

Fermentation

Vom Haltbarmachen zum Gesundheitsnutzen

Barbara Walther, Agroscope

26. Oktober 2020

www.agroscope.ch | gutes Essen, gesunde Umwelt

Was ist Fermentation / Gärung?

« Fermentation, c'est la vie sans l'air » (Louis Pasteur)

Gärung: mikrobieller Abbau organischer Stoffe zum Zweck der **Energiegewinnung** ohne Einbeziehung externer **Elektronenakzeptoren** wie **Sauerstoff** (O₂) oder **Nitrat** (NO₃⁻)

Fermentation: alle Arten von mikrobieller oder autolytischer enzymatischer Prozesse, **aerob und anaerob**

Metabolisierung von Nährstoffen aus Lebensmitteln durch Bakterien, Hefen, Pilze, Zellkulturen und Enzyme

Fermentation | Symposium Swissmilk – 26.10.2020
Barbara Walther, Agroscope

2

Geschichtliches

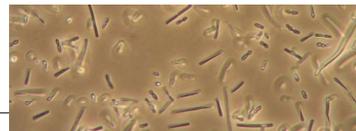
Fermentation ist bis in die Steinzeit zurück verfolgbar. Vor ca. 9000 Jahren gezielte Fermentation in China (Bier) Babylonier fermentierten Milch zu Butter, Joghurt und Käse und Mehl zu Brot, Wein im Nahen Osten (6000 BC). Später Gemüse und Fleisch (Würste), Tee, Hülsenfrüchte und Getreide.

Louis **Pasteur** (1822-1895): Gärung durch lebende Organismen – Milch Säuerung -> Pasteurisation

Ilja **Metschnikow** (Ukrainer, 1845-1916, Nobelpreis 1908): Gesundheits-Aspekte von Joghurt Hohe Lebenserwartung in Bulgarien - „*Bacillus bulgaricus*“

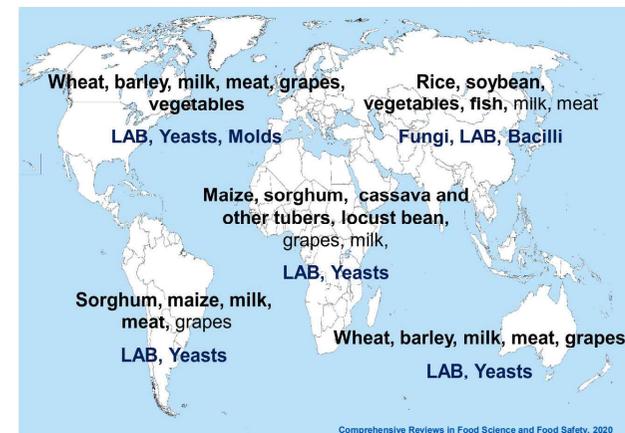


Angepasst nach Curry, Nature, 2013:500:20



Fermentation | Symposium Swissmilk – 26.10.2020
Barbara Walther, Agroscope

Fermentierte Lebensmittel im globalen Zeitalter



Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2020

Fermentation | Symposium Swissmilk – 26.10.2020
Barbara Walther, Agroscope

4

Fermentierte Lebensmittel

Fermentation in der Vorbereitungsphase

Kaffee
Schokolade
fermentierte Teeblätter (Fu Zhuan und Pu-erh)
Sauerteig(brot)



Pu-erh



Kakao

Fermentation des Endproduktes

Sojaprodukte (Tempeh, Miso u.a.)
Joghurt
Käse
Kimchi
Kombucha
Bier
Wein
Essig
Pulque (Agavensaft)
Sauerkraut
Pickles
Oliven
Fisch
Meeresfrüchte
Würste



Kombucha



Tempeh



Kimchi



Pulque



Pickles

Fermentation | Symposium Swissmilch – 26.10.2020
Barbara Walther, Agroscope

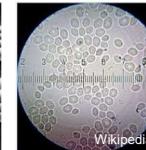
5

Arten der Fermentation

- Milchsäurefermentation
- Alkoholische Fermentation
- Essigsäurefermentation
- Gemischte Fermentation
- «wilde» Fermentation
- Industrielle Fermentation



