

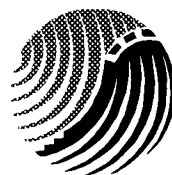
Eindrapportage over het gezamenlijk
onderzoekprogramma van de
Coöperatieve Nederlandse
Champignonkwekersvereniging (CNC)
en ATO-DLO

Dr. H.J. Wichers

VERTROUWELIJK

ato-dlo





ATO-DLO

Eindrapportage over het gezamenlijk onderzoekprogramma van
de Cooperatieve Nederlandse Champignonkwekersvereniging
(CNC) en ATO-DLO

VERTROUWELIJK

**Agrotechnologisch
Onderzoek Instituut
(ATO-DLO)**
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen
tel. 08370 - 75000
fax. 08370 - 12260

CNC/ATO-DLO onderzoekprogramma champignon 1990-1994: eindrapportage

Eindrapportage over het gezamenlijk onderzoekprogramma van de Cooperatieve Nederlandse Champignonkwekersvereniging (CNC) en ATO-DLO:

Samenvatting

In de periode van januari 1990 tot en met december 1993 is voor gezamenlijke rekening en verantwoording een onderzoekprogramma uitgevoerd door CNC en ATO-DLO. Centraal thema van dit programma was de naoogst-problematiek van de champignon.

Het programma werd opgebouwd uit een achttal projecten, gecentreerd rond een aantal thema's die voor de hele champignonketen van veredelaar tot verwerker van belang zijn. Schematisch laat de opbouw van het programma zich als volgt weergeven:

Thema	Projecttitel	Onderzoeker	Ingezette capaciteit (mensjaar/jaar)
Biologische aspecten van veroudering en bewaring	1. Hoedopening	Braaksma	2.5
	2. Verpakkingen	Peppelenbos	1.0
	3. Bruinverkleuring	Wichers	1.25
Kwaliteitsmeting en ketenbeheersing	4. Computer Beeld Analyse	Van Zwol	0.5
	5. Koeling en transport	Rudolphij	0.25
	6. Strategische planning	Broekmeulen	0.5
Verwerking en produktontwikkeling	7. Verhoging verwerkings rendement	Schijvens	1.0
	8. Produktontwikkeling	Bartels	1.0
Totaal			8.0

De uitvoering van het programma is begeleid door een begeleidingscommissie die af en toe personele wijzigingen heeft ondergaan, maar die aan het einde van het programma bestond uit:

Dr. P.F. Geels (SPC)
Mevr. ir. A. van der Steen (CNC)
Ir. M.P.K. Stallen (PGF)
Ir. F.C. Pladdet (CBT)
Ir. H.F.H. Slangen (Lutèce).

De uitvoering en afronding van het programma heeft geresulteerd in een belangrijke stimulans voor de mogelijkheden tot verbetering van kwaliteit, procesvoering en tot rendementsverbetering in het naoogst-traject. Een aantal resultaten zal echter in sommige gevallen een bredere toepassing dan alleen in het naoogsttraject kunnen vinden; immers, niet altijd is het mogelijk of zelfs wenselijk om naoogstgebeurtenissen en het veredelings- en kweektraject van elkaar te scheiden.

Voor details betreffende de resultaten van het programma zij verwezen naar dit eindrapport en naar de periodieke rapportages die gedurende de uitvoering van het programma tweemaal per jaar zijn verschenen. Een aantal belangrijke resultaten, met hun potentiële toepassingsgebieden, zijn hieronder kort samengevat:

- Er is een relatie tussen het oogsttijdstip en het vermogen tot hoedopening. De hoedopening lijkt onder controle van hormoon-achtige verbindingen te staan; ook met hormonen van hogere planten lijkt de hoedopening te kunnen worden beïnvloed.
Toepassingsgebieden: veredeling, teelt, bewaring.
- Nader inzicht in de gassamenstelling en de veranderingen daarin in verpakkingen van champignons; definitie van een optimale gassamenstelling. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van betere verpakkingssystemen voor champignons.
Toepassingsgebieden: veilingen, groothandel.
- Isolatie en karakterisering van het enzym uit de champignon dat bruinverkleuring veroorzaakt. Hiermee kan een toetsmethode ter voorspelling van de gevoeligheid voor bruinverkleuring van de champignon worden ontwikkeld. Tevens kunnen het gedrag van het bruinverkleuringsenzym tijdens groei en bewaring van de champignon, alsmede de erfelijke eigenschappen ervan, beter worden bestudeerd.
Toepassingsgebieden: veredeling, teelt, bewaring (veilingen, groothandel), verwerking.
- Ontwikkeling van een snelle en objectieve meetmethode voor de kleur en de vorm van champignons op basis van computer-beeld-analyse.
Toepassingsgebieden: veredeling, teelt, veilingen, groothandel.
- Ontwikkeling van een model voor het afwegen van investeringskosten in koelsystemen tegen de voordelen van koelen.
Toepassingsgebieden: teelt, veilingen, exporteurs, groothandel.
- Ontwikkeling van een beslissingsondersteunend systeem (AIDA) waarmee de effecten van alternatieve scenario's voor de afzet van champignons op hun effectiviteit kunnen worden doorgerekend.
Toepassingsgebieden: veilingen, groothandel, exporteurs.
- Verbeterde verwerkingsmethoden (conservering) voor champignons, leidend tot een hoger verwerkingsrendement, alsmede de identifikatie van parameters waarmee het verwerkingsrendement kan worden voorspeld.
Toepassingsgebieden: veredeling, teelt, verwerking.
- Ontwikkeling van methodiek om nieuwe, bijzonder smakelijke, produkten op basis van champignons te maken met zoveel mogelijk behoud van het "champignon-karakter".
Toepassingsgebieden: verwerkers, snackfabrikanten.

