

Eindrapportage BARAWING project (EETK99033)

**De ontwikkeling van een competitief proces voor het
verlengen van de houdbaarheid van voedselproducten met
behulp van ultra-hoge druk**

Openbare Rapportage

Auteurs:

R.W. van den Berg en vertegenwoordigers van de bedrijfspartijen.

Rapportnummer 807

Colofon

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Programma E.E.T. (Economie, Ecologie en Technologie) een gezamenlijk initiatief van de Ministeries van Economische Zaken, Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Het programma wordt uitgevoerd door het Programmabureau E.E.T., een onderdeel van SenterNovem.

Titel	Openbare Rapportage BaraWing project
Auteur(s)	RW van den Berg e.a.
AFSG nummer	-
ISBN-nummer	-
Publicatiedatum	1 april 2008
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	99/070
Rapportnummer	807

Agrotechnology and Food Sciences Group
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.afsg@wur.nl
Internet: www.afsg.wur.nl

© Agrotechnology and Food Sciences Group

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Agrotechnology and Food Sciences Group is gecertificeerd door SGS International Certification Services EESV op basis van ISO 9001:2000.

Samenvatting

Deze rapportage beschrijft de resultaten die geboekt zijn binnen het BaraWing project (EETK99033). Dit project had als doelstelling het ontwikkelen van een proces en een testpilot-scale hogedruk-apparaat voor het kosten-effectief produceren van voedingsmiddelen met een verlengde houdbaarheid bij kamertemperatuur met behulp van hogedruktechnologie (HPP). Het project was een samenwerking tussen de partners Unilever Vlaardingen, Stork Food & Dairy Systems, Agrotechnology & Food Innovations en Resato. Tevens is een aantal onderaannemers binnen het project betrokken, waaronder het ingenieursbureau Solico, dat ondermeer verantwoordelijk was voor technisch projectmanagement en de integratie van de verschillende onderdelen van de unit.

Het project was op te delen in een drietal hoofdactiviteiten, te weten *a) technologie*, *b) veiligheid (microbiologie)* en *c) productkwaliteit*.

- Op technologisch vlak is er een testpilotunit gerealiseerd, die op basis van de onderzoeksresultaten van dit project ontworpen en geconstrueerd is. Met deze unit kunnen levensmiddelen op een gecontroleerde wijze behandeld worden. In de beginfase van het project is veel aandacht gegeven aan de ontwikkeling van drukvaten op basis van hoogwaardige vezels, aangezien dit met de kennis bij het begin van het project de meest kansrijke route was, om hogedruksterilisatie op een economisch haalbare wijze te bereiken. Gedurende het project zijn nieuwe inzichten verkregen omtrent de condities waaronder commerciële sterilisatie bereikt kan worden (door combinatie van druk en temperatuur), waardoor stalen vaten weer een optie werden. De composiettechnologie is als gevolg hiervan niet verder doorgezet, en is verder gegaan met stalen vaten. Hier lag een sterke uitdaging om op technologische wijze tegemoet te komen aan de gewenste procescondities van hoge druk en hoge temperatuur. Er bestonden geen technologische systemen die aan deze eisen voldeden, voorafgaand aan dit project. Er is veel kennis ontwikkeld omtrent het mechanisme van hogedruk sterilisatie en de benodigde apparatuur om dit te bereiken. Het proces is gepatenteerd onder patentnummer WO 02/45528. Er is een aantal artikelen gepubliceerd waarin het consortium als een van de eerste het proces beschrijft. Deze artikelen worden in het vakgebied regelmatig geciteerd. Hiernaast is veel technologische kennis ontwikkeld op het gebied van de toepasbaarheid van materialen bij hogedruk en hoge temperatuur, en toepassing van technologische oplossingen (bijvoorbeeld dynamische afdichtingen etc.)
- Binnen de hoofdactiviteit microbiologie is veel onderzoek verricht naar de microbiële veiligheid van het hogedruksterilisatie proces, met als doel te definiëren onder welke procesomstandigheden de gewenste mate van veiligheid verkregen kan worden. Gevoed door de experimenten is een model ontwikkeld dat de inactivatie als combinatie van druk en temperatuur adequaat kan voorspellen. Dit onderzoek heeft geleid tot inactivatiegegevens van een aantal relevante micro-organismen, waaronder *Clostridium Botulinum*, die als input kunnen dienen voor het legitimeren van deze technologie voor commerciële toepassing.
- Tevens is veel onderzoek verricht naar het effect van hogedruksterilisatie op de kwaliteit van levensmiddelen, waarbij alle relevante productgroepen in beschouwing zijn genomen. De acceptatie van deze technologie valt en staat met de kwaliteitswinst die geboekt kan worden in vergelijking met conventionele methoden. Winst moet zitten in behoud van de 'verse' eigenschappen als bijvoorbeeld kleur, smaak en textuur. Hiernaast is voor een

tweetal targetproducten bestudeerd in hoeverre deze producten op chemisch niveau veranderen in vergelijking tot conventionele sterilisatiemethoden. Deze studie toonde aan dat er op chemisch niveau geen veranderingen te constateren waren. Gezien de Europese richtlijnen omtrent de introductie van Novel Foods (258/97/EC) is dit relevante bewijslast voor het geaccepteerd krijgen van nieuwe conserveringsmethoden.

Summary

This report describes the results obtained in the BaraWing project. The goal of this project was the development of a process and equipment for the production of food products by means of high pressure processing (HPP). Whereas high pasteurisation is already available on commercial scale, the focus was on high pressure sterilisation. The project was a cooperation between Unilever Research Vlaardingen, Stork Food & Dairy Systems, Agrotechnology & Food Innovations (WUR) and Resato International. Furthermore, a number of contractors were involved, among which Solico, responsible for technical project management and integration of the several components of the high pressure unit.

The project focused on three main activities: a) technology, b) safety and c) product quality:

- Considering the technology related activities, a pilot unit for high pressure sterilisation has been developed. By means of this unit, food products can be treated in a controlled way. Before this project, equipment for high pressure sterilisation was available only on laboratory scale. High pressure sterilisation requires a combination of high pressure and elevated temperatures. This combination was a real challenge for the engineers, resulting in new designs and the application of materials with special properties. New knowledge has been obtained in relation to the mechanism of high pressure sterilisation. This knowledge has been filed in a patent WO 02/45528
- Research has been performed in the area of microbial food safety, focusing on the definition of the conditions under which the process is a commercial safe process. Based on the results, a model has been developed which can predict the inactivation of micro-organisms by means of pressure and temperature adequately. This research yielded inactivation data of relevant micro-organisms such as *Clostridium botulinum*.
- Apart from the microbiology, food technologist studied the effect of high pressure processing on all kinds of food products. The acceptance of this technology is closely related to the quality obtained by conventional methods. Acceptance is positively influenced by retaining 'fresh' characteristics such as color, taste and texture. It was demonstrated that high pressure is a relevant alternative preservation technology for a large number of food products.

1 Inleiding

Introductie

Hoge-druk conservering van voedsel is de afgelopen twee decennia steeds meer in de belangstelling gekomen. Achtergrond is de behoefte van consumenten aan lang houdbare versogende producten. Een lange houdbaarheid vereist de inactivering van zowel micro-organismen als enzymen. De voorwaarde ‘vers-ogend’ vereist dat de kwaliteit weinig van de kwaliteit van verse producten afwijkt. De conventionele technieken gebaseerd op verhitting zorgen voor een voldoende lange houdbaarheid maar in veel gevallen ook voor een sterke achteruitgang van de productkwaliteit. In het bijzonder smaak, kleur en voedingsstoffen spelen hierbij een grote rol. Daarom wordt al vele decennia lang gezocht naar alternatieven, die de versheid niet aantasten maar de micro-organismen en enzymen wel. Naast winst voor de consument biedt de toegang tot een dergelijke technologie veel mogelijkheden voor de retailers, die nu voor het aanbieden van producten van deze kwaliteit gebonden zijn aan de koude keten met de daar aan verbonden complexe logistiek en derving. Eén der veelbelovende technieken is de toepassing van zeer hoge druk (high pressure processing, HPP).

In de afgelopen jaren zijn steeds meer levensmiddelen op de markt verschenen die met hoge druk behandeld zijn. Voorbeelden zijn guacamole (Mexico, VS), oesters (VS), vruchtensappen (o.a. Portugal, UK), ham (Spanje), rijstproducten (Japan) en recentelijk het eerste functional food (Tsjechië). Het gaat hier om behandelingen die gericht zijn op **pasteurisatie** waarbij vegetatieve micro-organismen worden geïnactiveerd en enzymen slechts in beperkte mate worden geïnactiveerd. Dit betekent dat een langere houdbaarheid net zoals bij conventionele hittepasteurisatie alleen bereikt kan worden door combinatie met een andere methode (bv lage zuurgraad) of door de koude koeling. De zo verkregen voordelen wegen voor een aantal producten op tegen de hoge investerings- en proceskosten.

