Fermenteren

klassieke technieken en nieuwe toepassingen

Margot Tacken & Christian Weij

Fermenteren

Veel van onze favoriete voedingsmiddelen zijn gefermenteerd: brood, kaas, yoghurt, chocolade, koffie, olijven, salami, zuurkool, wijn, bier. Wat is dat, fermenteren?
Een eenvoudige definitie luidt: het inzetten van microben (bacteriën, gisten, schimmels) in de bereiding van voedsel. In feite is fermentatie een natuurlijk proces. Microben zijn overal om ons heen en groeien op (bijna) alles wat wij voedsel noemen. De mens stuurt dit proces alleen bij in een gewenste richting. Als microbiologische activiteiten in een ongewenste richting lopen, dan noemen we dit bederf.

Remmen van bederf

Het voornaamste doel van fermenteren is het langer houdbaar maken van voedsel. Denk aan zuurkool uit witte kool en yoghurt uit melk. Terwijl microben groeien in het product, verandert dit in een lang houdbare variant. Op het niveau van moleculen zien we tijdens fermentatie een omzetting van suiker uit voedsel door enzymen afkomstig van microben. Moleculen die hierbij gevormd kunnen worden, zijn melkzuur (melkzuurfermentatie) of alcohol en koolzuurgas (alcoholische fermentatie). Deze stoffen zorgen ervoor dat de omgeving ongeschikt wordt voor de groei van bederfveroorzakers.
Nu kunnen we een gedetailleerde definitie opstellen: fermentatie is een technologisch proces dat groei en stofwisseling van microben inzet voor het stabiliseren en bereiden van voedsel. Fermentatieprocessen doen echter meer dan dat. Ze veranderen merkbaar de structuur van een voedingsmiddel en leveren complexe smaken. Een bord zuurkool geeft een totaal andere smaakbeleving dan een portie witte koolsalade. En zuurdesembrood lijkt in de verste verte niet op een cracker. Hoewel de basis ingrediënten gelijk zijn: meel, water en zout. De activiteit van gewenste microben én de factor tijd maken hier het verschil.

Theoriekader 1 legt uit waarom en hoe microben smaak en bubbels produceren.

Fermenteren/fermentatie:
Gericht inzetten van bacteriën, gisten en/of schimmels in de bereiding van voedsel

Bederf:
Proces waarbij microbiologische (en ook chemische en natuurkundige) processen zorgen voor de achteruitgang van de kwaliteit van voedsel. Voedsel dat we niet meer geschikt vinden voor consumptie noemen we bedorven

Enzymen:
Eiwitten die biochemische reacties versnellen. Enzymen worden aangemaakt door alle levende cellen

Melkzuurfermentatie:
Omzetting van suiker tot melkzuur, door microben

Alcoholische fermentatie:
Omzetting van suiker tot ethanol (alcohol) en CO2 (koolzuurgas), door microben

Stofwisseling:
Totaal van alle chemische processen in de cellen van een organisme. Wordt ook genoemd: metabolisme

Veilig en gezond

Over de veiligheid en gezondheid van gefermenteerd voedsel zijn veel verhalen in omloop. Vooropgesteld: als men voedsel niet zou conserveren, dan kunnen naast bederfveroorzakers ook pathogene microben gaan groeien. Het feit dat de mens al eeuwenlang technieken van fermentatie gebruikt, toont aan dat dit een veilige manier is om voedsel te bereiden en te bewaren. In de overlevering van generatie op generatie, is men met vallen en opstaan gekomen tot werkbare en veilige fermentatietechnieken. Ook thuis (en op school) kunnen we met fermentatie aan de slag. Het verkrijgen van een veilig eindproduct vereist drie zaken: verse grondstoffen, instellen van benodigde procescondities (zoals tijd, temperatuur, zuurstofgehalte, zoutconcentratie) en een hygiënisch werkwijze.

Theoriekader 2 geeft uitleg over het fermenteren van groenten.

Gefermenteerd voedsel is al 'voorgekauwd' door bacteriën, gisten of schimmels en daardoor zijn voedingsstoffen beter beschikbaar in de spijsvertering. Zo breken sommige microben fytaat in granen af, waardoor mineralen zoals calcium, ijzer en zink vrijkomen. Gefermenteerde zuivelproducten worden gemakkelijker verteerd dan melk, omdat lactose is omgezet in melkzuur. Ook kunnen fermentatieprocessen zorgen voor de afbraak van giftige en ongunstige componenten in voedsel, zoals cyanogenen in cassave en remmers van verteringsenzymen in peulvruchten.

Met het gefermenteerde voedsel komen ook de microben zelf terecht in onze darmen, waar ze onze darmflora verrijken met nieuwe soorten. In zuivel en andere gefermenteerde producten wordt dit aangeduid met de term probiotica. Er bestaan aanwijzingen dat inname van levende microben via gefermenteerd voedsel een gunstig effect kan hebben op de werking van het immuunsysteem en in de preventie van ziektes, zoals diabetes, hoge bloeddruk en kanker.