Er zijn middels dit onderzoeksprogramma diverse openingen gecreëerd om te komen tot kwaliteitsverbetering, rendementsverbetering en verbreding van afzetgebied en -mogelijkheden. Naast diverse, relatief snel toepasbare, resultaten zijn er ook openingen gemaakt voor kwaliteits- en rendementsverbeteringen waarvoor aanvullend onderzoek nodig zal zijn. Vanuit ATO-DLO zal een maximale inspanning worden geleverd om te komen tot implementatie van de resultaten en tot het verrichten van het noodzakelijke aanvullende onderzoek tegen minimale kosten.

Januari 1995, H.J. Wichers

1.	A.Braaksma Veroudering van de champignon.	5
2.	H.W. Peppelenbos Modelleren van MA-verpakkingen van champignons	11
3.	H.J. Wichers Enzymatische bruinverkleuring van champignons	15
4.	B.H. van Zwol CBA en champignons	19
5.	J.W. Rudolphij Koelen en bewaren van champignons	23
6.	R.A.C.M. Broekmeulen DSS strategische planning voor champignons	27
7.	E.P.H.M. Schijvens Onderzoek naar factoren die bepalend zijn voor de verwerkingsverliezen van champignons	31
8.	P.V. Bartels Produktontwikkeling ter vergroting van de afzet van champignons	36

VEROUDERING VAN DE CHAMPIGNON

Projectnummer	: 2.01.01
Projecttitel	: Veroudering van de champignon.
Projectleider	: A.Braaksma
Overige medewerkers	: D.J.Schaap G.Ballà A.van Doorn H.Donker
Totale inspanning	: 2,5 mensjaar per jaar
Verslagperiode	: 01-01-1990 t/m 31-12-1993

Probleemstelling

Met het voortgaan van de veroudering in de afzetketen neemt de kwaliteit van de champignon af. Het onderzoek is erop gericht de eerste aanzet, of één van de eerste stappen, van het verouderingsproces te vinden. Hiermee komt dan een belangrijke parameter in handen die het in principe mogelijk maakt de daarop volgende veroudering specifiek af te remmen. Een uitgestelde veroudering, danwel een sterk vertraagd afnemende kwaliteit van de champignon, zou een vergroting van het afzetgebied mogelijk maken en nieuwe markten aanboren.

Projectbeschrijving/Doelstelling

- I. *Meten en beschrijven van veranderingen in membraansamenstelling.* Bij alle tot nu toe onderzochte tuinbouwprodukten gaan die veranderingen vooraf aan macroscopische, de uiterlijke, verouderingsverschijnselen. De vraag was of deze veranderingen ook bij de champignon optreden en zo ja, of deze dan tevens het begin van de veroudering markeren of in gang zetten.
- II. *Histologische veranderingen op cellulair niveau.* De centrale vraag is: Hoe wordt de bekende macroscopische groei van bepaalde onderdelen van de champignon op cellulair niveau mogelijk gemaakt?
- III. *De regulerende rol van calmoduline/calcium.* Het calmoduline is een eiwit, waarvan (in andere organismen) is aangetoond dat het een rol speelt bij regulatie van processen op cellulair niveau. Daar calmoduline ook in champignons voorkomt en de structuur van dit eiwit nauwelijks afwijkt van calmodulines uit andere organismen, is een regulerende functie ook in champignon hoogst waarschijnlijk en dan wellicht bij veroudering/hoedopening. Als eerste aanzet zal de concentratie van dit eiwit in de verschillende delen van de champignon gedurende de veroudering worden bepaald.
- IV. *Koolhydraatmetabolisme:* De hypothese is dat bij veroudering een competitie optreedt om suikers. Suikers, die enerzijds een rol spelen als osmoticum (nodig voor steelgroei, hoedgroei) en anderzijds het substraat zijn voor de (hoge) respiratie. Door regulatie van het koolhydraatmetabolisme worden groeiprocessen in gang gezet, welke nadelig zijn voor de kwaliteit. Inzicht in de regulatie van de koolhydraathuishouding moet mogelijkheden genereren teneinde groeiprocessen te remmen.

- V. *Afzettingensimulatie*. Praktijksituaties waar veroudering een probleem vormt, worden gesimuleerd teneinde belangrijke parameters voor veroudering onder praktijkomstandigheden in handen te krijgen.

In figuur 1 staat het biochemisch/fysiologische proces schematisch weergegeven, zoals het verloop van de verouderingsprocessen wordt gedacht.

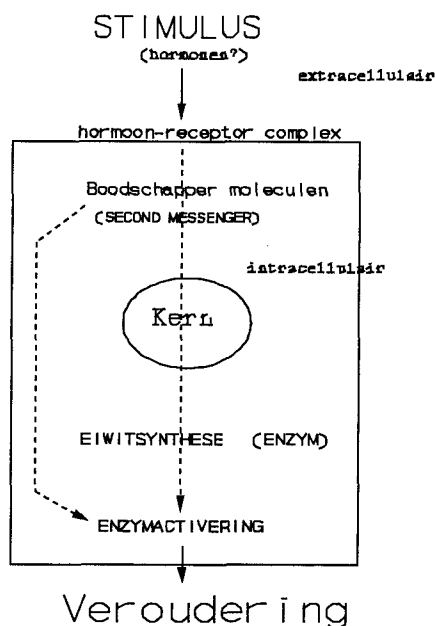


Fig.1.