Milchsäurebakterien



Backhefe



Aspergillus-oryzae



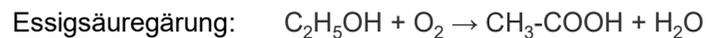
Derndorfer, Ernährungsumschau, 5/2020

Fermentation | Symposium Swissmilch – 26.10.2020
Barbara Walther, Agroscope

6

Milchsäuregärung vs alkoholische Gärung

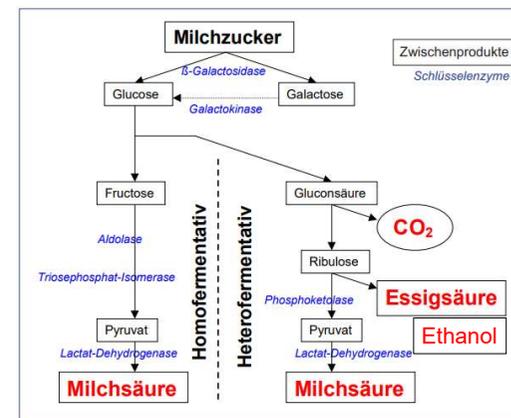
	Definition	Energie Effizienz	Produkte	Reaktion	Enzyme	Industrielle Anwendung	Vorkommen	Mikroorganismen
Milchsäuregärung	anaerobe Atmung die Glukose in Lactat umwandelt	41%	Laktat	$C_6H_{12}O_6 > 2 C_3H_4O_3$	Lactatdehydrogenase	Joghurt, Käse und Sauerkraut	In tierischem Gewebe	Laktobazillen
Alkoholische Gärung	anaerobe Atmung die Glukose in Alkohol und CO_2 umwandelt	29 %	Ethanol und Kohlendioxid	$C_6H_{12}O_6 > 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$	Pyruvat decarboxylase und Alkohol dehydrogenase	Wein, Bier, Essig, Brot	In pflanzlichem Gewebe	Hefen



Fermentation | Symposium Swissmilch – 26.10.2020
Barbara Walther, Agroscope

7

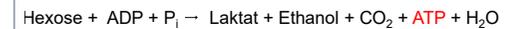
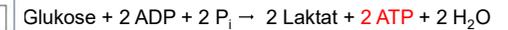
Homofermentative vs heterofermentative Gärung