Gedurende de looptijd van dit project is aangetoond dat door een combinatie van hoge druk en een beperkte temperatuurverhoging ook bacteriële sporen volledig kunnen worden geïnactiveerd, zonder in ernstige mate afbreuk te doen aan de kwaliteit van het behandelde product. Dit is een interessante uitbreiding van de toepassingsmogelijkheden van HPP omdat op deze manier producten **gesteriliseerd** kunnen worden met behoud van kwaliteit. De zo verkregen producten zijn langdurig houdbaar bij kamertemperatuur. Op basis van dit proces is gedurende het project een testfaciliteit op pilotschaal ontwikkeld.

Hogedruktechnologie



Een hoge drukbehandeling wordt uitgevoerd in een drukvat gevuld met een drukvloeistof (in de meeste gevallen water met een beperkte voedselveilige toevoeging voor smering). Levensmiddelen worden in bulk- of consumentenverpakking in het vat geplaatst waarna na het sluiten van het vat de druk verhoogd wordt met behulp van een externe pomp of door het persen van een zuiger in het vat. Dit proces resulteert in een toename van de druk tot 400-1000 MPa (4000 – 10000 bar). Na een behandelingsduur van 1-5 minuten wordt de druk afgelaten en is het product behandeld. De aangebrachte druk is isostatisch zodat het hele product een alzijdige behandeling ondergaat. Vloeistoffen en producten worden bij deze drukken 10 tot 20% samengedrukt. Een groot aantal producten neemt na behandeling

weer de oorspronkelijke vorm aan, mits het deelproduct een homogene structuur heeft en geen lucht bevat. Bij bijvoorbeeld vlees, groente en pastamaaltijden is geen significante verandering waarneembaar; champignons, die voor een groot deel uit lucht bestaan, storten onder behandeling in. Dit laatste kan voorkomen worden door lucht te vervangen door water, voorafgaande aan het proces. Verder dient de verpakking geschikt te zijn om tijdelijk de verandering in volume te kunnen ondergaan.

Gisten, schimmels en bacteriën worden geïnactiveerd bij drukken tussen 300 en 600 MPa, voor het inactiveren van sporen zijn hogere drukken en de introductie van een verhoogde temperatuur essentieel. Andere effecten van hoge druk zijn veranderingen van macromoleculen, zoals denaturatie van eiwitten en enzymen, kristallisatie van lipiden en verstijfseling van zetmeel. Hoge druk heeft echter weinig invloed op covalente verbindingen, waardoor vitamines, natuurlijke kleurstoffen en aroma's intact blijven. Hoge druk is hiermee een milde conserveringsmethode die in het algemeen een betere kwaliteit oplevert dan traditionele hittebehandelingen.

De technologie is de afgelopen 7 jaar sterk ontwikkeld, uitsluitend voor pasteurisatie doeleinden. De technologie wordt in de VS commercieel door diverse partijen toegepast, in Europa in beperktere mate (bijvoorbeeld in Spanje, Duitsland, Frankrijk, Engeland). In Nederland wordt de apparatuur nog niet commercieel ingezet door levensmiddelenbedrijven. Marktleiders wat betreft apparatuur zijn Avure-ABB (USA) en Nicolas Correia (Spanje).

High pressure processing in relatie tot het EET project

In 2000 is het project “*De ontwikkeling van een competitief proces voor het verlengen van de houdbaarheid van voedselproducten met behulp van ultra-hoge druk*” gestart als follow-up van het eerste project, dat liep vanaf 1997. Aanleiding om te besluiten tot een vervolg van het eerste project waren de resultaten die in het eerste project bereikt waren. Er was enerzijds bewijs dat met behulp van HPP in combinatie met een temperatuursverhoging sterilisatie van producten mogelijk was. Anderzijds waren de perspectieven voor het produceren van composietsystemen goed, aangezien het proces op laboratoriumschaal bewezen was. Dit tweede project was een samenwerkingsverband tussen Resato International (vanaf 2004), Stork Food & Dairy Systems, Unilever Research Vlaardingen en Wageningen UR (A&F).

Het doel van het huidige EET-project was het leveren van een installatie om te demonstreren dat het mogelijk is om op een competitieve manier de houdbaarheid van levensmiddelen te verlengen met hoge druk zonder onacceptabele hittebeschadiging. Naast het economische aspect is onderzoek verricht om de technologie geaccepteerd te krijgen vanuit verschillende perspectieven: veiligheid, kwaliteitswinst en consumentenacceptatie.

Essentieel voor de introductie van hoge druksterilisatie is bewijzen dat dit proces veilig is. In het project is onderzocht wat de procescondities moeten zijn voor inactivatie van relevante micro-organismen. Dit betekent dat voor verschillende soorten onderzocht is wat de invloed is van druk, tijd, temperatuur op de afdoding. Hogedruksterilisatie is een nieuw proces waarvoor toelating gevraagd moet worden. Een basisvoorwaarde voor toelating in zowel de Verenigde Staten als de Europese Unie is dat met het nieuwe proces kiemen van ziekteverwekkende micro-organismen in voldoende mate worden geïnactiveerd. Voor het vaststellen van de procescondities die hiervoor minimaal nodig zijn, wordt in eerste instantie uitgegaan van de resistentie van de sporen van *Clostridium botulinum*. Van de bekende voedingsgerelateerde sporenvormende

pathogenen maakt dit organisme de meest hitte-resistente sporen en hebben de door deze bacterie veroorzaakte voedselvergiftigingen de hoogste mortaliteit.

Om de resultaten te boeken stonden de volgende onderwerpen centraal in het onderzoek:

- ontwikkeling nieuwe hoge drukapparatuur die levensmiddelen kan steriliseren op een economisch aantrekkelijke wijze.
- productonderzoek naar de kwaliteit van hoge drukbehandelde producten in vergelijking met conventioneel behandelde producten,
- onderzoek naar de veiligheid van hoge drukbehandelde producten, zowel met betrekking tot de microbiële veiligheid als ten aanzien van de productsamenstelling,
- communicatie en kennisoverdracht van het hoge drukproces richting overheden, consumenten en collega-wetenschappers.

2 Highlights van resultaten van het project

2.1 Technologie

Centraal in het project stond de ontwikkeling van een prototype hoge drukapparaat waarmee tegen lage kosten levensmiddelen behandeld kunnen worden. Hiertoe is apparatuur ontwikkeld waarmee producten op een schaal van ongeveer 80 liter per uur geproduceerd kunnen worden. Deze apparatuur maakt gebruik van een snelle manier van processen waardoor de kosten gereduceerd worden. Ook wordt de behandeling uitgevoerd bij zo mild mogelijke condities (druk, temperatuur, tijd) zodat er zo min mogelijk effect is op de productkwaliteit. De technologische uitdaging zat er gedurende het project in de apparatuur zo te ontwikkelen dat de unit op een economische wijze te exploiteren is bij de gewenste drukken en temperaturen. Bij hogedruk sterilisatie wordt immers gewerkt bij drukken rond 7000 bar en verhoogde temperaturen en de combinatie hiervan stelt speciale eisen aan materialen en constructies.

In dit project is veel bereikt betreffende de ontwikkeling van nieuwe technologie en inzicht in het hogedrukproces. Uitgaande van het inzicht dat hogedruk-sterilisatie in grote mate een thermisch proces is, zijn technische oplossingen gegenereerd om tijdens de drukbehandeling de adiabatische temperatuurstijging optimaal te benutten en afkoeling van de vatinhoud te voorkomen. Voor het produceren van voedingsmiddelen die ook bij kamertemperatuur een verlengde houdbaarheid hebben, dienen ook bacteriële endosporen geïnactiveerd te worden. Het was al langer bekend dat toepassing van hoge druk bij hogere temperaturen ($> 70^{\circ}\text{C}$) sporen inactieveert en dat de adiabatische temperatuurstijging van het product als gevolg van de drukbehandeling daarbij een rol speelt. In dit project is aangetoond dat de eindtemperatuur na adiabatische opwarming in belangrijke mate de snelheid van sporeninactivatie bepaalt en dat door afkoeling van de inhoud van het drukvat aan de wand er in het vat gradienten in temperatuur en als gevolg hiervan ook gradienten in inactivatiesnelheid ontstaan. Het inzicht dat de bereikte eindtemperatuur in belangrijke mate de inactivatiesnelheid van sporen bepaalt, vormde de basis voor een **octrooiaanvraag** voor een nieuw hogedruk-sterilisatieproces (*Schepdael, L.J.M.M., De Heij, W.B.C., and Hoogland, H. 2002. Method for high-pressure preservation. PCT patent application WO 02/45528*)

In een eerdere fase van het project hebben de partners op laboratoriumschaal een hogedruk sterilisatie unit ontwikkeld. Deze unit is verder geoptimaliseerd gedurende het project. Hierbij moet gedacht worden aan bijvoorbeeld de dynamische afdichtingen die de scheiding vormen tussen omgevingsdruk en werkdruk. Op basis van de verkregen kennis is uiteindelijk een hogedruksysteem op pilotoniveau ontworpen en gebouwd. Deze unit heeft de volgende specificaties:

Maximale werkdruk:	800 MPa (8000 bar)
Temperatuur	90 graden aanvangstemperatuur (vat en product)
Druk opvoersnelheid	Binnen 30 seconden op 700 MPa
Verplaatsing vat	Orde 8 seconden
Sluiten	Orde 10 seconden
Doorzet	Orde 80 liter per uur



In bovenstaande foto staat een overzicht van de unit zoals hij uiteindelijk gerealiseerd is. De hogedruksterilisatie productie faciliteit bestaat in grote lijnen uit een drietal componenten.