Schematisch verloop van de biochemische gebeurtenissen op cellulair niveau.

Na een prikkel, stimulus vanuit het mycelium wordt de champignon aangezet tot hoedopening.

De eerste stap is waarschijnlijk een gelijktijdige actie van meerdere hormonen. Nadat deze hormonen de cel hebben bereikt, zijn gebonden en zo hun boodschap hebben afgegeven, wordt de boodschap binnen de cel verder gebracht door second messengers. Dit leidt tot directe stimulatie van enzymcomplexen en/of een boodschap in de kern waar genen worden afgelezen hetgeen tot enzym-synthese zal leiden die de eerste enzymatische stappen worden op de onomkeerbare weg naar veroudering.

Resultaten/Output

De probleemstelling van het onderzoek naar veroudering/hoedopening laat zich samenvatten in drie kernvragen:

- Wat zet de hoedopening in gang?
- Hoe doet de champignon dit?
- Waardoor opent de hoed zich?

I. Membraansamenstelling.

Bij de aanvang van het project concentreerde het onderzoek zich op de vraag wat de hoedopening in gang zet. De werkhypothese was dat veranderingen in membraansamenstelling het begin zijn naar de achteruitgang in kwaliteit. Dit deelonderzoek heeft uitgewezen dat bij de champignon membraanveranderingen niet optreden bij veroudering, indien onderzocht in de weefseltypen hoed, plaat en steel. Dit in tegenstelling tot zoveel andere onderzochte tuinbouwgewassen. De resultaten zijn gepubliceerd (Senescence in Mushrooms. A.Braaksma & D.J.Schaap In: Plant Lipid Biochemistry, Structure and Utilization. Eds. P.J.Quinn & J.L.Harwood. 1991, pp.421-423; Ageing of the mushroom (*Agaricus bisporus*) under post-harvest conditions. A.Braaksma et al. Postharvest Biology and Technology 4 [1994], 99-110).

II. Histologische veranderingen.

Histologisch onderzoek toonde aan, dat de intercellulaire ruimte en de gemiddelde celgrootte in het hoedweefsel sterk toenemen tijdens de veroudering/hoedopening. In dit weefsel neemt de gemiddelde celgrootte met een factor 7 toe. Toch wordt de hoed van de champignon niet 7 keer groter; dit betekent dat slechts een klein gedeelte van de cellen kan uitgroeien. Die groei wordt mogelijk door afbraak van de overige cellen. Veroudering in de champignon is dus niet een kwestie van simpel ouder worden van cellen in de tijd zonder al te veel veranderingen, maar is een proces van vitale, groeiende cellen. In het plaatweefsel neemt de gemiddelde celgrootte met een factor 5-6 toe, maar hier neemt het weefsel als geheel ook in dezelfde mate in omvang toe. Dus in het plaatweefsel groeien alle cellen uit en vindt geen afbraak plaats. Opvallend is dat de afbraak blijkbaar zeer snel verloopt. Aan het eind van de veroudering als de hoed zich geheel heeft geopend, zijn er geen half afgebroken cellen waarneembaar. (Publicatie in voorbereiding).

III. Calmoduline/calcium.

In de hormonale routes spelen op cellulair niveau de zogeheten second messengers een grote rol. Deze stoffen brengen het signaal over van het hormoon (gebonden aan zijn receptor) danwel naar de kern waar door aanmaak van RNA, gevolgd door eiwit-/enzym synthese, een enzymcomplex wordt geactiveerd of aangemaakt danwel dat direct een enzymcomplex wordt geactiveerd, dat uiteindelijk zal leiden naar de veroudering en hoedopening. Men zou kunnen zeggen dat second messengers de hormonen zijn binnen de cel. Blokkering van dit signaal heeft dan hetzelfde effect als blokkering van externe hormonen. In de champignon is het bestaan van zo'n second messenger (een eiwit) aangetoond. Het is calmoduline, waarvan de werking in dierlijke systemen grotendeels bekend is. Het bijzondere van calmoduline is, dat waar dit eiwit ook uit wordt gezuiverd (mens, plant of dier), de structuur nauwelijks verschilt. Dit eiwit, calmoduline, is door ons volledig gezuiverd en de activiteit ervan gemeten tijdens de naogst-veroudering. Ondanks het feit dat in de champignon grote veranderingen optreden, waren er geen opmerkelijke verschillen in activiteit of gehalten in de verschillende weefsels te zien die correleerden met veroudering. Toen ook nog bleek dat specifieke remmers van calmoduline op het hoedopeningsproces geen enkele invloed hadden, kon worden geconcludeerd dat calmoduline geen rol speelt bij hoedopeningsprocessen. De resultaten zijn bekend gemaakt op het Postharvest 1993 International Symposium. (Calmodulin distribution during postharvest development of the mushroom (*Agaricus bisporus*). A.Braaksma & G.Balla. Postharvest 1993 International Symposium, Programme and Abstracts. 30th August-3rd September 1993, Kecskemét, Hungary. Ed. Prof.Dr.Pal Sass).