Conserveren:
Houdbaar maken van voedsel, vertragen of stoppen van bederf

Pathogene microben:
Microben die ziektes kunnen veroorzaken

Procescondities:
Omstandigheden tijdens het verloop van een proces. Bij fermentatie zijn de volgende procescondities belangrijk: tijd, temperatuur, zuurgraad, zoutconcentratie en de aanwezigheid van zuurstof

Darmflora:
Totaal aan microben dat leeft in de dunne en dikke darm. Wordt ook genoemd: darmmicrobioom

Probiotica:
Levende bacteriën die een positief effect op de gezondheid hebben wanneer ze in voldoende hoeveelheden worden geconsumeerd

Drie principes

Al in de vroege geschiedenis maakte de mens gebruik van gefermenteerd voedsel. Zo zijn er bewijzen gevonden van bier brouwen in Israel en China (resp. 13.000 en 7000 v. Chr.), wijn maken in Iran (8.000 v. Chr), kaas maken in Polen (5.000 v. Chr.) en brood bakken in Egypte (3000 v. Chr.). Pas in de 19e eeuw ontdekte Louis Pasteur dat gisten en andere microben verantwoordelijk zijn voor deze fermentatieprocessen. Dit deed hij door gewenste gistings- en ongewenste rottingsprocessen te bestuderen in Noord-Franse bedrijven die alcohol stoken op basis van bieten. Dit is een tweetraps-proces: eerst een gisting (alcoholische fermentatie), dan een destillatie. Om de fermentatie volledig zelf te sturen ging hij vooraf verhitten (pasteuriseren), en dan voorgekweekte gisten toevoegen.

In de experimenten van Pasteur onderscheiden we twee technieken van fermentatie: spontane fermentatie en fermentatie door toevoegen van een startercultuur. Spontane fermentatie komt op gang door microben die op de rauwe grondstoffen aanwezig zijn, een voorbeeld hiervan is de productie van zuurkool (figuur 1). Fermentatie door toevoegen van een startercultuur wordt toegepast in grootschalige fermentatieprocessen, zoals in de zuivelindustrie (yoghurt, karnemelk, kaas) en in de bereiding van bier en wijn. Deze methode biedt het voordeel dat bekende microben aanwezig zijn, en men het proces kan sturen binnen vooraf bepaalde grenzen. De starterculturen worden onder gecontroleerde omstandigheden gekweekt, een vaak aangeboden in gedroogde of ingevroren vorm.

Pasteuriseren:
Milde verhitting (bijv. 30 min bij 63°C of 12 sec. bij 72°C) die de hoeveelheid microben in een voedingsproduct terugbrengt tot een laag niveau (niet nul). Louis Pasteur ontdekte deze methode in 1862

Startercultuur:
Kleine hoeveelheid van levende microben van een bekende samenstelling

Figuur 1 - De bereiding van zuurkool bij Kramers zuurkool verloopt al sinds 1890 volgens hetzelfde proces. De toegepaste techniek is spontane fermentatie. (Bron: Kramers zuurkool)

Een derde techniek wordt backslopping genoemd (in Vlaanderen: terugfermentatie), het enten van verse grondstoffen met een succesvol gefermenteerd eindproduct. Sommige Italiaanse kazen worden op deze manier bereid, door het enten van melk met wei. Het werken met een traditioneel zuurdesem in de bakkerij berust ook op deze methode.

Een tussenvorm van methoden wordt toegepast bij de bereiding van kefir (gefermenteerd melkproduct) en kombucha (drank uit gefermenteerde thee). Bij deze producten bevindt de startercultuur zich respectievelijk in korrels en een soort drijvende pudding. Deze laatste noemt men ook wel scoby (symbiotic culture of bacteria and yeasts, cultuur van in symbiose levende bacteriën en gisten). Beide bestaan uit een min of meer vaste massa van microben en hun uitscheidingsproducten, voornamelijk eiwitten en koolhydraten. De vaste vorm maakt het mogelijk om aan het eind van de fermentatie de microben te scheiden van het vloeibare product, en over te brengen naar een vat met verse grondstof. Zowel bij kefir als kombucha is de cultuur samengesteld uit diverse soorten bacteriën en gisten die in een uitgebalanceerde en stabiele samenstelling gedurende lange tijd actief blijven.

Enten:
Een klein aantal microben overbrengen naar een specifieke plek, bij fermentatie is dit een grondstof die men wil fermenteren

Wei:
Vocht dat overblijft bij kaasbereiding uit melk

Zuurdesem:
Mengsel van meel en water waarin spontaan gisten en (melkzuur)bacteriën groeien. Wordt toegepast in de broodbereiding

Cultuur:
Levende microben. Zie ook: startercultuur

Symbiose:
Samenlevingsvorm van twee of meer soorten organismen, waarbij elke soort afhankelijk is van (een of meer) andere

Bron: Aeres Hogeschool Wageningen

Proteolyse:
Afbraak van eiwitten door enzymen (onder andere uit microben). Hierbij ontstaan componenten met een sterke smaak. Zie ook: umami

Lipolyse:
Afbraak van vetten door enzymen (onder andere uit microben)

pH:
Zuurtegraad. Een omgeving met een lage pH noemen we zuur, met een hoge pH alkalisch (of: basisch)