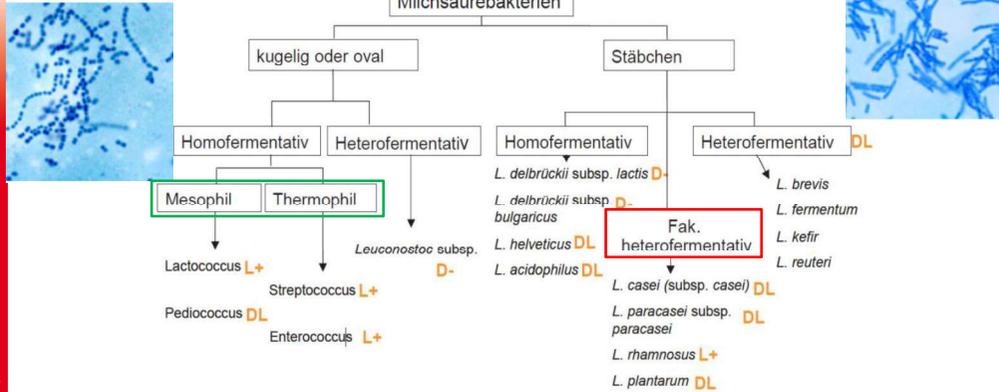
Agroscope-Transfer, Mai 2002

Fermentation | Symposium Swissmilch – 26.10.2020
Barbara Walther, Agroscope

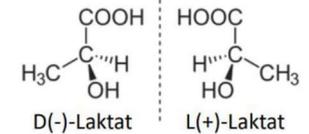
8



Milchsäurebakterien



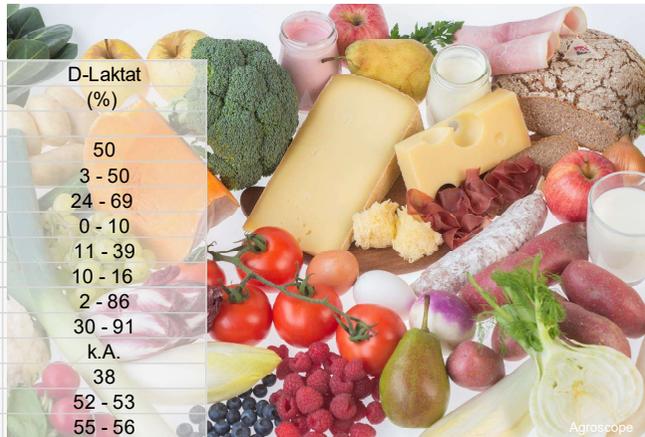
Milchsäure



- Wichtigstes Produkt aus dem primären Stoffwechsel von Milchsäurebakterien
- Bedeutend für die Säurekoagulation, Haltbarkeit der Milchprodukte durch die Absenkung des pH-Wertes und Geschmack
- *Leuconostoc sp.*, *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* und *ssp. lactis* bilden D-Laktat, alle anderen Milchsäurebakterien L-Laktat oder beide Isomere
- Für den Menschen ist die rechtsdrehende L(+)-Milchsäure die physiologische
- D(-)-Laktat kann vom Menschen (v.a. von Säuglingen) weniger gut abgebaut werden und ist deshalb physiologisch weniger erwünscht

Milchsäure in Lebensmitteln

Lebensmittel	Laktatgehalt mg/100 ml	D-Laktat (%)
Vollmilch	20	50
Sauermilch	870 - 1400	3 - 50
Joghurt natur	980 - 1270	24 - 69
Kefir	926 - 1000	0 - 10
Quark	651 - 1118	11 - 39
Frischkäse	750 - 897	10 - 16
Weichkäse	30 - 1630	2 - 86
Hartkäse	140 - 1740	30 - 91
Sauerrahmbutter	80	k.A.
Rivella rot	441	38
Tomatensaft	122 - 169	52 - 53
Sauerkraut	905 - 1934	55 - 56



Bedeutung der Milchsäure - Lebensmittel

- Gärung
- Verhüten von Nebengärungen (Käse)
- Ausfällen des Kaseins -> Dicklegen der Milch bei Käsen ohne Lab
- Vermeiden der Abscheidung von Fett und Molke des Käses beim Erwärmen
- Verbessern der Gerinnungsfähigkeit
- Verändern von Schmelzpunkten (Käse)
- Ausfällen der Proteine -> bessere Verdaulichkeit
- Aromabildung, Geschmacksbeeinflussung, -verbesserung
- Hemmen von unerwünschten Mikroorganismen -> Haltbarkeitsverlängerung
- pH-Einstellung
- Konservierungsmittel
- Emulgator und Geliermittel
- Aktivierung von Vitamin C

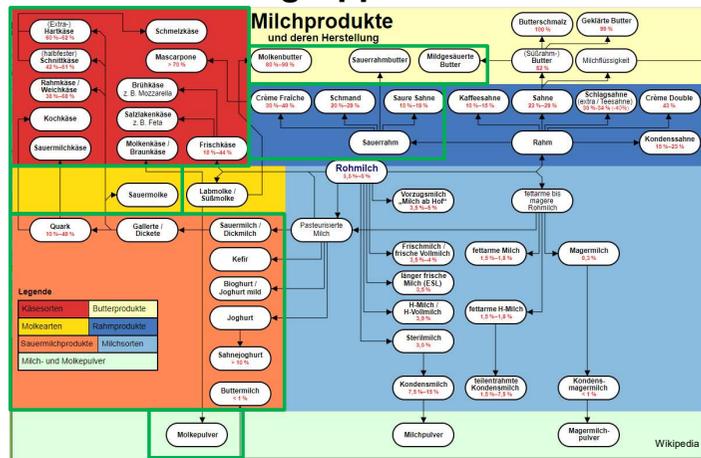
Milchsäure – Herkunft und Absorption

- orale Aufnahme durch Lebensmittel und Arzneien
- Produktion durch die Mikroorganismen des Verdauungstraktes
- körpereigene Produktion beim anaeroben Abbau von Kohlenhydraten
- Abbau von Aminosäuren z.B. Threonin, Serin, Glycin, Alanin, Cystein und Asparaginsäure
- L-Laktat - Co-Transport mit Na+
- D-Laktat - passive Diffusion
- Nach Absorption – Pfortadersystem – Leber – Glykogen
- Zu CO₂ und H₂O veratmet
- Ausscheidung über Nieren und Harn
- Ausscheidung direkt über Faeces