IV. Koolhydraatmetabolisme.

De vraag waardoor de hoed zich opent is tot nu toe onbeantwoord gebleven. In de literatuur zijn suikers bekend als substraat voor de ademhaling (energievoorziening) en als osmoticum. Met dit laatste wordt bedoeld dat suikers water aantrekken en als de concentratie suiker in een cel hoger wordt, zal water worden aangetrokken waardoor de druk in de cel hoger wordt. Het groeien van de cellen is dan niets anders dan op bepaalde plaatsen de celwand te verzwakken, waardoor op die plaats de celwand zal opstrekken. Als het opstrekken voldoende heeft plaats gevonden, wordt de celwand terplaatse weer versterkt. Het is duidelijk dat er zeer subtiele evenwichten in de cel bestaan teneinde de suikerconcentratie middels aanmaak en afbraak in balans te houden.

Voor het onderzoek zijn in champignons gedurende het gehele naogsttraject de suikers glucose, fructose en sucrose gemeten, alsmede glycogeen (opslagsuiker), mannitol (osmoticum) en trehalose (waarschijnlijk transporteerbare suiker). Daarnaast zijn o.a. de respiratiesnelheid, ATP-, lactaat-, alcoholgehalte en de osmotische waarde gemeten.

Van hetzelfde bed zijn een dag eerder champignons geoogst die, volgens verwachting, spontaan geen hoedopening vertoonden. Ook zijn champignons gedurende het naogsttraject onder stikstof bewaard. De normale ademhaling is dan geremd waardoor de champignon, door gebrek energie die normaliter

bij de ademhaling vrijkomt, niet tot hoedopening kan overgaan.

Anaeroob bewaarde champignons vertoonden geen hoedopening. Daar de oxidatieve fosforylering bij gebrek aan zuurstof niet kan werken, gaat de champignon over op fermentatie waarbij ethanol ontstaat. Dit is ook een vorm van energieopwekking, maar deze is zeer inefficiënt vergeleken bij de oxidatieve verbranding. Het niveau van ATP in de weefsels bleek dan ook sterk verminderd en het glycogeengehalte was nihil, geheel in overeenstemming met het grotere verbruik vanwege de inefficiënte fermentatie.

De champignons die spontaan gesloten blijven, bleken ook alcohol te bevatten. Bij ons beste weten, de eerste keer dat een, normaliter aeroob organisme, onder normale aerobe omstandigheden toch alcohol vormt. Overigens heeft alcohol, extern toegediend in dampvorm, op zich geen gunstig effect op veroudering.

Onderzoek naar de regulatie van enzymen, betrokken bij het energie-metabolisme van de champignon kan verdere inzichten verschaffen in het proces van hoedopening.

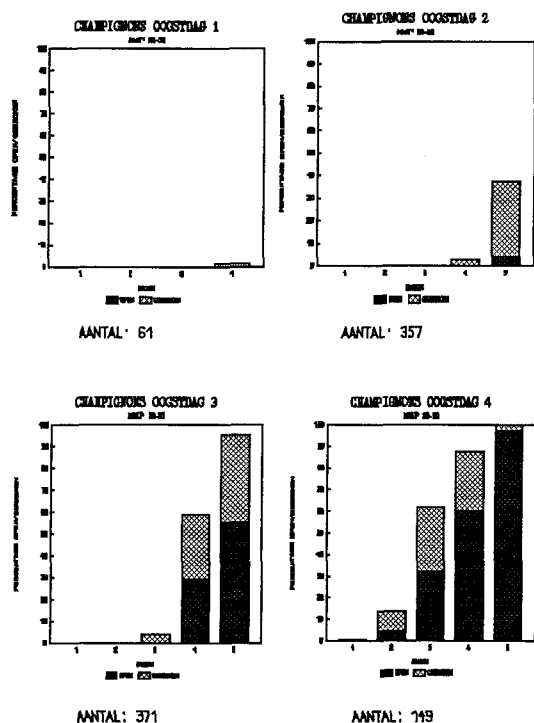
Een gedeelte van het koolhydraatonderzoek is gepresenteerd op het XV International Conference on magnetic Resonance in Biological Systems. (Natural abundance carbon-13 NMR used to trace the function of the main metabolites in mushroom (*Agaricus bisporus*). Donker, H.C.W.; Braaksma, A.; Van As, H. and Jans, A.W.H. Jerusalem, Israel, aug.16-21, 1992).

V. Afzetketensimulatie.

In het onderzoek is ook plaats ingeruimd voor simulaties van (export-)afzetketensimulaties. Hiermee hoopten we een relatie te vinden met gemeten interne en externe kwaliteitsparameters met het behoud van kwaliteit in het algemeen onder praktijkomstandigheden. Gemeten werd de afname van het drooggewicht in de afzonderlijke weefsels (maat voor de tot dan toe verademde suikers), versgewicht (gecombineerde maat voor transpiratie en respiratie), maximale respiratie (waarmee we hoopten een maat voor de fitheid van de champignon op dat moment in de afzetketen te krijgen), mate van hoedopening (extern kwaliteitskenmerk), kleur (objectief gemeten met kleurmeter; extern kwaliteitskenmerk), intern volume (een maat voor de mate van hol worden van het weefsel door groei en afbraak zoals beschreven bij "*Histologische veranderingen*"). Opvallend is dat geen van de gemeten parameters correleerden met de kwaliteit onder afzetketencondities. Wel bleek dat er een sterke invloed was van de herkomst.