Smaakexplosie

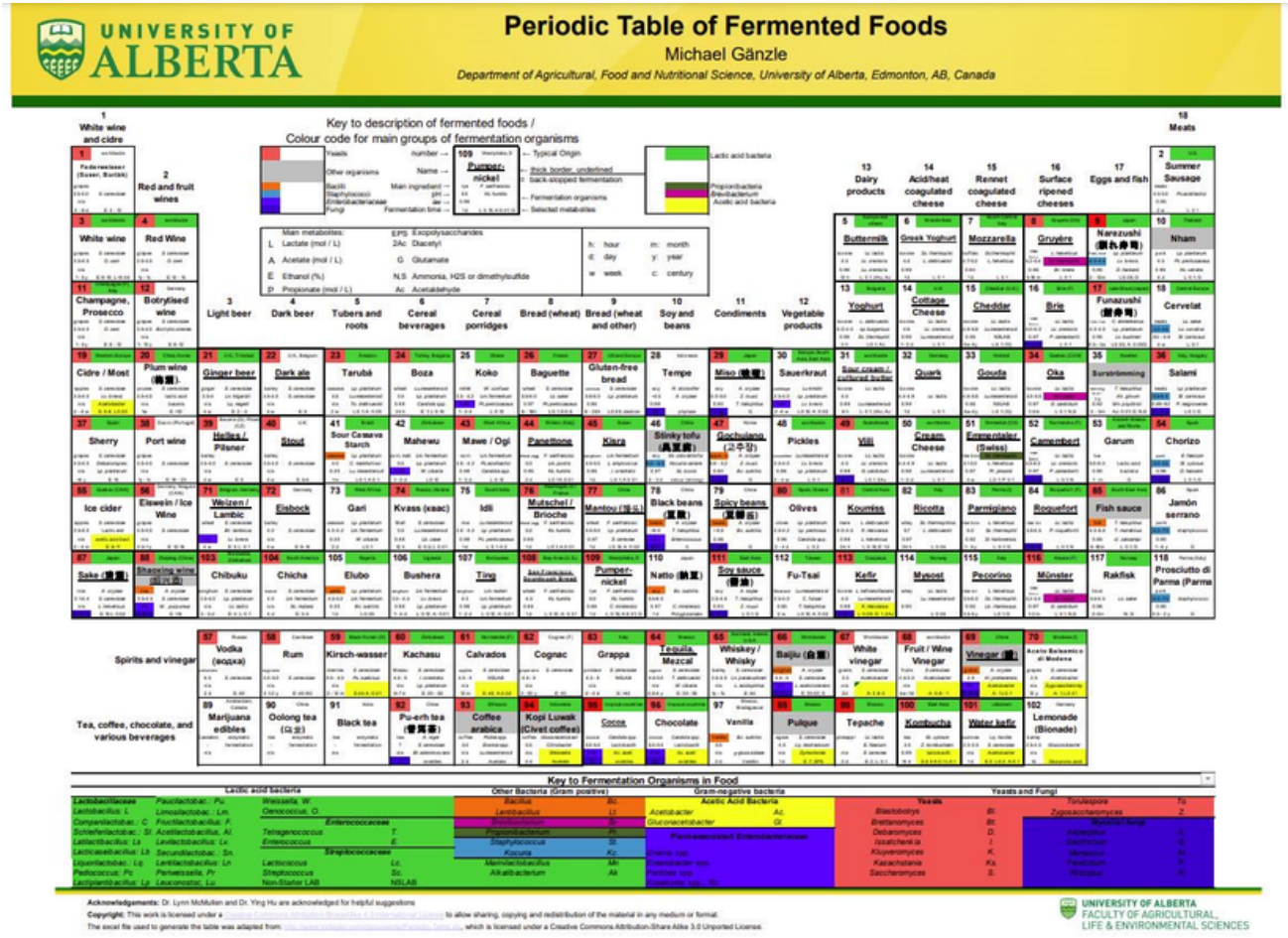
Gefermenteerd voedsel behoort tot de pijlers van de culinaire tradities in bijna alle streken van de wereld. De verlengde houdbaarheid van gefermenteerde producten is handig, maar het zijn de complexe smaken die deze producten zo geliefd maken. We kennen klassiekers zoals zuurdesembrood, bier, kaas, worst, zuurkool, sojasaus. En binnen deze productgroepen bestaan weer vele (regionale) varianten.

Michael Gänzle van de Universiteit van Alberta maakte een ordening van traditioneel gefermenteerde producten wereldwijd, een periodiek systeem van gefermenteerd voedsel (figuur 2). Dit overzicht laat zien dat veel verschillende microben betrokken zijn in fermentaties. Bijna alle producten bevatten melkzuurbacteriën of gisten, of een combinatie van die twee. Deze microben zijn onmisbaar in de conserverende werking en leggen de basis voor smaak en structuur. (theoriekader 1). Dit gebeurt in de eerste uren of dagen van de fermentatie. De karakteristieke smaak komt pas in de periode daarna tot ontwikkeling. In een complex samenspel worden chemische componenten omgezet en uitgewisseld tussen de aanwezige microben. Vooral de afbraak van eiwitten (proteolyse) en vetten (lipolyse) leidt tot een ware smaakexplosie. De factor tijd speelt een belangrijke rol in deze enzymatische processen. Denk aan het verschil tussen jonge en oude Goudse kaas. Producten waarin schimmels meedoen in de fermentatie, zoals miso, sojasaus en blauwe kaassoorten, behoren tot de kampioenen in complexe smaken.

Een bijzondere categorie vormen producten waarin alkalische fermentatie plaatsvindt, zoals natto (Japan) en soumbala (West Afrika). Tijdens de bereiding wordt ammoniak gevormd uit eiwitten waardoor de pH stijgt. Ook dit levert een conserverende werking. Alkalische fermentatie staat garant voor veel smaak. Natto en soumbala gelden als krachtige smaakmakers in de regionale keuken.