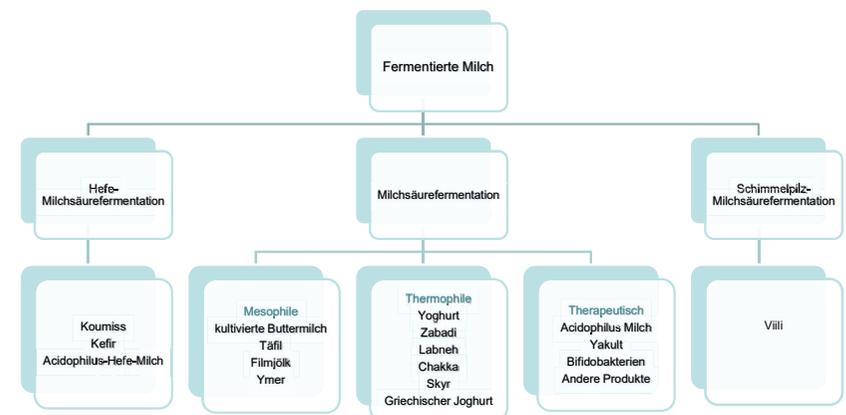
Entwicklung Fermentierte Milchprodukte

Produkt-genera-tion	Zeitspanne	Entwicklung
1.	Ca. 10'000 v. Chr. bis 19. Jhd.	a) Spontansäuerung b) Später: Empirische Kulturen und Entwicklungen
2.	Ca. 1900 bis 1930 1930 – 1970	Definierte Kulturen: Hauptbakterien. Weltweite Ausbreitung v.a. durch französische Molkereien (Social-Yoplait, Danone, Chambourcy-Nestlé)
3.	1921 1948 1969 Ab ca. 1980	Kulturen mit selektionierten Intestinal-Bakterien. Lb. acidophilus Milch (USA). Bifidobacterium bifidum Sauermilch (Mayer, D). Einsatz diverser anderer Bifidobakterien
4.	Ab ca. 1995	Funktionale fermentierte Milchprodukte