- a) De voorverwarmingssectie waar het product wordt opgewarmd tot de begintemperatuur (links op de voorgrond)
- b) De hogedrukkern waar de behandeling in plaats vindt (centraal)
- c) De afkoelsectie , waarin het product snel wordt afgekoeld tot omgevingstemperatuur.

Centraal staat het juk, met daarin boven gemonteerd een inwendig intensifier systeem voor de drukopbouw. Het drukvat staat getransporteerd naar de laden-lossen positie en staat tussen voorverwarmingssectie (links) en koelsysteem (rechts). De producten worden vanuit de voorverwarmingssectie naar het drukvat getransporteerd door de T-vormige manipulator. Deze manipulator transporteert eveneens de het behandelde product vanuit het drukvat naar de koelsectie, waar het product snel op omgevingstemperatuur wordt gebracht.

Links, zichtbaar in de geopende kast, staat de pomp waarmee het systeem op druk gebracht wordt. Rechts daarvan, achter de voorverwarmingssectie staat een kast waarin zich het hydraulische systeem bevindt, waarmee alle essentiële stappen van het hogedruk proces worden uitgevoerd (bijvoorbeeld sluiten van het deksel en horizontaal transport van het drukvat). Niet zichtbaar, gepositioneerd achter het juk, staan twee elektrische kasten. Een hiervan is toegespitst op de sturing van het hogedruk systeem, de andere op de apparatuur hieromheen, met name de voorverwarmingssectie. Het geheel wordt bestuurd vanuit een centrale computer (mastersturing), die via een console (rechts vooraan) bediend wordt.

Deze unieke faciliteit wordt beschikbaar gemaakt voor het uitvoeren van diverse producttesten onder gecontroleerde omstandigheden. Het systeem is in staat om ongeveer 80 liter product per uur te behandelen, en hiervoor geschikt voor de productie van kleine batches levensmiddelen. De unit zal de komende periode toegankelijk worden gemaakt voor geïnteresseerde partijen, die willen onderzoeken wat hogedruk technologie voor hun producten kan betekenen.

2.2 Microbiologische veiligheid van HPP behandelde producten

Voor het verkrijgen van toelating van een nieuw proces als HP-sterilisatie voor het produceren van voedingsmiddelen is het een vereiste aan te tonen dat het toegepaste proces een veilig product oplevert. HP-behandelde voedingsmiddelen die bij kamertemperatuur bewaard kunnen worden, zullen als microbiëel veilig worden beschouwd als hierin geen ziekteverwekkende micro-organismen (meer) aanwezig zijn. Voor het vaststellen van de procescondities die hiervoor minimaal nodig zijn, is in eerste instantie uitgegaan van de resistentie van de sporen van *Clostridium botulinum*. Van de bekende voedingsgerelateerde sporenvormende pathogenen maakt dit organisme de meest hitte-resistente sporen en hebben de door deze bacterie veroorzaakte voedselvergiftigingen de hoogste mortaliteit.

In de toelatingsaanvraag voor HP-sterilisatie moet worden aangegeven hoe toekomstige producenten van HP-gesteriliseerde voedingsmiddelen hun procesomstandigheden op de productielocatie kunnen valideren. In een dergelijke omgeving is het introduceren van de meest resistente pathogenen (waarop de procescondities zijn gebaseerd) natuurlijk ongewenst en verdient het gebruik van een zogenaamd surrogaatorganisme de voorkeur. Daarmee wordt een niet-pathogeen micro-organisme bedoeld dat bij voorkeur even resistent of iets resistenter is dan de meest resistente pathogeen, of waarvan precies bekend is hoe de resistentie zich verhoudt tot die van de meest resistente pathogeen. Gedurende dit project is de resistentie van *Clostridium sporogenes* in detail worden onderzocht. Voor thermische processen wordt dit organisme als surrogaat gebruikt voor *Clostridium botulinum*.

Voor het ontwikkelen van een voorspellend model voor hogedrukinactivatie van bacteriële endosporen werd de kinetiek van inactivatie van *Geobacillus stearothermophilus* endosporen onderzocht als functie van de initiële procestemperatuur, de hoogte van de toegepaste druk en het aantal drukpulsen. De keuze voor dit organisme was gebaseerd op het feit dat de sporen van deze soort behoren tot de meest hitte-resistente die bekend zijn, en dat temperatuur een belangrijke factor is gebleken in hogedrukinactivatie.

Toen na afronding van het screeningsprogramma de gevonden sporeninactivaties die werden bereikt met 1 drukpuls in een driedimensionale figuur werden uitgezet als functie van initiële temperatuur en toegepaste druk, bleken alle punten in één vlak te liggen (Fig. 2.2.1, links). Vertaald naar een tweedimensionale figuur hield dit in dat bij gelijkblijvende initiële temperatuur de mate van inactivatie rechtevenredig toenam met de hoogte van de toegepaste druk, en dat de lijnen die zo voor de verschillende temperaturen werden verkregen, alle parallel liepen (Fig. 2.2.1, midden). Een wezenlijk ander inzicht werd verkregen door niet van de begintemperaturen uit te gaan maar te kijken naar de eindtemperaturen die wordt bereikt als gevolg van adiabatische opwarming (Fig. 2.2.1, rechts). Voor alle HPP-experimenten bleek dat – welke combinatie van initiële temperatuur en druk ook werd toegepast – de bereikte eindtemperatuur de mate van inactivatie bepaalde. Voor elke combinatie van bereikte druk en bereikte eindtemperatuur werd

op basis van de gemeten sporeninactivatie na een enkele drukpuls de reactiesnelheidsconstante k bepaald. Voor wiskundige beschrijving van de inactivatiekintiek van sporen van *Geobacillus stearothermophilus* is gebruik gemaakt van een vereenvoudigde Eyring-Arrhenius vergelijking. De resultaten zijn verwerkt in de databank van het ontwikkelde simulatieprogramma waarmee de mate van inactivatie door middel van hoge druk kan worden voorspeld.

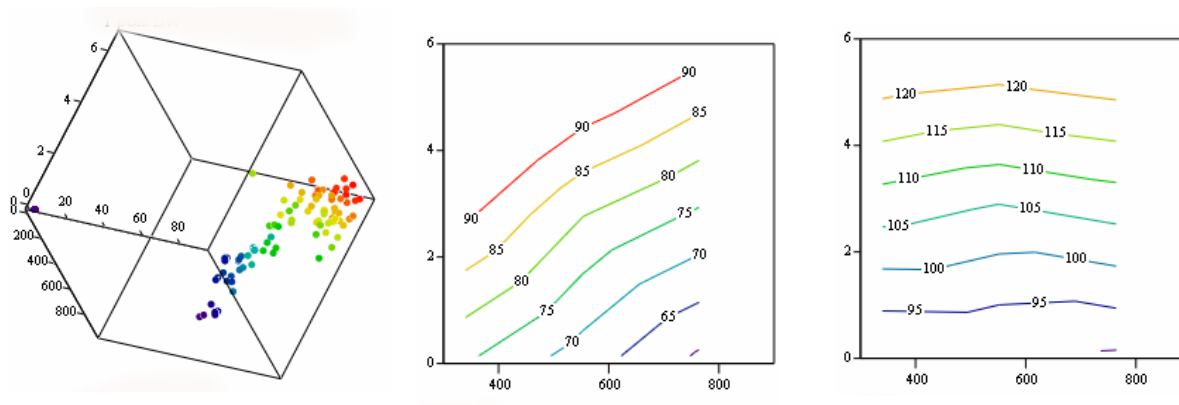


Fig.2.2.1. Hoge-drukinactivatie van *Geobacillus stearothermophilus* als functie van druk en bereikte eindtemperatuur. Voor toelichting zie tekst.

Vervolgens werd het model voor inactivatie van sporen van *Geobacillus stearothermophilus* geverifieerd voor sporen van een andere soort, *Bacillus subtilis*. De sporen van *Bacillus subtilis* zijn weliswaar minder hitte-resistent maar in tegenstelling tot die van *Geobacillus stearothermophilus* wel staat te ontkiemen en uit te groeien bij temperaturen waarbij volconserven doorgaans worden bewaard (15 – 35°C). In de praktijk is *Bacillus subtilis* een belangrijke veroorzaker van bederf van volconserven.