Scan voor een grote versie van de Periodic Table

https://cdn.me-qr.com/pdf/6908158.pdf



Figuur 2: Periodiek systeem van gefermenteerd voedsel (Bron: M. Gänzle, juli 2022)

Copyright: This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License to allow sharing, copying and redistribution of the material in any medium or format.

Bron: Aeres Hogeschool Wageningen

Voedselsysteem:
Totaal van alle activiteiten in productie, verwerking, distributie, bewerking en consumptie van voedsel, inclusief sociaaleconomische en ecologische uitkomsten van deze activiteiten

Voedselverspilling:
Voedsel dat geproduceerd is voor de mens en niet wordt gegeten of gedronken. Schillen, botten, graten en andere resten worden niet meegerekend

Voedsel van de toekomst

Ons voedselsysteem zal de komende jaren ingrijpende veranderingen ondergaan. In de verwerking van grondstoffen tot voedsel zijn daar de volgende uitdagingen: minder dierlijke grondstoffen, minder voedselverspilling, en een lager energieverbruik. Fermentatietechnieken kunnen op verschillende manieren bijdragen aan oplossingen. Tabel 1 beschrijft een aantal voorbeelden.

Uitdaging	Voorbeelden van oplossingen
Minder dierlijke grondstoffen	• Creëren van umami smaken in plantaardige grondstoffen, vergelijkbaar met de complexe smaken in bijvoorbeeld kaas, vleeswaren en bouillon • Tempé met vitamine B12 • Productie van eiwitrijke biomassa, uit bacteriën of schimmels, om te gebruiken als vleesvervanger (industriële fermentatie) • Productie van melkeiwitten door gemodificeerde microben, voor de bereiding van 'diervrije kaas' (industriële fermentatie)
Minder verspilling	• Snijresten van groenten verwerken tot kimchi • Azijnbereiding uit restanten bier, wijn, sap • Notenpulp (uit oliebereiding) verwerken in tempé • Paddenstoelen kweken op koffiedik • Reststromen toepassen als grondstof voor industriële fermentatie
Lager energieverbuik	• (Melkzuur)fermentatie als conserveringsproces, in plaats van bijvoorbeeld verhitten of invriezen
Natuurlijke processen en ingrediënten	• Productie van voedselingrediënten, zoals vitamines, smaakstoffen, conserveermiddelen (industriële fermentatie)

Tabel 1: Fermentatie kan bijdragen aan een duurzamere voedselproductie; een aantal voorbeelden (Bronnen: Christian Weij, Wageningen University & Research, Aeres Hogeschool, Food from Food)

Duurzame restaurants

Steeds meer moderne restaurants zijn zich bewust van de impact die ze hebben op het milieu en de duurzaamheid van hun voedselproductie. Een van de manieren waarmee ze dit proberen tegen te gaan, is door gebruik te maken van oude fermentatietechnieken om voedselverspilling te verminderen en duurzamere producten te maken.

Een van de populaire fermentatieproducten in moderne restaurants, is miso. Miso wordt traditioneel gemaakt van gefermenteerde sojabonen, maar kan ook worden gemaakt van andere granen en bonen. Door de lange fermentatieperiode wordt miso een rijke bron van umami-smaak, die normaal alleen in dierlijke producten zoals kaas, vleeswaren, jus en bouillon wordt aangetroffen. Restaurants kunnen miso gebruiken als smaakmaker in – vooral vegan – sauzen, soepen en marinades en als vervanging van zout om de smaak te versterken. Hiermee krijgen plantaardige gerechten een aangename diepgang.

Kimchi is een ander gefermenteerd product dat steeds vaker in moderne restaurants te vinden is. Het is een Koreaans fermentatiegerecht dat meestal wordt gemaakt van kool en kruiden. Kimchi kan echter ook gemaakt worden van reststromen van groenten en fruit die anders weggegooid zouden worden, zoals schillen en minder mooie stukken. Dit maakt het gebruik van kimchi niet alleen duurzaam, maar ook economisch verantwoord. Kimchi is rijk aan probiotica en kan worden gebruikt als smaakmaker in salades, sandwiches en als bijgerecht.

Azijn is ook een fermentatieproduct dat veel wordt gebruikt in de keuken als smaakmaker in salades, sauzen en marinades. Azijn kan in een restaurant prima worden gemaakt van reststromen van bier, wijn en sap, waardoor het een duurzaam alternatief wordt voor commercieel geproduceerde azijn.

Theoriekader 1 legt azijnzuurfermentatie uit.