Dit leidde tot een serie experimenten waarbij uiteindelijk de invloed van het oogsttijdstip op de kwaliteit (in dit geval hoedopening) doorslaggevend bleek. Het bleek dat de kwaliteit van de champignons, met name de commerciële maten (40-50mm hoeddiameter en kleiner) zeer sterk reageerden op het oogsttijdstip. Twee dagen vóór het optimale oogsttijdstip, zoals dat door de teler werd bepaald, (tweede vlucht) begint normaal de voorpluk. Op dit tijdstip is een bedoppervlak van 2,1m² leeggeplukt, de dag erna gebeurde hetzelfde met het naastliggende oppervlak van 2,1m² op hetzelfde bed, de dag daarna (de oogstdag) weer en zo verder tot tenslotte het laatste proefoppervlak twee dagen later (na de oogst) werd geoogst. Vervolgens werden de geoogste champignons van elke oogstdag opgeslagen gedurende minimaal vier dagen bij 20°C gevolgd en gescoord op hoedopening. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen het percentage champignons, die danwel nog gesloten zijn, of weliswaar een gebroken vlies hebben maar nog niet verder open zijn en champignons waarvan de hoed wel open was. Daarnaast zijn voor de praktijk belangrijke gegevens gemeten zoals het gewicht van de verschillende klassen, opbrengst in kg/m² (met tevens de gemiddelde opbrengst zoals die door de teler is gerealiseerd voor de gehele kweekcel), de verdelingen van de verschillende grootteklassen per m² per oogstdag, etc. Het experiment besloeg zo'n 3500-4000 champignons en is drie keer herhaald, met dezelfde resultaten. In figuur 2 is het effect te zien van het oogsttijdstip van champignons met een hoeddiameter van 20-30mm. Hierbij moet worden opgemerkt, dat een zeker percentage van de geoogste champignons tot hoedopening overgaat, maar de overige champignons zijn daar niet toe in staat. Met andere woorden de hoedopening heeft in eerste instantie een "alles of niets" karakter; in

hoeverre ze vervolgens erin slagen hoedopening te voltooien is vers twee.



Duidelijk is dat champignons die vroeg zijn geoogst een sterk verminderde hoedopening vertonen. Of anders gezegd, zich beter in de export-afzetketen zouden kunnen houden.

Dit is niet alleen een belangrijk praktisch gegeven, maar ook wetenschappelijk. Tot nu toe was het onmogelijk champignons zodanig te manipuleren dat de hoed spontaan gesloten blijft.

Uit daaropvolgende, verkennende, experimenten zijn aanwijzingen naar voren gekomen dat hier wellicht hormonale stoffen een rol spelen. Deze stoffen zouden dan afgegeven worden door het mycelium aan het vruchtlichaam waarop de champignon, al of niet geoogst, tot hoedopening overgaat. Dit geeft perspectieven op succesvol vervolgonderzoek.

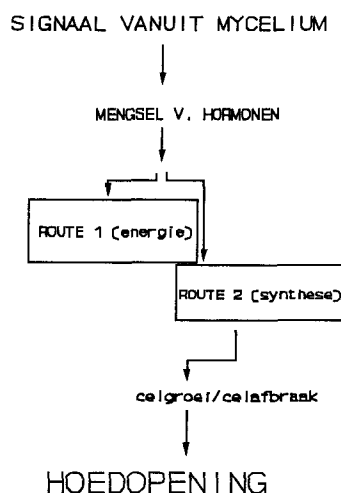
Figuur 2.

Het effect van oogsttijdstip op de hoedopening. Oogstdagen 1 en 2 behoren tot de zogeheten voorpluk. Oogstdag 3 is het normale oogsttijdstip. Na elke dag oogsten zijn de champignons 4 of 5 dagen bewaard bij 20°C en hoge luchtvochtigheid.

Conclusies/Perspectieven

Wetenschappelijk:

Schematisch ziet het hoedopeningproces er zo uit:



Figuur 3.

Schematische weergave van het hoedopeningproces.

Hoogstwaarschijnlijk geeft een mengsel van hormonen vanuit het mycelium het signaal voor hoedopening naar het vruchtlichaam. De bouwstenen voor de uiteindelijke groei worden verkregen door een groot gedeelte van de cellen af te breken en de bouwstenen te gebruiken voor het laten uitgroeien van alle cellen in het plaatjesweefsel en een klein gedeelte in het hoedweefsel. Hiervoor is wel een verhoogde activiteit van de pentosefosfaat-route nodig.

Vervolgonderzoek zou zich moeten richten op de identificatie van en het meten van de concentraties van de hormonale stoffen die het signaal zouden zijn voor de hoedopening. Als deze bekend zijn, kan door gerichte veredeling of genetische manipulatie de synthese geremd of gestimuleerd worden.

Vervolgonderzoek kan zich ook richten op de enzymcomplexen die route 1 en 2 reguleren om zo op enzymniveau door remmers, veredeling of genetische modificatie tot rassen te komen waarvan de hoed niet meer opent en op die manier de mogelijkheden voor export- en afzetgebied drastisch verruimen.

Toepassingsgericht:

Wellicht kan sproeien met bepaalde hormonale verbindingen, die planten- of champignon eigen zijn, in bepaalde teeltfasen effectief zijn.

De invloed van het oogsttijdstip op de hoedopening is evident. Selectief plukken hoeft niet te leiden tot een lagere opbrengst in kilo's. Het verloop van de kwaliteit als geheel onder export-condities moet worden bepaald.

Daarnaast moet een makkelijk meetbare parameter beschikbaar komen als selectie-criterium voor de veilingen om zo een hogere export-prijs voor de teler te kunnen bedingen.