Fermentationsgruppen



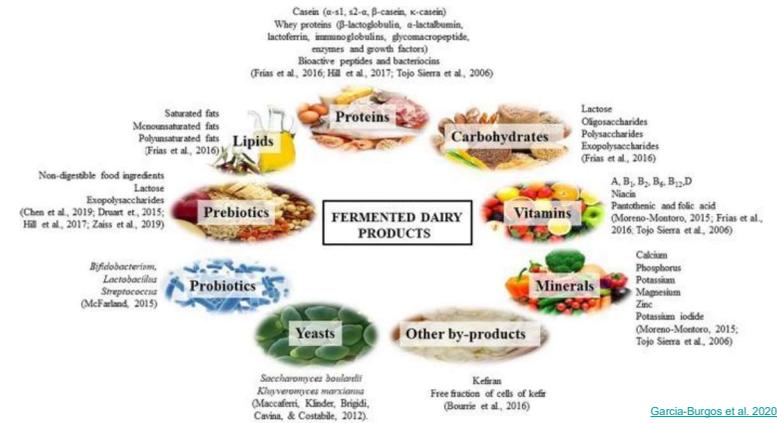
Fermentierte Milch - Sauermilch



Traditionelle Produkte und Namen /Länder

- | | | | |
|----------------------------|----------------|---------------------------------|---------------|
| ▪ Jugurt/eyran/ayran | Türkei | • Gioddu | Sardinien |
| ▪ Busa | Turkmenistan | • Tarho | Ungarn |
| ▪ Kissel mleka/naja/yaourt | Balkan | • Viili | Finnland |
| ▪ Urganic | Balkan | • Filmjök | Skandinavien |
| ▪ Leban | Libanon | • Iogurte | Brasilien |
| ▪ Zabady | Ägypten, Sudan | • Skyr | Island |
| ▪ Mast/dough | Iran | • Gruzovina | Jugoslawien |
| ▪ Roba | Irak | • Donskaya | Russland |
| ▪ Dahi | Indien | • Tarag | Mongolei |
| ▪ Mazun | Armenien | • Shoshim | Nepal |
| ▪ Yiaouri | Griechenland | • Yoghurt, yogurt, Joghurt, ... | Rest der Welt |
| ▪ Cieddu | Italien | | |
| ▪ Mezzoradu | Sizilien | | |

Komponenten in fermentierten Milchprodukten



Chemische Veränderungen in der Milch während der Joghurtherstellung

Protein

- leichte Proteolyse mit einem Anstieg an Peptiden, freien Aminosäuren, Ammoniak
- Freisetzung von bioaktiven Peptiden
- Bildung von Acetaldehyd

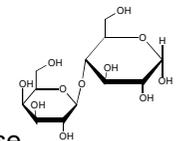
Fett

- schwache Lipolyse ergibt freie Fettsäuren
- Freisetzung von Sphingolipiden
- Bildung von CLA (konjugierten Linolsäuren)

Chemische Veränderungen in der Milch während der Joghurtherstellung

Kohlenhydrate

- Laktose (-30%) → Glukose und Galaktose
- Glukose → Milchsäure
- Bildung von Oligosacchariden
- Bildung von Aromaverbindungen: Acetaldehyd, Diacetyl, Acetoin, Aceton
- Synthese von Orot-, Hippur-, Benzoe-, Ameisen-, Bernstein-, Fumarsäure



☑ Milchprodukte und Krebs

Thorning et al. 2016:

- (i) der Verzehr von Milch und Milchprodukten **schützt wahrscheinlich** vor Darm-, Blasen-, Magen- und Brustkrebs,
- (ii) der Verzehr von Milchprodukten **scheint nicht** mit dem Risiko von Bauchspeicheldrüsen-, Eierstock- oder Lungenkrebs verbunden zu sein
- (iii) die Evidenz für das Prostatakrebsrisiko ist **inkonsistent**.

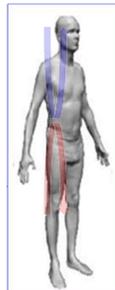
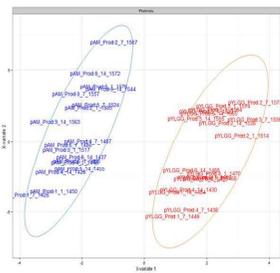
☑ Probiotika

- Zusammensetzung der Mikrobiota
- Reduktion Nesselausschlag (Urtikaria)
- Reduktion Darmbeschwerden
- Reduktion Darmpathogene
- Prävention infektiöse Diarrhöe (Kinder)
- Linderung Symptome bei Reizdarmsyndrom und entzündlichen Darmerkrankungen (IBD)
- nekrotisierende Enterokolitis (Frühgeborene)
- Reduktion Dauer und Schweregrad saisonaler Virusinfektionen
- Reduktion allergischer Erkrankungen (Kinder)
- **Stammspezifität**
- **Menge und Zeitraum muss genügend sein**
- **Evidenz nicht immer ausreichend**