De mate van inactivatie werd onderzocht als functie van de initiële procestemperatuur (60 – 90°C), de hoogte van de toegepaste druk (500 – 700 MPa) en de duur van de drukbehandeling. Bij lagere temperaturen werden er in alle gevallen overlevende sporen gevonden. In alle gevallen werd een duidelijke log-lineaire inactivatiecurve waargenomen. De inactivatiesnelheid nam toe bij toenemende temperatuur en toenemende druk. De temperatuur heeft echter een groter effect op de inactivatie dan druk.

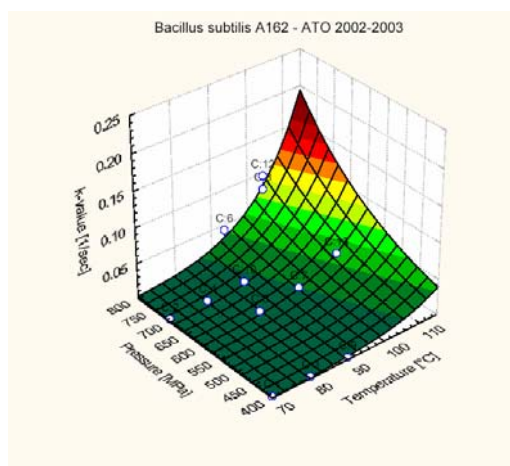


Fig. 2.2.2. Inactivatiesnelheid (staande as) van sporen van *Bacillus subtilis* A162 uitgezet als functie van de bereikte eindtemperatuur (rechter liggende as) en de toegepaste druk (linker liggende as).

Naast genoemde micro-organismen zijn ook uitgebreide studies uitgevoerd met *Clostridium Botulinum* en *Clostridium Sporogenes*. Op basis van de resultaten die mede uit deze studies naar voren zijn gekomen zijn de condities bepaald waaronder de hogedruksterilisatie unit opereert.

2.3 Resultaten op het gebied van productonderzoek

Gedurende de looptijd van het project zijn zeer veel producten beoordeeld op de geschiktheid voor sterilisatie met hoge druk. Hoge druksterilisatie resulteert over het algemeen in een duidelijke betere kwaliteit in vergelijking met conventionele hitte-sterilisatie omdat de hittebelasting (temperatuur, tijd) aanzienlijk lager is. Onderzoek heeft aangetoond dat daardoor smaak, nutriënten zoals vitamine C en textuur veel beter behouden blijven. Ook de kleur van producten is in veel gevallen beter dan conventioneel gesteriliseerde producten, al geldt dit niet voor alle producten.

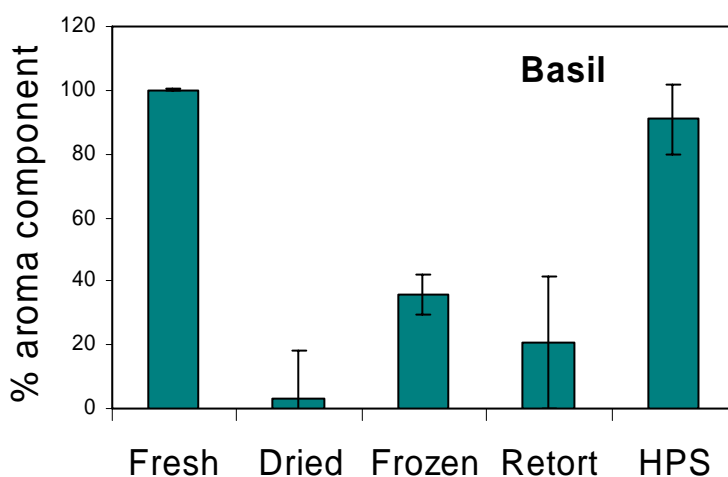
De resultaten van dit onderzoek zijn deels gepubliceerd in een overzichtspublicatie (Matser et al, Trends in Food Science and Nutrition, 2004, 15, 79-85) en in diverse afzonderlijke publicaties. Om een indruk te geven van de mogelijkheden van hogedruktechnologie voor foodtoepassingen staat in deze paragraaf een aantal voorbeelden weergegeven.

1) Basilicum en pesto

Basilicum is een kruid dat aan producten toegevoegd wordt voor de specifieke smaak. Een bekend voorbeeld is pesto wat voor een groot gedeelte uit basilicum bestaat. Kruiden hebben vaak een hoge microbiologische besmetting waardoor conservering belangrijk is. Een hittebehandeling heeft echter vaak een sterk negatief effect op de smaak. Onderzocht is of hoge druksterilisatie een alternatief is.

Uit het onderzoek blijkt dat hoge drukbehandeling volgens de condities beschreven in het Meyer patent (75°C, 950 MPa of 85°C, 700 MPa) resulteert in sterilisatie van basilicum. De smaak van basilicum is na hoge-druksterilisatie vergelijkbaar met vers, terwijl conventionele behandelingen veel smaakverlies geven. Dit is gekwantificeerd door de concentraties te meten van de

belangrijkste smaakstoffen. In basilicum zijn dat terpenen, specifiek methyl chavicol en linalool. Uit figuur 2.3.1 blijkt dat de concentraties van deze stoffen na hoge-druksterilisatie vrijwel volledig behouden zijn. Drogen of invriezen geeft een verlies van respectievelijk meer dan 90% en 65%. Hitte-gesteriliseerde basilicum geeft een 80% reductie van de smaakstoffen. De resultaten zijn gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift (Krebbers et al, High Pressure Research, 2002, 12, 711-714).



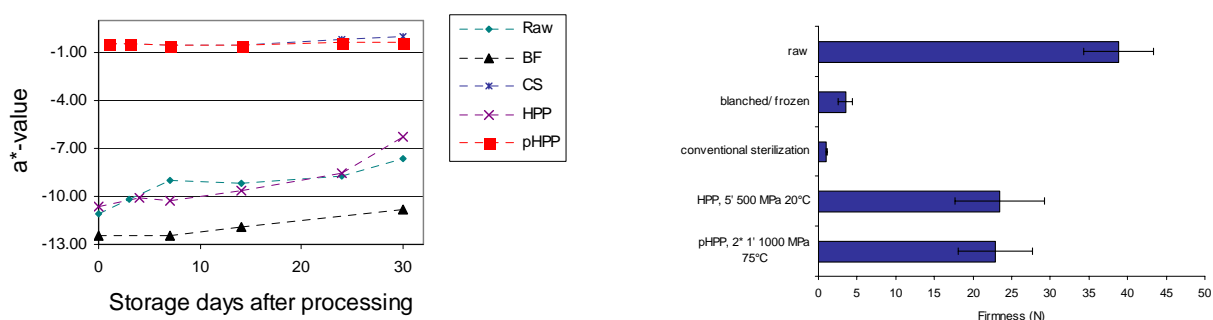
Figuur 2.3.1 Smaakstoffen in basilicum na verschillende behandelingen: HPS (85°C, 700 MPa), driad (conventioneel drogen na stoomblancheren), retort (conventionele sterilisatie in verpakking) en frozen (vriezen).

2) Sperziebonen en spinazie

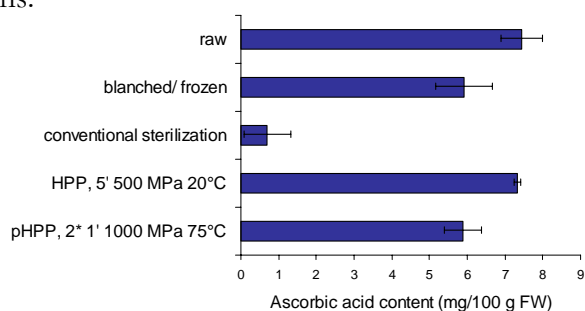
Onderzoek is uitgevoerd met sperziebonen en spinazie, producten die gesteriliseerd worden in de levensmiddelenindustrie en in principe geschikt zouden kunnen zijn voor sterilisatie door middel van het pulsed HPP proces.

De kwaliteit van deze producten is beschreven aan de hand van enkele geselecteerde relevante kwaliteitsparameters: 1) microbiële contaminatie, 2) textuur, 3) kleur, 4) vitamine C gehalte en 5) peroxidase activiteit, een enzym betrokken bij kwaliteitsdegradatie gedurende opslag. De opwerking van de grondstoffen en de analysemethoden voor deze parameters zijn bestudeerd en geoptimaliseerd. Vervolgens is in kaart gebracht wat het effect van hoge druk gedurende opslag was voor deze kwaliteitsparameters. Genoemde producten zijn verwerkt met de volgende processen: geen behandeling (vers), conventionele sterilisatie, invriezen, hoge-drukpasteurisatie (500 MPa, 20°C) en hoge-drukbehandeling met een dubbele puls bij verhoogde temperatuur (>75°C, tot 1000 MPa), volgens het pulsed HPP proces.