MODELLEREN VAN MA-VERPAKKINGEN VAN CHAMPIGNONS

Projectnummer	:	1.05.12
Projecttitel	:	Modelleren van MA verpakkingen van champignons
Projectleider	:	H.W. Peppelenbos
Overige medewerkers	:	J. van 't Leven
Totale inspanning	:	1.0 mensjaar/jaar
Verslagperiode	:	01-08-1990 t/m 31-12-1993

Probleemstelling

Bij kamertemperatuur (18°C, zoals in een supermarkt) gaat de kwaliteit van champignons snel achteruit (verkleuren, vlekken, stevigheidsverlies). De huidige verpakking van champignons bestaat uit een bakje (polystyreen) met daarop een deksel met gaatjes (Albert Heyn) of omwikkeld met een folie (PVC). Onduidelijk is of de omstandigheden in dergelijke verpakkingen optimaal zijn. Wellicht is er een betere verpakking mogelijk. Het vinden van de optimale bewaaromstandigheden en een verpakking die dit kan bewerkstelligen is dan ook sterk gewenst. Een juiste keuze en handhaving van temperatuur, luchtvochtigheid, zuurstof- en kooldioxideconcentraties zijn van belang voor het behoud van de kwaliteit van veel producten. Met behulp van verpakkingen is het mogelijk de gassamenstelling rond het produkt te beïnvloeden, omdat een levend produkt zuurstof gebruikt en kooldioxide afgeeft (respiratie) en een verpakking in beperkte mate doorlatend is voor zuurstof en kooldioxide (diffusie). Het is nu van belang om respiratie en diffusie zo op elkaar af te stemmen dat het bereikte evenwichtsniveau in een verpakking overeenkomt met de meest optimale luchtsamenstelling. Deze wijze van bewaren wordt MA genoemd (Modified Atmosphere). Om een MA-verpakking te kunnen ontwikkelen is kennis nodig over:

1. de optimale luchtsamenstelling (de te bereiken evenwichtsconcentratie in de verpakking)
2. de respiratiesnelheid bij verschillende luchtsamenstellingen
3. de diffusiesnelheden van verschillende verpakkingsmaterialen

Om de optredende processen aan elkaar te kunnen koppelen is een model onontbeerlijk. Bijkomend voordeel van de ontwikkeling van een model is dat het uiteindelijk mogelijk zal zijn om het kwaliteitsverloop van een produkt bij verschillende bewaaromstandigheden te voorspellen.

Doelstelling

Het bepalen van de invloed van de O₂-concentratie en de CO₂-concentratie op de kwaliteit en de ademhaling van verse champignons.

De ontwikkeling van een model dat het verloop van de omstandigheden in een verpakking kan berekenen en waarmee kan worden aangegeven welke verpakking (welk materiaal) het meest geschikt is om de kwaliteit zo lang mogelijk te handhaven.

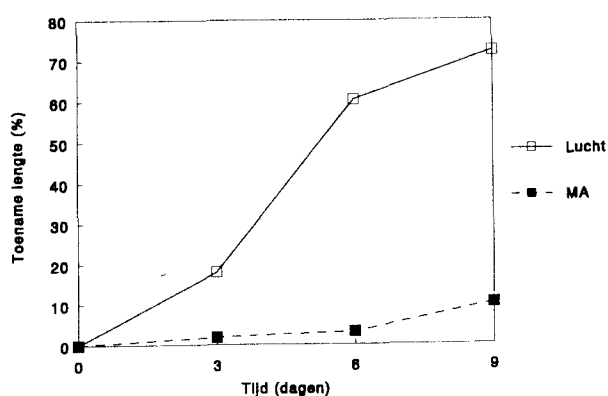
Resultaten/output

Objectieve meetmethoden kwaliteit

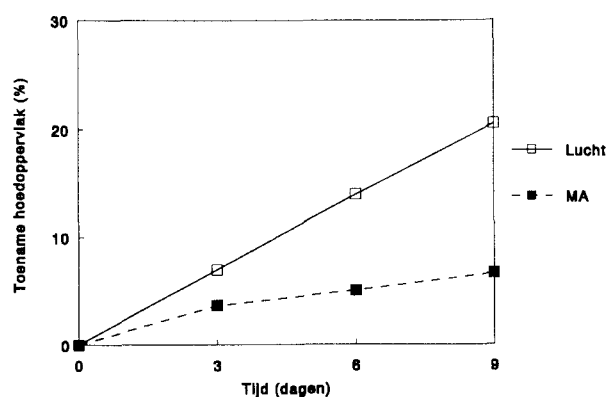
Om bij biologisch materiaal als champignons verschillen aan te kunnen tonen zijn meetmethoden nodig die nauwkeurig en herhaalbaar zijn. Voor een groot aantal metingen zijn dergelijke methoden ontwikkeld. Computerbeeld-analyse (CBA) wordt gebruikt voor het meten van groei (hoeddiameter, steellengte) en ontwikkeling (grootte lamellen ten opzichte van grootte hoed, kleur van de lamellen), kleur van de hoed (reflectiewaarde) en de kleur en oppervlakte van vlekken op de hoed. Voor het meten van de stevigheid zijn compressiemetingen gebruikt waarbij een klein monster uit de hoed en de steel wordt geanalyseerd op hun weerstand tegen indrukken.