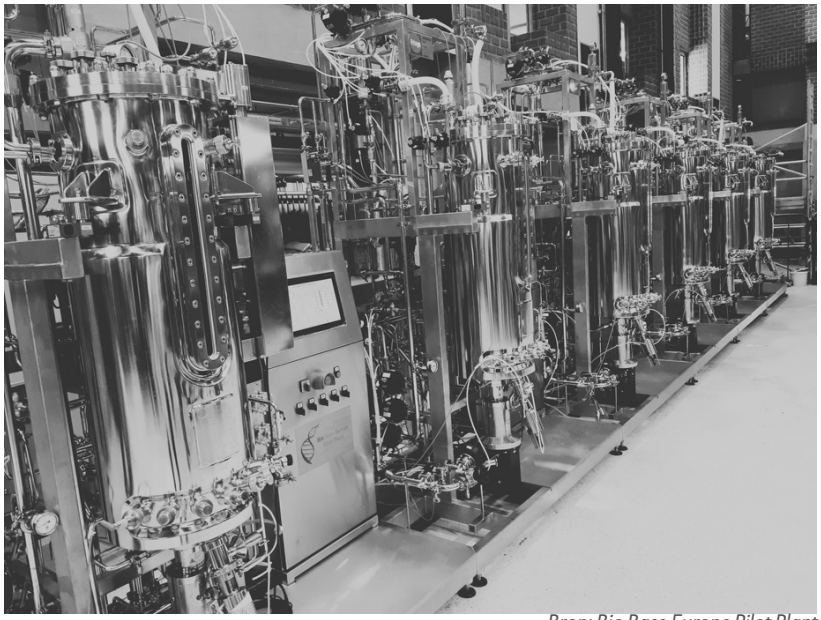
Umami:
Basissmaak (naast zoet, zuur, zout, bitter), ook wel omschreven als 'hartig'. Het aminozuur glutaminezuur speelt een rol in deze smaak

Probiotica:
Levende bacteriën die een positief effect op de gezondheid hebben wanneer ze in voldoende hoeveelheden worden geconsumeerd

Hoogwaardig eiwit

Het product tempé vormt een voorbeeld waarin meerdere duurzame aspecten samenkomen. Allereerst kunnen sojabonen in het traditionele recept eenvoudig worden vervangen door lokaal geteelde bonen, erwten of lupinebonen. Eventueel aangevuld met reststromen, zoals notenpulp. Daarnaast geeft de combinatie van peulvruchteneiwit en schimmeleiwit *Rhizopus oligosporus* een hoogwaardige mix van aminozuren. Bovendien kan aan de startercultuur een bacterie *Propionibacterium shermanii freudenreichii* worden toegevoegd die vitamine B12 produceert. Dit vitamine komt daarnaast uitsluitend voor in voedsel van dierlijke oorsprong, zoals vlees, ei en zuivel. Zo kan met behulp van traditionele fermentatie, op grote schaal een volwaardige vegan vleesvervanger worden geproduceerd uit lokale en circulaire grondstoffen.

Tabel 1 bevat een aantal oplossingen die zijn aangeduid met de term industriële fermentatie. Dit type fermentatie speelt zich af in roestvrijstalen tanks waarin geselecteerde microben groeien, gevoed met suikerrijke reststromen uit de voedselproductie. Een voorbeeld dat tot de verbeelding spreekt, is de ontwikkeling van 'diervrije kaas'. In dit project hebben wetenschappers, boerenorganisaties en bedrijven de handen ineen geslagen om met behulp van gemodificeerde gisten het eiwit caseïne te produceren. Stremsel – of meer specifiek: het enzym chymosine – wordt al enige tijd geproduceerd door microben in een industriële fermentatiesetting. De combinatie van caseïne en stremsel zal het diervrije product zijn typische structuur geven. Maar met structuur alleen zal de consument geen genoegen nemen. Wanneer men vervolgens traditionele smaakmakers zoals miso in zou kunnen zetten, komen hightech en traditionele fermentatietechnieken samen.



Bron: Bio Base Europe Pilot Plant

Tinderen voor microben

Wetenschappers en koks zijn bezig met het samenbrengen van microben uit verschillende delen van de wereld, die elkaar in de natuur nooit zouden ontmoeten. Dit proces wordt ook wel 'Tinder for microbes' genoemd. Door het combineren van verschillende micro-organismen, kunnen we nieuwe fermentatieculturen creëren met unieke eigenschappen en toepassingen. Dit kan resulteren in nieuwe en verbeterde smaken, geuren, texturen en hoeveelheden vitamines in voedingsmiddelen. De eerder beschreven tempé met vitamine B12 is het resultaat van een Tinder-experiment. Een ander resultaat is de creatie van een blauwe kaassmaak – zonder kaas – in slechts drie dagen. Hoewel het Tinderen van microben nog in de kinderschoenen staat, is er veel optimisme over de potentie ervan.

Het periodiek systeem (figuur 2) biedt waardevolle informatie voor potentiële Tinder-relaties.

Bron: Aeres Hogeschool Wageningen

Voedselvaardigheid

Video's en kookboeken met fermentatietechnieken en -recepten zijn populair. Dit past in de trend van puur en natuurlijk geproduceerd voedsel. Zelf thuis of op school aan de slag gaan met fermenteren levert in de eerste plaats lekkere en gezonde producten. Het vergroot de voedselvaardigheid. Daarnaast bieden fermentatieprocessen een inkijk in de complexiteit van biologische processen en interacties.

Startende fermenteerders kunnen aan de slag met het verwerken van fijngesneden groente volgens de zuurkoolmethode, of met het verwerken van wortel- en knolgroentes volgens de augurkmethode. De methodes en recepten staan beschreven in theoriekader 2. Beide fermentatietechnieken verlopen volgens het principe van de spontane fermentatie, microben die van nature aanwezig zijn op de groente zetten de fermentatie in gang.

Smaakt de groentefermentatie naar meer? Dan volgen hier nog een paar tips voor thuis- of schoolfermenteerders: rode pepers verwerken volgens de zuurkoolmethode levert tabasco. En met een scheut zuurkoolsap verandert room in twee dagen tijd in een aromatische crème fraiche. Eet smakelijk, gezond en duurzaam!