Number of surviving natural flora (log cfu/ g product) compared to raw green beans.		
	Viable count	Spore count
Raw	6.1	3.5
HPP (500 MPa, 20°C)	1.7	1.7
Conventional sterilization	<CT	<CT
pHPP (2* 1000 MPa, 50°C)	<CT	<CT



Figuur 2.3.2 Effects of storage after high pressure and conventional treatments on a* value (left) and firmness (right) of green beans.



Figuur 2.3.3 Effects of high pressure and conventional treatments on the changes in the average ascorbic acid content of green beans after processing. R = raw; BF = freezing after blanching; CS = conventional sterilization; HPP = high pressure processing at 500 MPa, 20°C; pHPP = pulsed high pressure treatment at 75°C, 1000 MPa.

Uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat met de hoge druk deze producten zowel gepasteuriseerd als gesteriliseerd kunnen worden. De textuur van de hoge druk behandelde producten bleef t.o.v. de conventionele processen duidelijk beter behouden, deels te verklaren door de mildere behandeling en mogelijk door een activatie van verstevigende endogene enzymen. De hoge druk pasteurisatie behandeling zorgde voor een verbetering van de kleur, terwijl de gepulserde hoge druk behandeling zorgt voor een kleur die vergelijkbaar is met de conventioneel gesteriliseerde producten. Ascorbinezuur, een belangrijke nutriënt bleek goed behouden te blijven vlak na de hoge druk behandeling. Peroxidase, een belangrijk enzym

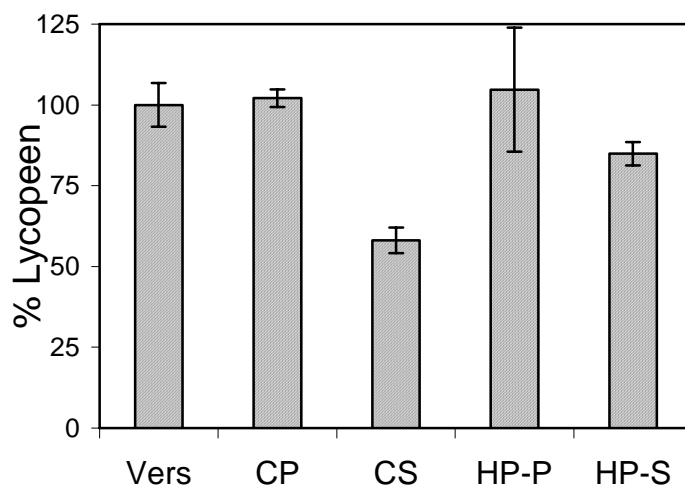
betrokken bij de kwaliteitsdegradatie, kon door het gepulseerde hoge druk proces volledig worden geïnactiveerd, i.t.t. de hoge druk behandeling bij 500 MPa (~75% rest activiteit). De resultaten zijn gepubliceerd (Krebbers et al, Trends in High Pressure Bioscience and Biotechnology, 2002, 389-396, Krebbers et al, J. Food Engineering, 2002, 54, 27-33).

3) Tomatenpuree

Belangrijk voor een goede tomatenpuree zijn de smaak, kleur en consistentie. Er worden momenteel twee processen gebruikt bij de productie van tomatenpuree: een coldbreak proces dat een goede smaak en kleur geeft, maar een lagere viscositeit, en een hotbreak proces dat een goede stevigheid geeft maar door de hoge temperatuur een mindere smaak en kleur. Onderzocht is wat de mogelijkheden van hoge drukpasteurisatie en sterilisatie zijn voor tomatenpuree. Uit het onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Microbiologie: in onbehandelde tomatenpuree zijn vooral bacterie- en schimmelsporen aanwezig. Zowel conventionele pasteurisatie als hoge drukpasteurisatie kunnen deze sporen niet volledig inactiveren. Hoge druksterilisatie en conventionele sterilisatie elimineren de sporen aanwezig in tomaten puree. Er is geen groei gemeten na bewaren van de behandelde puree gedurende 8 weken bij kamertemperatuur.
- Vochtverlies: bij conventionele behandeling (pasteurisatie of sterilisatie) treedt er verlies van serumvocht op ten opzichte van de niet behandelde puree. Hoge drukpasteurisatie of –sterilisatie geven geen verandering in het vochtverlies ten opzichte van de onbehandelde puree of zelfs een verbetering, afhankelijk van de gebruikte hoge drukcondities.
- Viscositeit: er waren geringe verschillen in viscositeit tussen de verschillende behandelingen, na bewaren hadden enkele hoge drukgepasteuriseerde monsters een wat hogere viscositeit.
- Kleur: de belangrijkste effecten van de verschillende behandeling zijn een verlies van de rode kleur van tomatenpuree. Conventionele pasteurisatie en hoge drukpasteurisatie hebben weinig invloed op de rode kleur. Conventionele sterilisatie zorgt voor een sterk verlies van de rode kleur. Het blijkt dat de druk en temperatuur die gebruikt worden voor een hoge druksterilisatie de belangrijkste variabelen zijn voor de rode kleur van tomatenpuree. Selectie van de juiste druk en temperatuur zorgt voor een duidelijk betere kleur van hoge drukgesteriliseerde tomatenpuree dan een conventioneel gesteriliseerde puree.
- Nutriënten: in tomaten zitten carotenoïden die voor ongeveer 90% bestaan uit lycopene. Uit de onderstaande figuur blijkt dat alleen conventionele sterilisatie zorgt voor een significant verlies van het gehalte aan lycopene. Zowel hoge drukpasteurisatie als –sterilisatie zorgen voor behoud van lycopene waarbij bij de laatste behandeling een verschuiving in retentietijd optreedt wat kan duiden op structuurverandering zoals isomerisatie. Dit kan zorgen voor een betere opname van lycopene in het lichaam.

De resultaten zijn gepubliceerd (Krebbers et al, IFSET, 2003, 4, 377-385).



Figuur 2.3.4 Lycopeengehalte in tomatenpuree na verschillende behandelingen: CP (conventionele pasteurisatie), CS (conventionele sterilisatie), HP-P (hoge drukpasteurisatie) en HP-S (hoge druksterilisatie).

4) Kippenei-eiwit

Vloeibaar kippenei-eiwit wordt gebruikt in de bereiding van levensmiddelen, waarbij de gunstige functionele eigenschappen zoals schuim- en bindingseigenschappen belangrijk zijn. Het ei-eiwit heeft toepassingen in onder andere bakkerij- en vleesproducten. Om de houdbaarheid van ei-eiwit te verlengen (onder andere door de eventueel aanwezige *Salmonella* af te doden) wordt het eiwit gepasteuriseerd. Hierdoor wordt de houdbaarheid verlengd van enkele dagen naar 1 tot 4 maanden. De temperatuur tijdens de hittebehandeling kan niet te hoog zijn, omdat het ei-eiwit bij temperaturen boven de 65 °C gaat coaguleren. Mogelijke pasteurisatiecondities zijn 55 °C, 9.5 min of 64.4 °C, 2.5 min. Het nadeel van deze hittebehandeling is dat de functionele eigenschappen van het eiwit (deels) verloren gaan. Dit effect kan verminderd worden door zout of suiker toe te voegen of door naderhand bijvoorbeeld 'whipping aids' toe te voegen.

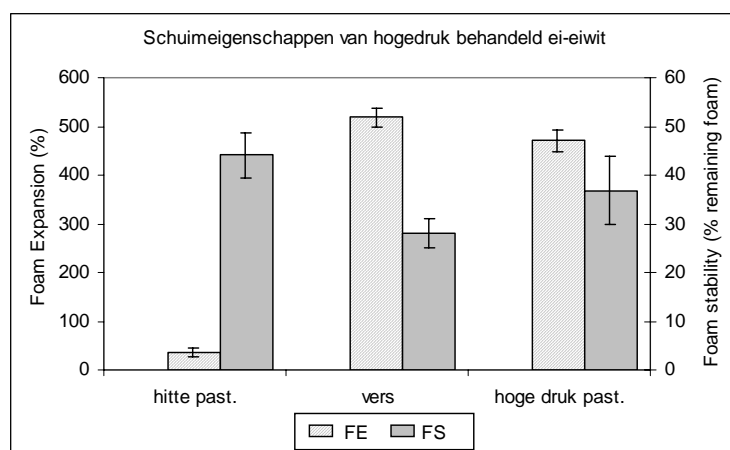
Een alternatief voor hittebehandeling is het pasteuriseren met behulp van hogedruk behandeling. Bij hoge drukken kan ook eiwitdenaturatie plaatsvinden, dus het is van belang condities te kiezen waarbij de functionele eigenschappen van het eiwit gewaarborgd blijven terwijl een voldoende mate van inactivatie van *Salmonella* wordt bereikt.