De invloed van zuurstof en kooldioxide op de kwaliteit

Er zijn significante invloeden van zuurstof en kooldioxide op allerlei kwaliteitsaspecten gevonden. De ontwikkeling, gemeten als groei en verkleuring van de lamellen, gaat trager bij 10% kooldioxide en bij 2% zuurstof. Bij 10% kooldioxide wordt zowel de groei van de steel (figuur 1) als de hoed geremd (figuur 2). De verkleuring van de buitenkant van de hoed wordt niet vertraagd bij 2% zuurstof (t.o.v. 21%). De binnenzijde verkleurt echter minder snel bij 2%. Mogelijk houdt dit verband met de vertraagde ontwikkeling van de lamellen. De toename van (bacterie)vlekken op de hoed van de champignon is veel minder bij 10% kooldioxide. De stevigheid (gemeten als weerstand tegen compressie) van de champignons neemt tijdens bewaring eerst iets toe. Na enkele dagen neemt de stevigheid echter af. Bij 2% zuurstof en 10% kooldioxide nam de stevigheid echter minder snel af. Het enige negatieve effect van kooldioxide is dat bij hoge concentraties (10%) een geelverkleuring van de champignon kan optreden. Dit is bij 10% kooldioxide duidelijk waargenomen.



Figuur 1. Groei van de steel



Figuur 2. Groei van de hoed

Ademhaling

Zowel de zuurstofopname als de kooldioxide-afgifte van champignons werd bij verschillende zuurstof- en kooldioxideconcentraties gemeten. Hieruit blijkt dat pas bij zeer lage zuurstofconcentraties de zuurstofopname sterk geremd wordt (figuur 3). Ook de kooldioxide-afgifte neemt af bij lagere zuurstofconcentraties. Deze afname is echter minder sterk, wat tot uiting komt in de RQ (Respiratie Quotient; de kooldioxide-afgifte gedeeld door de zuurstofopname). Deze RQ neemt toe bij lagere

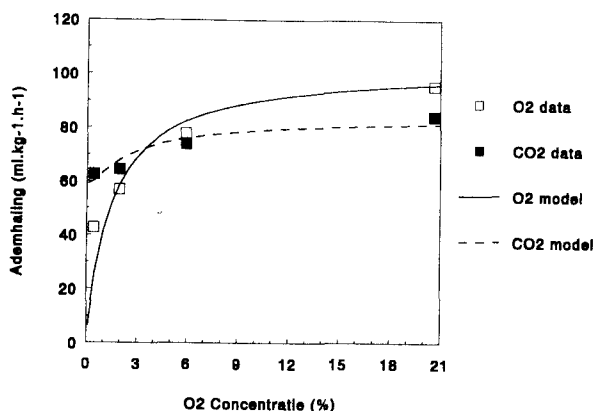
zuurstofconcentraties. Het ademhalingsmodel dat het afgelopen jaar ontwikkeld is, is in staat om zowel de zuurstofopname als de kooldioxide-afgifte bij alle zuurstofconcentraties te berekenen (figuur 1). Het model maakt een betere voorspelling van de concentraties in een verpakking mogelijk.

De ademhalingsnelheid en andere hieraan gekoppelde processen kunnen in de tijd veranderen. Het ademhalingspatroon vertoont daarbij een piek. Bij een hogere temperatuur treedt deze piek eerder op: bij 18 °C na 2 dagen (figuur 4). Op het moment van de piek is de ademhaling ongeveer 40% hoger dan het minimale niveau bij deze temperaturen. Bij 8 °C is er echter nauwelijks een piek waar te nemen; na 4 dagen is slechts een lichte verhoging van de ademhaling waar te nemen (figuur 4).

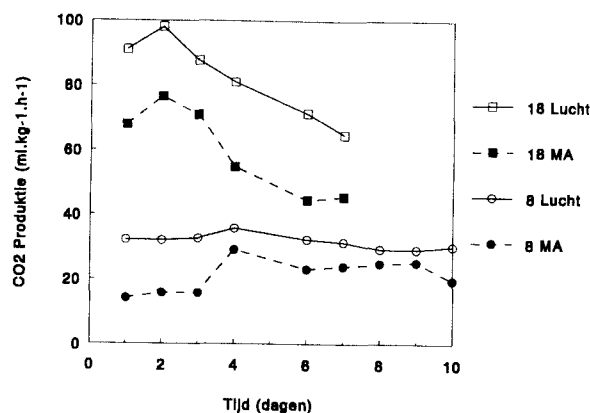
Bij lagere zuurstofconcentraties is de ademhaling lager, maar lijkt er geen verschuiving van het moment van de piek op te treden. Kooldioxide lijkt geen invloed te hebben op de ademhalingsnelheid en het moment van de piek. Een conclusie is dat er een duidelijke invloed is van de temperatuur en een mogelijk kleine invloed van de lichtsamenstelling op het moment van de piek.

Praktijktest

Met behulp van de gevonden optima en ademhalingsgegevens is een onderzoek uitgevoerd naar mogelijkheden om de huidige kleinverpakking van champignons te verbeteren. De invloed van diverse verpakkingvarianten, waaronder aangepaste bakjes en verschillende folies, op de kwaliteit van champignons werd onderzocht. De beoordeelde kwaliteitskenmerken waren het ontwikkelingsstadium, het voorkomen van vlekken, kleur, schade, stevigheid en geur. De conclusie is in elk geval dat verpakken duidelijk betere resultaten geeft dan niet verpakken (of 'open' deksel verpakkingen). Onder de geteste omstandigheden (250 gr. bakjes, 8°C) gaven aangepaste bakjes een snellere afname van de stevigheid te zien, terwijl normale bakjes geurproblemen tot gevolg hadden. Omdat naar onze mening de geurproblemen zwaarder wegen dan de afname in stevigheid verdienen de aangepaste bakjes de voorkeur boven de normale bakjes.