Voedselvaardigheid:
Kennis en vaardigheden om gezond, duurzaam en veilig voedsel te kiezen en te bereiden

Theoriekader 1

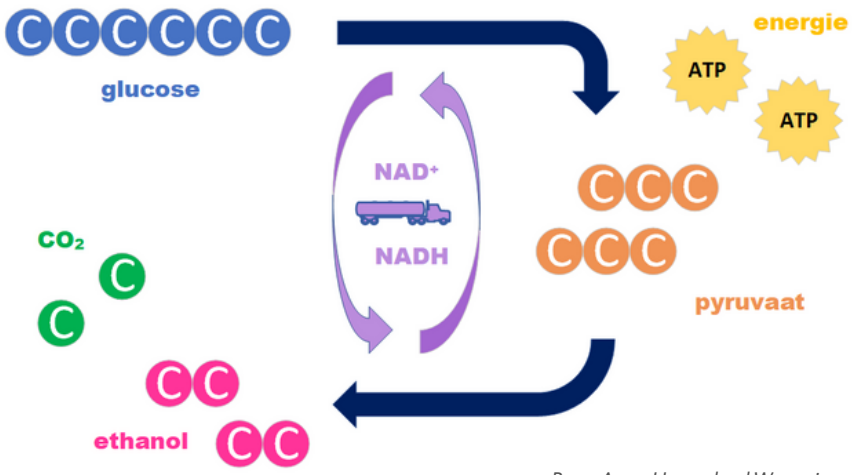
Waarom microben fermenteren

Microben hebben energie nodig om in leven te blijven en zich te vermenigvuldigen (groeien). Bij afwezigheid van zuurstof zijn daarvoor twee belangrijke stofwisselingsroutes beschikbaar. Beide routes leveren evenveel energie in de vorm van ATP (adenosinetrifosfaat), de universele energiedrager in alle levende cellen.
De start van de routes is gelijk: glucose (een enkelvoudige suiker met 6 koolstofatomen) wordt omgezet in pyruvaat, een tussenproduct. Deze stap levert ATP. De hulpreactie met NAD (nicotinamide-adenine-dinucleotide) werkt hier als een soort accu, die deze eerste stap op gang helpt. De omzetting van pyruvaat naar eindproducten levert weer een opgeladen accu.
Route één, de alcoholische fermentatie, eindigt in de vorming van ethanol (alcohol) en CO_2 (koolzuurgas). Route twee eindigt in de vorming van melkzuur, de melkzuurfermentatie. Voor de microbe zijn de gevormde producten, alcohol of melkzuur, giftig afval. Ze scheiden deze producten uit in hun omgeving. Een toenemende concentratie van deze afvalstoffen zal de groei vertragen en daarna stoppen. Ook bij uitputting van glucose stopt de groei. Uiteindelijk sterven de microben in deze situaties.

Alcoholische fermentatie

Gisten volgen altijd de route van alcoholische fermentatie. Glucose in druivensap wordt alcohol in wijn. Voor bier of brood is wat voorwerk nodig om te kunnen beschikken over glucose. Eerst moet zetmeel afgebroken worden tot glucose eenheden. Dit gebeurt door enzymen, afkomstig uit de mout (bierbereiding) of door enzymen die de gist zelf uitscheidt in het deeg (broodbereiding). Daarna kan ook hier de alcoholische fermentatie starten.
In bier genieten we in het eindproduct van alcohol en koolzuurgas. Tijdens het wijnproces laat men het gas bewust ontsnappen, zodat het eindproduct alleen de alcohol bevat. In brood doet koolzuurgas zijn werk in de vorming van een luchtige deegstructuur. De alcohol verdampt tijdens het bakproces.
Saccharomyces cerevisiae is de belangrijkste gistsoort in onze voedselproductie. Verschillende stammen van deze gist worden toegepast in de bereiding van brood, bier, wijn en gedestilleerde dranken zoals jenever en wodka.