Om de mogelijkheden van hogedruk te onderzoeken werd kippenei-eiwit met en zonder zout bij verschillende hogedruk condities behandeld. De inactivatie van *Salmonella* werd voor de meest veelbelovende condities (0 – 2.5 – 5% zout; 350–400MPa; 20°C) getest, evenals de schuimeigenschappen van deze monsters.

Na de drukbehandeling bleven de schuimeigenschappen behouden (zie figuur 2.3.5). Het behandelde ei-eiwit zag er homogeen uit en er werd geen gecoaguleerd eiwit waargenomen. Het toevoegen van zout leverde in dit monster geen extra voordeel op. De schuimstabiliteit (FS) blijkt in de behandelde monsters iets beter te zijn dan in het verse kippenei-eiwit. Als vergelijking werden ook de schuimeigenschappen van een hitte gepasteuriseerd vloeibaar kippenei-eiwit (verkregen van een ei-verwerkend bedrijf) gemeten. Deze bleek sterk verminderde schuimvormende (FE) eigenschappen te hebben vergeleken met vers kippenei-eiwit. De schuimstabiliteit was goed, maar een goede vergelijking met de andere schuimen is lastig, omdat er zeer weinig schuim werd gevormd. De afdoding van *Salmonella* in ei-eiwit werd bij verschillende drukken gemeten nadat *Salmonella* aan het eiwit was toegevoegd. Bij de druk waarbij

de schuim-eigenschappen behouden blijven is volledige afdoding van de aangeënte *Salmonella* mogelijk.

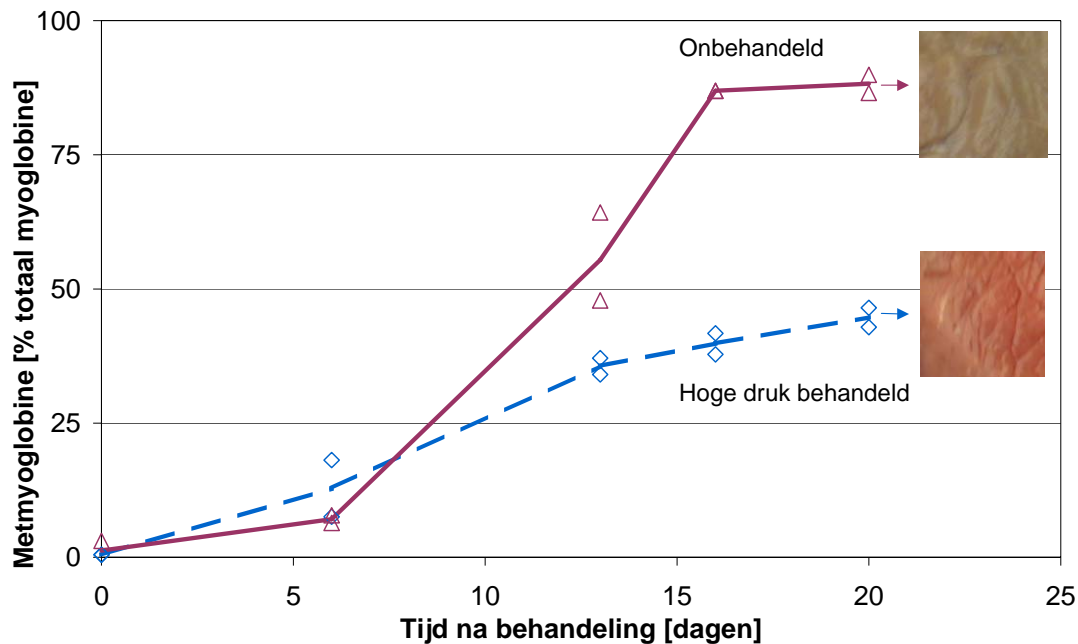
De resultaten zijn gepubliceerd (Matser et al, Voedingmiddelentechnologie, 2004, 8 oktober, 20-21)



Figuur 2.3.5 Schuimeigenschappen van hogedruk behandeld kippenei-eiwit.

5) Rundvlees – kleur

Een mogelijke toepassing van hoge druk buiten hoge druksterilisatie is het verlengen van de houdbaarheid van vers vlees. Bij een hoge drukbehandeling boven 200-300 MPa treedt verkleuring van het vlees op, vlees krijgt een gekookt uiterlijk. Echter tot 200 MPa gebeurt dit niet. Sterker nog, door deze behandeling wordt de bruinverkleuring van vlees vertraagd. Tijdens bewaren van vers vlees verandert de aanvankelijk rode kleur in een onaantrekkelijke bruin-grijze kleur. Dit wordt veroorzaakt door de afname van het rode oxymyoglobine en een toename van het bruine metmyoglobine. Hoge druk blijkt de vorming van metmyoglobine te kunnen vertragen waardoor de rode kleur langer behouden blijft en het vlees wat kleur betreft langer houdbaar is. De resultaten zijn gepubliceerd (Matser et al, Voedingmiddelentechnologie, 2004, 8 oktober, 20-21)



Figuur 2.3.6 Invloed van een milde hoge drukbehandeling op de vorming van metmyoglobine in rundvlees.

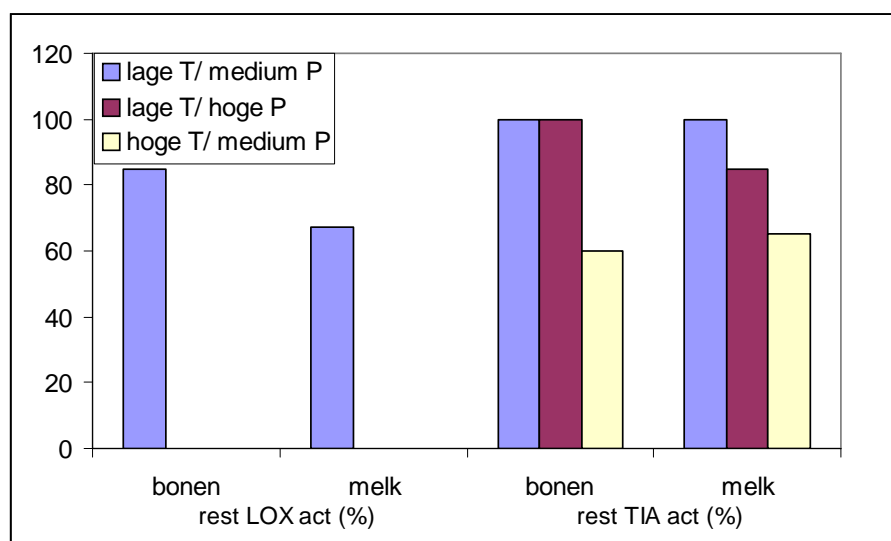
6) Bloed(fracties)

De mogelijkheid om hoge druk te gebruiken als conserveringsmethode van bloedfracties is onderzocht. Bekend is dat hoge druk micro-organismen en ook virussen kan inactiveren. Echter om deze methode ook succesvol te laten zijn voor bloedproducten is het noodzakelijk dat de functionele eigenschappen behouden blijven. In samenwerking met Sanquin Research bij CLB is daarom onderzocht wat de eigenschappen zijn van bloedfracties na hoge drukbehandeling. Hiervoor is gebruik gemaakt van condities die in de literatuur beschreven worden als zijnde geschikt voor inactivatie van micro-organismen en virussen. Bloedplaatjes, rode bloedcellen en bloed plasma zijn behandeld bij 200-500 MPa en starttemperaturen van 18°C (bloedplaatjes), 6°C (rode bloedcellen en plasma) en -10°C (bloedplasma). Echter deze behandelingen resulteerden allemaal in een aanzienlijk verlies van de functionele eigenschappen wat bleek uit fragmentatie van bloedplaatjes, hemolyse en gelvorming bij rode bloedcellen en verlies van fVIII activiteit in bloedplasma. Bij -10°C wordt de activiteit van fVIII wel veel beter behouden dan bij 6°C, echter het verlies is te groot voor medische toepassingen. Geconcludeerd wordt daarom dat hoge druk niet geschikt is als conserveringsmethode voor bloedproducten. Deze resultaten zijn gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift (Matser et al, High Pressure Research, 2005, 25, 37-41).

7) Lipoxygenase (LOX) en trypsine inhibitoren (TIA) in soja

Sojamelk staat bekend om de gunstige effecten op de gezondheid (geen cholesterol en lactose), maar ook om de slechte smaak. Eén van de factoren die bijdraagt aan de slechte smaak is de oxidatie van vetten door het enzym lipoxygenase (LOX). Om dit te voorkomen moet het LOX geïnactiveerd worden. Naast LOX is de aanwezigheid van trypsine inhibitoren een belangrijke kwaliteitsfactor van sojamelk. Deze inhibitoren hebben een negatief effect op de vertering. Trypsine inhibitoren kunnen mogelijk geïnactiveerd worden met hoge druk. Gewelde bonen en sojamelk werden behandeld bij 500-600 MPa en 20-60 °C.