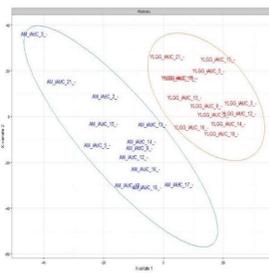


☑ Verknüpfung der Stoffwechselprodukte von Milchprodukten und menschlichem Blut

Metabolom der Lebensmittel

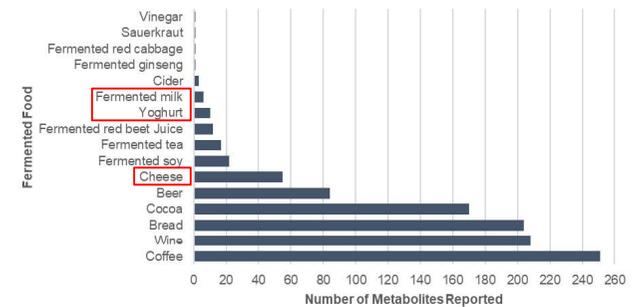


Blut-Metabolome



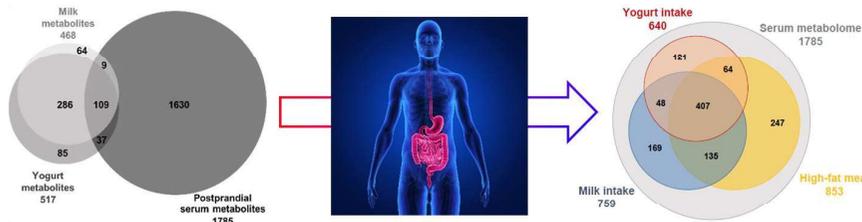
☑ Zahl der spezifischen Metaboliten, die für fermentierte Lebensmittel gefunden wurden

Total number of publications reviewed: 289





Vom Nährwertprofil in Lebensmitteln zum in-vivo-Profil von Lebensmitteln



Pimentel et al. J Nutr 2018 148:851

Pimentel et al. Curr Opin Food Sci 2017 16:67



Fermentierte Milchprodukte und Gesundheit

Intake of fermented food

Identification of fermented food intake biomarkers

Evaluation of cardiometabolic health outcomes

Intervention studies			
STUDY 1 ²	n = 14 BMI 18.5 - 25.0 kg/m ²	Randomised crossover controlled trial	6h postprandial assessment + 2 week daily intervention - 6 h + fasting blood sampling - 6h Urine sampling
STUDY 2 ³	n = 10 BMI 18.5 - 30 kg/m ²	Randomised crossover controlled trial	24 h postprandial assessments - 6 h + fasting blood sampling - 24 h Urine sampling

Test interventions	Candidate dairy biomarkers ^{3,4,5}	Metabolic markers	Inflammation markers						
<table border="0"> <tr> <td><i>Non-fermented dairy</i></td> <td><i>Fermented dairy</i></td> </tr> <tr> <td>STUDY 1 800 g acidified milk</td> <td>800 g yogurt</td> </tr> <tr> <td>STUDY 2 600 ml milk</td> <td>100 g Swiss cheese + 500 ml water</td> </tr> </table>	<i>Non-fermented dairy</i>	<i>Fermented dairy</i>	STUDY 1 800 g acidified milk	800 g yogurt	STUDY 2 600 ml milk	100 g Swiss cheese + 500 ml water	<p>Cheese 3-Phenylacetic acid (serum, urine)</p> <p>Yogurt Indole derivatives (indole-3-lactic acid, indole-3-acetaldehyde, indole-3-acetic acid, 3-indole propionic acid) (serum)⁷</p> <p>Milk Galactose (serum, urine) Lactulose (serum, urine) Galactonate (serum, urine) Galactitol (serum, urine) Galactono-1,5-lactone (serum, urine)⁷</p>	<p>Lower insulin postprandial response for fermented dairy foods⁸</p>	<p>Expression of aryl hydrocarbon receptor (AhR) reduced after fermented dairy intake⁹</p>
<i>Non-fermented dairy</i>	<i>Fermented dairy</i>								
STUDY 1 800 g acidified milk	800 g yogurt								
STUDY 2 600 ml milk	100 g Swiss cheese + 500 ml water								



Zum Abschluss...

Fermentation...

- spontaner Prozess durch Mikroorganismen
- heute gezielter Einsatz von «Starterkulturen»
- verbessert die Haltbarkeit (Lebensmittelsicherheit)
- Veränderung Inhaltstoffe, Textur, Aroma
- verbessert die Verdaulichkeit
- verbessert Verträglichkeit (Laktoseintoleranz)
- probiotische Aktivität
- Gesundheitsaspekte viele, aber oft mit wenig Evidenz
- Es fehlen (Interventions)Studien
- Empfehlungen - Lebensmittelpyramide



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Vorname Name
vorname.name@agroscope.admin.ch

Agroscope gutes Essen, gesunde Umwelt
www.agroscope.admin.ch