(s):
Jörger, Francisca Renata

Publication date:
1998

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-001988572

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Diss. ETH Nr. 12805

Digestibility and fermentability of differently processed wheat products

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

For the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

Francisca Renata Jörger
Dipl. Oec.-troph. TU München
born October 3, 1964
citizen of Vals (GR) and Erlenbach (ZH)

Accepted on the recommendation of

Prof. Dr. R. Amadò, examiner
Prof. Dr. W. Langhans, co-examiner
Prof. Dr. C. Wenk, co-examiner

Zurich 1998

ZUSAMMENFASSUNG

Lebensmittel, die komplexe Kohlenhydrate in Form von Stärke und Nahrungsfasern enthalten, werden unterschiedlich rasch und auch unterschiedlich vollständig verdaut und absorbiert. Die Hydrolyse von Stärke und die nachfolgende Absorption wird von mehreren Faktoren beeinflusst, wie der botanischen Herkunft, der physikalischen Form und der technologischen Verarbeitung des stärkehaltigen Lebensmittels. Auch die während einer Mahlzeit gleichzeitig verzehrten Lebensmittel und personenspezifische Faktoren können eine Rolle spielen. Stärke wird nur unvollständig absorbiert, ein Teil davon wird aus verschiedenen Gründen von den stärkespaltenden Enzymen nicht angegriffen und erreicht daher den Dickdarm, wo sie mikrobiell abgebaut wird.

Nahrungsfasern stellen nur einen Teil der Substrate dar, welche den Dickdarm erreichen und von den dort angesiedelten Bakterien fermentiert werden. Nicht absorbierte Nahrungsbestandteile wie Stärke und Protein sowie endogene Substanzen gelangen ebenfalls in den Dickdarm und beeinflussen dort den Fermentationsablauf. Die Fermentierbarkeit von Nahrungsfasern hängt von der chemischen Zusammensetzung sowie von physico-chemischen und physkalischen Eigenschaften ab und kann durch Verarbeitungsprozesse beeinflusst werden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Studien an gesunden Versuchspersonen durchgeführt, um die Verdaulichkeit und Fermentierbarkeit von unterschiedlich hergestellten Produkten aus Vollkornweizen zu untersuchen. Zudem wurde der Einfluss des Fettgehaltes auf diese beiden Parameter getestet. Im allgemeinen wurde der Stoffwechsel stärker von der Getreideverarbeitung beeinflusst als durch den Fettgehalt der Mahlzeit. Bei dem rasch absorbierbaren Extrudat war der leicht erhöhte Fettgehalt ausreichend, um die postprandialen Blutglucosewerte abzusenken, der Insulinspiegel hingegen blieb unbeeinflusst. Die Fermentationsvorgänge im Dickdarm wurden über den Wasserstoffgehalt in der Ausatmungsluft verfolgt. Bei den Testmahlzeiten mit Extrudat zeigten sich tendentiell höhere Werte nach der fettreicheren als nach der fettarmen Variante. Die Auswertung der Wasserstoffwerte wurde durch die starke inter- und intraindividuelle Variabilität erschwert.

Ein weiterer Teil der Arbeit beschäftigte sich mit *in vitro* Studien, welche die Verdauungs- und Fermentationsvorgänge im menschlichen Verdauungstrakt simulieren. Um geeignete Substrate für die *in vitro* Fermentation zu erhalten, wurden die verdaulichen Komponenten der Getreideprodukte unter möglichst

physiologischen Bedingungen enzymatisch abgebaut und entfernt. Eine Methode zur *in vitro* Verdauung wurde modifiziert, um den Abbau von nativer und komplexierter Stärke zu ermöglichen und den Proteinabbau zu verbessern. Das Entfernen von Lipiden aus fetthaltigen Mahlzeiten konnte allerdings nicht zufriedenstellend gelöst werden.

Die Bedeutung des Entfernens von verdaulichen Lebensmittelkomponenten für die *in vitro* Fermentation wurde durch den Vergleich der Fermentationsmuster von unverdauten sowie mit der Standard- bzw. modifizierten Methode verdauten Weizenproben aufgezeigt. Der geringe Gehalt an leicht fermentierbarer Stärke reduzierte die Gesamtgasbildung und veränderte die Anteile der wichtigsten kurzkettigen Fettsäuren, die sich im Verlauf der Fermentation bildeten. Zudem wurde der Abbau einzelner Nahrungsfaserkomponenten deutlich.