De inactivatie van LOX bleek volledig bij zeer hoge druk en lage temperatuur of bij een combinatie van verhoogde temperatuur en gemiddelde druk. De inactivatie van LOX in melk was iets hoger dan die in de bonen. De inactivatie van LOX bij de geteste condities verliep beter dan was verwacht op basis van literatuurgegevens over hogedruk inactivatie van zuivere lipoxygenase. Waarschijnlijk heeft het medium waarin het enzym zich bevindt invloed op de inactivatie. De trypsine inhibitoren bleken moeilijker te inactiveren. Bij geen van de condities werden de TIA's volledig geïnactiveerd. Alleen bij een combinatie van verhoogde temperatuur en een gemiddelde druk werd enig mate van inactivatie gemeten. Mogelijk kan er bij nog hogere temperaturen en drukken meer inactivatie bereikt worden. De resultaten zijn gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift (Van der Ven et al, J. Agric. Food Chem., 2005, 53, 1087-1092).



Figuur 2.3.7 Inactivatie van lipoxygenase (LOX) en trypsine inhibitoren (TIA) in sojabonen en sojamelk bij verschillende drukken en temperaturen.

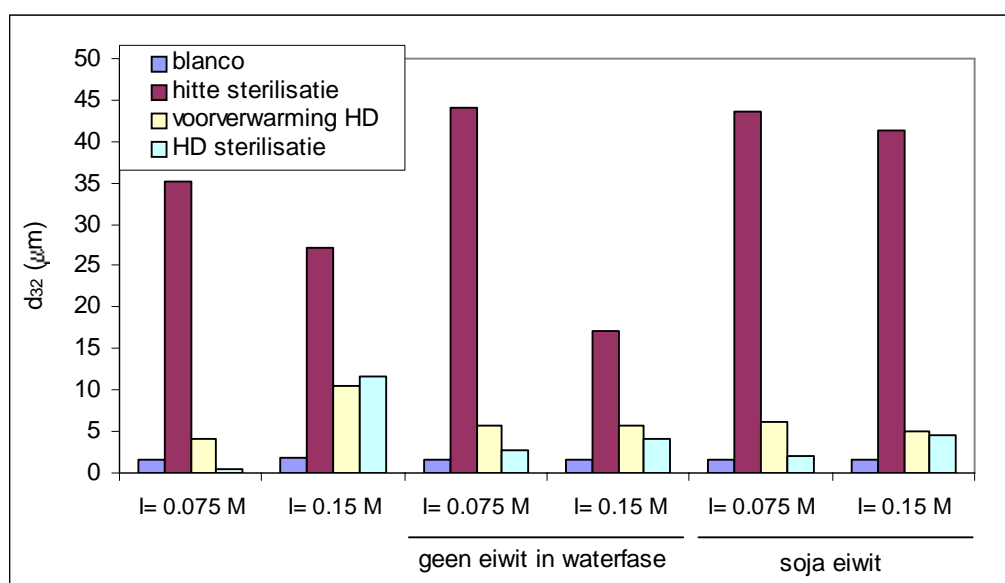
8) Modelemulsies

Geëmulgeerde producten zijn soms lastig te steriliseren omdat de hitte behandeling leidt tot destabilisatie van het product, dat zich bijvoorbeeld uit in fasescheiding. Om dit te voorkomen worden stabilisatoren of verdikkingsmiddelen toegevoegd of wordt de pH verlaagd om het product langer stabiel te houden. Een mogelijk alternatief is het gebruik van hoge druk sterilisatie. Om de stabiliteit van emulsies onder hoge druk te onderzoeken werden diverse modelemulsies gemaakt met wei-eiwit of soja-eiwit als emulgator. De pH en zoutconcentratie werd gevarieerd, evenals de eiwitconcentratie in de waterfase. Hoge druk en hitte pasteurisatie bleken weinig tot geen effect te hebben op de emulsies. In sommige emulsies bleken beide behandelingen te leiden tot het verbreken van aggregaten. Er werden geen verschillen waargenomen tussen een hitte en een hoge druk behandeling.

Bij sterilisatie bleek er wel een duidelijk verschil te zijn tussen hoge druk en hitte sterilisatie. Hitte sterilisatie werd uitgevoerd in een autoclaaf. Emulsies met een neutrale pH bleken zeer sterk te aggregeren tijdens de hitte behandelingen. In de wei-eiwit emulsies bleek de aggregatie grotendeels irreversibel, terwijl de aggregaten in de soja emulsies eenvoudiger te verbreken waren.

Aggregatie werd waarschijnlijk veroorzaakt door de denaturatie van het eiwit. In de hoge druk gesteriliseerde monsters bleek de aggregatie vele malen milder en bovendien was deze ook in de wei-eiwit emulsies reversibel. Daarnaast was het effect van de aanwezigheid van eiwit in de waterfase groter bij hitte behandelde wei-eiwit emulsies dan bij hogedruk behandelde emulsies. De aggregatie die optrad tijdens de hoge druk sterilisatie werd met name veroorzaakt door de voorverwarmstap. Deze aggregatie werd bij de meeste emulsies weer (deels) ongedaan gemaakt tijdens de hoge druk behandeling. Bij wei-eiwit emulsies met een lage pH werd geen verschil gevonden tussen hitte en hoge druk behandelingen, deze emulsies bleven stabiel onder alle condities.

Geconcludeerd kan worden dat voor een groot aantal van de onderzochte emulsies hoge druk sterilisatie resulteert in een duidelijk betere kwaliteit in vergelijking met hittesterilisatie. De resultaten zijn ingediend bij een wetenschappelijk tijdschrift (Van der Ven et al, IFSET).



Figuur 2.3.8 Sterilisatie van wei-eiwit en soja eiwit emulsies (pH 6.7) met verschillende zoutconcentraties en wei-eiwit emulsies waarbij het eiwit in de waterfase is verwijderd.

3 Eindopmerkingen

Gedurende dit project is een aantal wetenschappelijke en technologische resultaten geboekt:

- Op technologisch vlak is een onderzoeksapparaat ontwikkeld waarmee op een milde en controleerbare wijze levensmiddelen gesteriliseerd kunnen op een semi-industriële schaal. Dit is een unieke faciliteit, die wereldwijd op een dergelijke schaal nog niet beschikbaar is. De uitdaging in de ontwikkeling van de technologie lag in het feit dat de procesomstandigheden (druk en temperatuur) zeer extreem waren. Soortgelijke technologie was tot dusverre niet eerder ontwikkeld.
- Op het gebied van microbiële veiligheid zijn nieuwe inzichten verkregen in de kinetiek van hoge-drukinactivatie in relatie tot procescondities. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van een aantal modellen waarmee de inactivatie van microorganismen binnen een acceptabele marge beschreven kunnen worden. Op basis van de verkregen inzichten kunnen uitspraken gedaan worden betreffende de omstandigheden waarbinnen bepaalde pathogenen en bederforganismen kunnen worden geïnactiveerd.
- De ontwikkelde inzichten over het sterilisatieproces zijn vastgelegd in een patent. Dit patent bevat naast het proces een aantal unieke uitvoeringsvormen om dit proces te kunnen uitvoeren. Het patent is in december 2001 ingediend.
- Er is veel kennis verkregen betreffende de effecten van hogedruk op levensmiddelen. Hierbij is ondermeer aangetoond dat met deze technologie aspecten als smaak, geur, kleur en nutriële samenstelling beter behouden blijven dan met conventionele methoden.
- Op het gebied van veiligheid zijn studies verricht naar de chemische veiligheid van de hogedrukbehandelde producten. Deze verkennende studie heeft opgeleverd dat de chemische samenstelling van de onderzochte hogedrukgestriliseerde producten niet wezenlijk verschilt van thermisch behandelde producten. Hiermee is aangetoond dat de betreffende hogedruk behandelde en thermisch behandelde producten *substantial equivalent* zijn, wat de acceptatie van deze technologie volgens de Novel Food Regulations aanzienlijk kan vereenvoudigen.
- De verkregen kennis is via een groot aantal publicaties wereldkundig gemaakt, wat de wetenschappelijke positie van ondermeer Wageningen UR ten goede is gekomen. In 2007 wordt een korte promofilm afgerond, waarmee de ontwikkelde technologie onder de aandacht van geïnteresseerde partijen gebracht kan worden. Deze film wordt via internet beschikbaar gesteld.

Vanuit de oogpunten van EET kan het project geslaagd genoemd worden. Op **economisch** vlak is een technologie ontwikkeld die op dit moment uniek is in de wereld. A&F, Resato en Solico werken op dit moment samen aan de verdere optimalisatie van de technologie. Het proces is gepatenteerd. De partners hebben afspraken gemaakt betreffende het toekomstig vermarkten van deze apparatuur. Toestemming voor introductie van deze technologie is een nog lopend proces, in overleg de betreffende instanties.