Alcoholische fermentatie

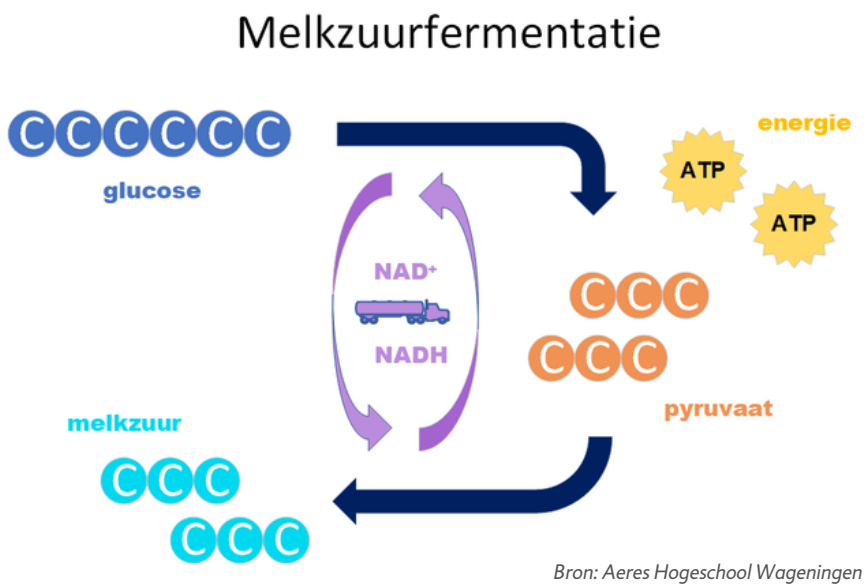


Bron: Aeres Hogeschool Wageningen

Theoriekader 1

Melkzuurfermentatie

Melkzuurbacteriën kunnen we indelen in twee groepen: homofermentatieve en heterofermentatieve soorten. Het verschil zit in de set enzymen, die de bacterie bij zich draagt. Deze bepalen de biochemische routes die afgelegd kunnen worden. Homofermentatieve melkzuurbacteriën zetten alle glucose om via de route van melkzuurfermentatie. In het eindproduct treffen we melkzuur aan. *Lactobacillus bulgaricus* en *Streptococcus thermophilus*, de bacteriën in Nederlandse yoghurt, behoren tot deze groep
Heterofermentatieven bewandelen zowel de route van melkzuurfermentatie als die van alcoholische fermentatie, waardoor in het eindproduct naast melkzuur ook alcohol en koolzuurgas aanwezig zijn. *Leuconostoc* soorten, in zuurkool en kefir, zijn vertegenwoordigers van deze groep



Bron: Aeres Hogeschool Wageningen

Andere routes

Een andere veelvoorkomende route is azijnzuurfermentatie, door *Acetobacter* soorten. In deze fermentatieroute wordt het eindproduct uit de alcoholische fermentatie, ethanol, omgezet in azijnzuur. Dit proces verloopt juist alleen in aanwezigheid van zuurstof. Het verzuren van een geopende fles wijn is een voorbeeld van deze route. In complexe fermentatieprocessen, zoals in zuurdesem en kombucha, vormt azijnzuurfermentatie een onderdeel van het totale proces.
Naast primaire stofwisselingsroutes, waarin energieproductie, vorming van biomassa of vermenigvuldiging centraal staan, bewandelen microben nog vele andere biochemische paden. Vaak in interactie met elkaar. De producten die hier ontstaan heten secundaire metabolieten. In deze groep vinden we stoffen die onze reuk- en smaakzintuigen prikkelen. Samen met de stoffen uit de primaire routes geven deze aromacomponenten gefermenteerd voedsel zijn rijke smaak.

Kort: De microbe is op zoek naar energie en produceert op zijn routes smaakstoffen en soms bubbels. Uiteindelijk brengen de microben zichzelf in het nauw, met de dood als gevolg. De mens blijft genieten van heerlijke smaken.

Theoriekader 2

Zelf groente fermenteren

Groente kunnen we gemakkelijk fermenteren, omdat ze veel melkzuurbacteriën bevatten die een spontane fermentatie starten. In fermentatieprocessen van groenten treffen we vaak aan: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, zowel homofermentatieve als heterofermentatieve soorten. Soms zijn ook gisten betrokken. Schimmels zijn niet welkom.
Twee methodes zijn in gebruik: de zuurkoolmethode (ook genoemd: droge fermentatie) en de augurkmethode (natte fermentatie).
Belangrijk bij beide is het toevoegen van de juiste zoutconcentratie. Deze moet tenminste 1,5 gewichtsprocent zijn, berekend op de hoeveelheid groente (zuurkoolmethode) of groente plus water (augurkmethode). Melkzuurbacteriën zijn bestand tegen deze hoge zoutconcentratie en kunnen zo een voorsprong nemen op andere aanwezig microben, waaronder bederfveroorzakers en ziekteverwekkers. Tijdens de fermentatie daalt de pH snel door de productie van melkzuur. Bereikt het product de pH waarde van 4,5 (of lager), dan ontstaan voedselveilige omstandigheden. Ziekteverwekkers kunnen niet groeien bij deze zuurtegraad. De meeste gefermenteerde groentesoorten bereiken een stabiele eindtoestand met een pH-waarde tussen 3,5 en 4.
Een ander belangrijk aspect is het zoveel mogelijk beperken van zuurstof. Dit doen we door de groenten onder vloeistofniveau te houden gedurende de fermentatie. Schimmels, die voor hun groei afhankelijk zijn van zuurstof, krijgen zo weinig kans.

Zuurkoolmethode

Deze methode leent zich goed voor fijngesneden, geraspte of gepureerde groenten. De zoutconcentratie wordt berekend op basis van het gewicht van de groente.
Voor klassieke zuurkool gebruiken we witte kool en specerijen naar keuze, bijvoorbeeld zwarte of witte peper, karwij, jeneverbes.

Ingrediënten & benodigdheden

± 900 g groente
15 g fijn zeezout
Smaakmakers naar keuze
Beugelpot van 1 liter
Eventueel: pH papier