Der Anteil der Stärkeverkleisterung war sowohl für die *in vivo* als auch für die *in vitro* Verdauung von Bedeutung. Welche Rolle die Lebensmittelverarbeitung für die Vollständigkeit der Stärkeverdauung und die Fermentierbarkeit von Nahrungsfasern spielt, konnte weder aufgrund der *in vivo* noch *in vitro* Studien ausreichend beurteilt werden. Die *in vivo* Studien machten deutlich, dass bereits eine geringe Veränderung im Fettanteil einer Mahlzeit innerhalb der gegenwärtigen Ernährungsempfehlungen den Stoffwechsel beeinflussen kann; die qualitativen Eigenschaften der Stärkefraktion spielen hierfür eine besondere Rolle.

In vitro Studien zur Simulierung von Verdauungs- und Fermentationsvorgängen ermöglichen es, die fermentativen Eigenschaften von Nahrungsmittelrückständen zu evaluieren, bevor aufwendige Studien am Menschen durchgeführt werden. Die Untersuchung von stark fetthaltigen Lebensmitteln mit den aktuellen Methoden ist allerdings begrenzt, da Fettrückstände in den Fermentationssubstraten die mikrobielle Aktivität behindern.

SUMMARY

Complex carbohydrate containing foods are digested and absorbed at variable rate and to different extent. Several factors determining the rate of starch hydrolysis and absorption are known such as botanical origin, physical form and processing of the food. The nutrients accompanying a starch containing meal and individual factors are of further importance. Starch is not completely absorbed, but may partly resist amylolytic attack in the small intestine for several reasons and passes to the colon where it is subject of bacterial fermentation.

Dietary fiber are only one portion of the substrates entering the colon. Non-digested nutrients including starch and proteins as well as endogenous substrates are potentially available for colonic fermentation and may influence the fermentation pattern. The fermentability of substrates depends on chemical composition, physico-chemical and physical characteristics and can be influenced by processing.

One part of this work focussed on studies with healthy human subjects whereby the digestibility and fermentability of differently processed wheat products was aimed to be measured. In addition, the impact of a moderately elevated fat content on these parameters was tested. Generally, metabolic responses were more affected by cereal processing than by the moderate change in the fat content of the meals. For the faster absorbable extrudate the change in fat content was sufficient to lower postprandial glucose concentrations, whereas insulin levels remained unchanged. Colonic activity was estimated by hydrogen excretion in breath. For the meals containing extrudate, endexpiratory hydrogen response was slightly enhanced by augmenting the fat content. The high intra- and inter-individual variability was one of the major difficulties for the interpretation of the breath tests.

The other part of the study concentrated on *in vitro* studies simulating digestive and fermentative processes of the human gastrointestinal tract. Substrates for *in vitro* fermentation were prepared by enzymatic degradation and subsequent removal of absorbable food components, considering physiological conditions. A standard *in vitro* digestion procedure was modified in order to enable the degradation of native and complexed starches and to improve protein digestibility. The removal of lipolysis products, however, was not satisfactory.

The importance to separate absorbable compounds from foods prior to *in vitro* fermentation was shown by comparing the fermentation patterns of two different whole grain wheat products before and after standard and modified *in vitro* digestion, respectively. Low amounts of fermentable starch decreased the production of total gases and changed the proportion of short chain fatty acids accumulating during the course of fermentation. Furthermore, enhanced degradation of certain dietary fiber fractions could be detected.

The degree of starch gelatinization was found to be an important determinant for both the digestion of starchy foods *in vivo* and *in vitro*. The role of processing for the extent of starch absorption and the fermentability of dietary fiber could not be clearly identified, neither by *in vivo* nor by *in vitro* studies. On the other hand it could be demonstrated, that even a moderate change in meal composition, within current dietary guidelines, is able to alter metabolic responses to carbohydrate rich meals. This effect depends on the qualitative characteristics of the starch component.

In vitro digestion and fermentation studies enable to screen the fermentative properties of a variety of substrates, before performing laborious human studies. The *in vitro* examination of food products or meals containing large amounts of fat is limited with the current methods, however, since fat residues in fermentation substrates were shown to impede bacterial processes.