Op **ecologisch** vlak is apparatuur ontwikkeld die de potentie heeft een reductie te bewerkstelligen in energieverbruik. Voor een aantal relevante productgroepen is hogedruktechnologie een methode waarbij bij lagere energiekosten een product van hoogwaardige kwaliteit verkregen kan worden, met houdbaarheid van 6 maanden of meer bij kamertemperatuur. Afgezien van de energie besparing bij het proces, kan deze technologie ook door de hoge kwaliteit van de producten een aanvulling worden op de koude keten. Verse

producten die nu een beperkte houdbaarheid hebben in de koeling, kunnen door het sterilisatieproces buiten de koeling bewaard worden. Voorwaarde is een gelijkwaardige kwaliteit, en dit is voor een groot aantal producten bestudeerd.

Op **technologisch** vlak is succes geboekt door apparatuur te ontwikkelen, waarmee onder de benodigde extreme condities op een betrouwbare gewerkt kan worden. Een succes is dat het bewezen is dat sterilisatie van levensmiddelen met behulp van hogedruktechnologie technologisch mogelijk is op een financieel aantrekkelijke wijze.

De partners vinden het project geslaagd: voor de technologiebedrijven is veel nieuwe kennis betreffende hogedruktechnologie beschikbaar gekomen, bij de levensmiddelenproducenten is nieuwe kennis ontwikkeld betreffende de toepasbaarheid van hogedruktechnologie, en is de beschikbaarheid van deze technologie dichterbij gekomen. Om deze kennis verder te valoriseren is een Milieu & Technologie project gestart, waarbinnen door A&F, Resato en Solico verder gewerkt wordt aan de optimalisatie van de technologie. Voor Agrotechnology & Food Innovations is het project succesvol omdat het veel nieuwe kennis heeft opgeleverd, en haar positie in Europa op het gebied van hogedruktechnologie verstevigd heeft. Mede door de resultaten van dit project, is A&F door Europese researchgroepen gevraagd de coördinatie van het NovelQ project (www.novelq.org) op zich te nemen, dat zich richt op het verder marktrijp maken van nieuwe productie processen.

4 Publicaties

Congressen en presentaties

Boonman, M., Matser, A.M., Bartels, P.V., Berg, R.W. van den. Improving the quality of fresh meat with mild high pressure technology. Poster Presentatie. Novel preservation technologies in relation to food safety. The SAFE Consortium, 22-23 Januari, 2004, Brussel.

Matser, A.M., Poelman, A., Bartels, P.V., Van den Berg, R.W. Consumer acceptance of high pressure processing. Presentatie Workshop on Nonthermal Food Preservation, Wageningen, 7-10 September 2003.

Matser, A.M., Bartels, P.V., Poelman, A., Stijnen, D., Van den Berg, R.W. Consumer acceptance of high pressure processing. Presentatie. Food Safety and the Consumer. The SAFE Consortium, 3-4 juni, 2004, Brussel.

Matser, A.M., Van der Ven, C., Gouwerok, C.W.N., De Korte, D. High pressure processing for preservation of blood products. Poster presentatie. Advances on high pressure research. 42nd EHPRG Meeting, 1-4 september 2004, Lausanne.

Matser, A.M. Sterilisation technologies. EFFoST-Anuga workshop, Processing developments for liquids. 3-4 April 2006, Keulen.

Matser, A.M. Novel technologies for mild preservation of soy drinks. Soy Workshop, 6-7 Oktober 2005, Keulen.

Matser, A.M., Krebbers, B., Bartels, P., De Heij, W., Moezelaar, R., Hamoen, R., Hoogerwerf, S., Van Schepdael, L., Van den Berg, R.W. Sterilisation of vegetables with high pressure. High pressure processing bears fruit. 24-25 January 2002, Reading, UK.

De Vries, H.S.M. Verbeterde voedselkwaliteit door milde conservering. Presentatie. Food Valley Conferentie 2004, 23 september 2004, Ede.

Heij, W.B.C. de; Schepdael, L.J.M.M. van; Moezelaar, H.R.; Berg, R.W. van den, Sterilization by high hydrostatic pressure : increasing efficiency and product quality by improved temperature control, In: Advances in high pressure bioscience and biotechnology II : proceedings of the 2nd international conference on High pressure bioscience and biotechnology, Dortmund, September 16-19, 2002 / Roland Winter. - Berlin [etc.] : Springer, 2003 - p. 367 - 370.

Publicaties in vak- en wetenschappelijke tijdschriften

De Groote, Y., *Nieuwe conserveringstechnieken op punt van doorbreken*. *Zuivelzicht*, 2004. **96**(3, 11 februari 2004): p. 21-23.

De Jong, L. Innoveren, maar (nog) niet investeren. *Voedingsmiddelentechnologie*, 2004, nr 20, 18-20.

Koert, W. Mild preservation overview: HPP most promising. *Food Engineering & Ingredients*, December 2004, vol 29, no. 6, 36-39.

Krebbers, B., Matser, A.M., Koets, M., Van den Berg, R.W. Quality and storage stability of high pressure preserved green beans. *Journal of Food Engineering*, 2002, 54, 27-33.

Krebbers, B., Koets, M., Van den Wall, F., Matser, A.M., Moezelaar, R., Hoogerwerf, S.W. Effects of high pressure processing on the quality of green beans. *Trends in High Pressure Bioscience and Biotechnology*, R. Hayashi (editor), Elsevier Science, 2002.

Krebbers, B., Matser, A.M., Koets, M., Bartels, P., Van den Berg, R.W., High pressure temperature processing as an alternative for preserving basil. *High Pressure Research*, 2002, 22, 711-714.

Krebbers, B., Matser, A.M., Hoogerwerf, S.W., Moezelaar, R., Tomassen, M., Van den Berg, R.W. Combined high-pressure and thermal treatments for processing of tomato puree: evaluation of microbial inactivation and quality parameters. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2003, 4, 377-385.

Matser, A.M., Krebbers, B., Van den Berg, R.W., Bartels, P.V. Advances of high pressure sterilisation on quality of food products. *Trends in Food Science and Technology*, 2004, 15, 79-85.

Matser, A.M., D. Stegeman, and P.V. Bartels, Nieuwe technologieën verbeteren verduurzaming vlees. *Meat & Meal*, 2003. 3(4): p. 20-21.

Matser, A.M., Van der Ven, C., Van den Berg, R.W. Milde conservering met hoge druk : Nieuwe ontwikkelingen. *Voedingsmiddelentechnologie*, 2004, 8 oktober, nr 21, 28-30.

Matser, A.M., Van der Ven, C., Gouwerok, C.W.N., De Korte, D. High pressure processing for preservation of blood products. *High Pressure Research*, 25, 2005, 37-41.

Van der Ven, C., Matser, A.M., Van den Berg, R.W. Inactivation of soybean trypsin inhibitors and lipoxygenase by high pressure processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53, 1087-1092.

Van der Ven, C., Courvoisier, C., Matser, A.M. High pressure versus heat treatments for pasteurisation and sterilisation of model emulsions. *Ingediend Innovative Food Science and Emerging Technologies*.

Wichers, H. A. Matser, A. van Amerongen, J. Wichers, C. Soler-Rivas. Monitoring of and technological effects on allergenicity of proteins in the food industry. In: *Plant Food Allergens*, ed. E.N.C. Mills, P.R. Shewry, Blackwell Publishing, 2004, p. 196-212.

De Heij, W.B.C.; Van Schepdael, L.J.M.M.; and Van den Berg, R.W. (2002). Increasing preservation efficiency and product quality through homogeneous temperature profile in high pressure application. *High Pressure Research*, 22, 653-657.

De Heij, W.B.C., van Schepdael, L.J.M.M., Moezelaar, R., Hoogland, H., Matser, A.M., and van den Berg, R.W. 2003. High pressure sterilization: maximizing the benefits of adiabatic heating. *Food Technology* 57(3): 37-41

De Heij, W., Schepdael, L.V., Van Den Berg, R., and Bartels, P. 2002. Increasing preservation efficiency and product quality through control of temperature distributions in high pressure applications. *High Pressure Research* 22: 653-657

Patent

Schepdael, L.J.M.M., De Heij, W.B.C., and Hoogland, H. 2002. Method for high-pressure preservation. PCT patent application WO 02/45528

Film

Promotiefilm 'Under Pressure', wordt afgerond rond zomer 2007. Deze film beschrijft grote delen van dit onderzoek en de resultaten hiervan. De film zal via internet beschikbaar gesteld worden aan geïnteresseerde partijen.

5 Contactpersoon

Nadere informatie betreffende dit project kunt u verkrijgen via:

Food Technology Centre (Wageningen UR)
Dr ir R.W. van den Berg
Bornsesteeg 59
6700 AA Wageningen

0317-475230
Robert.vandenber@wur.nl