Bereiding

1. Bevestig de rubberen ring aan de deksel van de pot. Zorg dat je pot schoon is, maar steriliseren hoeft niet.
2. Was de groenten als ze echt vies zijn, maar anders hoeft dat niet. De meeste groenten hoef je niet te schillen. Pompoen en aubergine schil je wel, deze schillen worden niet echt zacht tijdens het fermenteren.
3. Snijd, schaaf, rasp of pureer de groenten zo fijn mogelijk.
4. Voeg zout en smaakmakers naar keuze toe en meng alles goed. Als het nog niet heel vochtig is, kun je het kneuzen door het flink te masseren of kneden. Houd dit vol tot er vloeistof verschijnt.
5. Schep de groente met het vrijgekomen vocht in de beugelpot en druk het zo goed aan tot er geen zuurstof meer tussen je product aanwezig is. Controleer dit echt goed. Als de groente niet helemaal onder zijn vocht verdwijnt, kun je wat water met 1,5% zout toevoegen (bijvoorbeeld 100g water met 1,5g zout daarin opgelost).
6. Zorg dat je pot voor niet meer dan tot 3cm onder de rand gevuld is. Is hij voller? Dan loop je het risico dat er vocht uit gaat spuiten tijdens het fermenteren. Dit komt dan doordat de bacteriën koolzuurgas produceren waardoor er druk in de pot ontstaat en de groenten naar boven gedrukt kan worden.
7. Sluit de pot luchtdicht af zodat er geen zuurstof bij kan komen.
8. Zet de pot op het aanrecht en laat het bij kamertemperatuur fermenteren.
9. Check na een dag of 5 of het zuur is, door ruiken en voorzichtig proeven. Is het nog niet zuur, of wil je het zuurder? Laat de pot dan nog een paar dagen bij kamertemperatuur staan tot je de smaak goed vindt. Eventueel kun je een meting met pH papier uitvoeren, breng daarvoor met een lepel wat vocht uit de pot op de strip. Lees de waarde af. Bij een pH van 4,5 of lager is de fermentatie klaar.
10. Eet je product direct op, of zet de pot in de koelkast als je het lang wilt bewaren.

Scan voor de instructievideo

www.youtube.com/watch?v=vw1vs3F5_4s&ab_channel=VerrotSpannend

Augurkmethode (pickles)

Deze methode leent zich goed voor grote stukken groenten. We kennen het vooral van augurken en olijven. Het is perfect voor harde groenten, zoals peen, biet, pastinaak, koolraap. Het grote verschil met de zuurkoolmethode is dat we nu water toevoegen om te zorgen dat er geen lucht tussen het product aanwezig is. De zoutconcentratie wordt berekend op het totaalgewicht van groente plus water.

Ingrediënten & benodigdheden

± 500 g groenten
± 400g water
15 g fijn zeezout
Smaakmakers naar keus
Beugelpot van 1 liter
Eventueel: pH papier

Bereiding

1. Bevestig de rubberen ring aan de deksel van de pot.
2. Snijd grote groenten (bietjes, raapjes, winterwortels) in blokjes, staafjes, rondjes of andere vormen naar wens. Laat kleine groentesoorten (augurkjes, uitjes e.d.) gewoon heel.
3. Doe zout en smaakmakers onder in de pot en schep de groenten of fruit er bovenop. De pot mag niet meer dan 3cm onder de rand gevuld zijn.
4. Giet net zoveel water in de pot tot de groenten of het fruit net onderstaan. Blijf 3cm onder de rand van de pot. Is hij voller? Dan loop je het risico dat er vocht uit gaat spuiten tijdens het fermenteren. Dit komt dan doordat de bacteriën koolzuurgas produceren waardoor er druk in de pot ontstaat.
5. Sluit de pot luchtdicht af zodat er geen zuurstof bij kan komen.
6. Wentel de pot een paar keer ondersteboven en terug zodat het zout zich goed mengt met het water.
7. Zet de pot op het aanrecht en laat het bij kamertemperatuur fermenteren.
8. Proef na 5 dagen of de inhoud zuur is. Is het nog niet zuur, of wil je het zuurder?Laat de pot dan nog een paar dagen bij kamertemperatuur staan tot je de smaak goed vindt. Eventueel kun je een meting met pH papier uitvoeren, breng daarvoor met een lepel wat vocht uit de pot op de strip. Lees de waarde af. Bij een pH van 4,5 of lager is je fermentatie klaar.
9. Zet de pot in de koelkast om de fermentatie (nagenoeg) te stoppen

Scan voor de instructievideo

www.youtube.com/watch?v=m4AMlCZCWNo&ab_channel=VerrotSpannend

Verder lezen, kijken en experimenteren

Boek: Verrot Lekker, Christian Weij (2021, ISBN 9789461562777)
Video's: Verrot Spannend, Christian Weij
youtube.com/@verrotspannend1046

Boek: Over eten en koken, Harold Mc Gee (2020, ISBN 9789046813935)

Boek: Beter weten over eten, NVON (2022)
Lesmateriaal: Fermentatie, NVON
https://nvon.nl/leswerk/beter-weten-over-eten-deel-2-leeractiviteit-3-fermentatie#

Website: Fermentatie, Micropia
Lesmateriaal: Microbiologie voor thuis en in de klas, Micropia
https://www.micropia.nl/nl/ontdek/onzichtbare-wereld/fermentatie/
https://www.micropia.nl/nl/ontdek/onzichtbare-wereld/experimenten/

De auteurs

Margot Tacken

Margot studeerde levensmiddelentechnologie aan de Wageningen Universiteit. Microbiologie en fermentatie lopen als een rode draad door haar loopbaan. Ze werkt als docent en lerarenopleider bij Aeres Hogeschool Wageningen.

Christian Weij

Christian is voedingsdeskundige, fermentatie-expert en fooddesigner. Hij is auteur van het boek "Verrot Lekker", waarin hij de kunst van fermentatie beschrijft. Naast zijn werk als schrijver is Weij ook de oprichter van SmaakPark.

Deze tekst verscheen in verkorte vorm in:
Ben Lugtenberg (Red) 2023. "Gezond met Microben". Te bestellen via ben.lugtenberg@gmail.com.

Uitgegeven in september 2023