Figuur 3.
Ademhaling van champignons
bij 18°C. Data = metingen,
Model = Modelberekening



Figuur 4.
Ademhaling van champignons
verloop in de tijd
(18-21 = 18 °C en 21% O₂)

Conclusies/perspectieven

Praktisch toepasbare resultaten zijn:

- Objectieve meetmethoden voor de kwaliteit, toepasbaar voor onderzoek (al in gebruik door het proefstation voor de champignoncultuur in Horst) en voor controles in de praktijk.
- Optimale gassamenstelling voor behoud van kwaliteit: 1-1.5% zuurstof en 6-7% kooldioxide. Deze kennis is een richtlijn voor de condities die in een MA verpakking moeten ontstaan.
- Ademhalingsmodel: de concentraties (condities) in een verpakking zijn te voorspellen. Bovendien zijn verschillende verpakkingsconcepten door te rekenen (met variaties in volume, diffusie-oppervlak van de folie, folie, hoeveelheid champignons in de verpakking). Hieruit blijkt dat afhankelijk van de toepassing (250 gr of 500 gr bakjes, wel of geen gekoelde keten) andere folies of verpakkingen de voorkeur verdienen.
- Praktijktest: de berekeningen van het model worden bevestigd. Het model kan dus gebruikt worden om de beste verpakking per situatie te berekenen.

Literatuur

- Peppelenbos H.W., J. van 't Leven, B.H. van Zwol, L.M.M. Tijskens, 1993. The influence of O₂ and CO₂ on the quality of fresh mushrooms. Proc.6th.Contr.Atm.Res.Conf., 14-16 june 1993, Ithaca, New York.
- Peppelenbos H.W., 1994. Gassamenstelling beïnvloedt de kwaliteit van geoogste champignons. De Champignoncultuur, 38, pp 31-33
- Peppelenbos H.W., J. van 't Leven, Evaluation of four types of inhibition for modelling the influence of carbondioxide on oxygen consumption of fruits and vegetables. Submitted.

ENZYMATISCHE BRUINVERKLEURING VAN CHAMPIGNONS

Projectnummer	:	3.04.01
Projecttitel	:	Enzymatische bruinverkleuring van champignons.
Projectleider	:	H.J. Wichers
Overige medewerkers	:	Y.A.M. Gerritsen C.G.J. Chapelon
Totale inspanning	:	1.1 mensjaar/jaar
Verslagperiode	:	01-01-1990 t/m 31-12-1993

Probleemstelling:

Naast hoedopening, steelgroei en gewichtsverlies is bruinverkleuring van de champignon een belangrijk met de veroudering geassocieerd verschijnsel, uiteindelijk resulterend in kwaliteitsverlies. Deze bruinverkleuring is het gevolg van de inwerking van een enzym (tyrosinase) op in de champignon aanwezige verbindingen (fenolen), uiteindelijk resulterend in de vorming van een bruin pigment (melanine). Voorkoming of vertraging van bruinverkleuring leidt tot een kwaliteitsverhoging van de champignon.

Doelstelling:

Inzicht in de enzymologie van bruinverkleuringsreacties in de champignon en ontwikkeling van methoden om deze verkleuring te remmen of te voorkomen.

Mogelijke toepassingen:

- Snelle screeningsmethoden voor de voorspelling van gevoeligheid voor bruinverkleuring bij veredeling, teelt, bewaring of verwerking.
- Aanpassing van behandelings- en verwerkingsprocessen en -trajekten zodanig dat bruinverkleuring wordt tegengegaan.

Resultaten:

Bruinverkleuring in de champignon is het gevolg van de (gedeeltelijk) enzymatische vorming van bruine pigmenten, de zogenaamde melaninen (figuur 1).

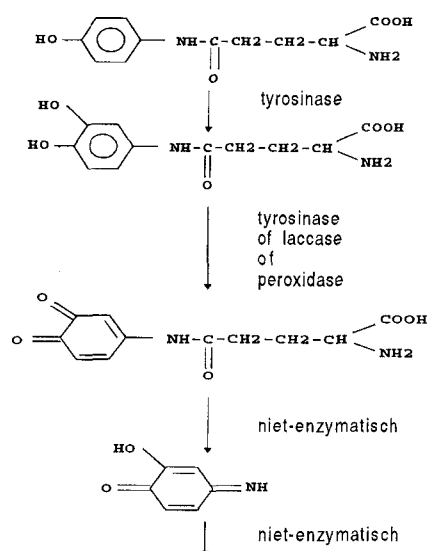
Identifikatie van het bruinverkleuringenzym.

Zoals aangegeven in figuur 1, is een aantal enzymen in principe in staat om bruinverkleuring te veroorzaken. Onderzoek aan *Agaricus bisporus* ras U1 heeft aangetoond dat in het mycelium zowel laccase, peroxidase als tyrosinase vóórkomen; in de vruchtlichamen komt echter voornamelijk tyrosinase voor. In het voor de consument meest interessante weefsel van de champignon wordt eventuele bruinverkleuring dus veroorzaakt door tyrosinase, en het is dan ook dit enzym dat moet worden onderzocht om meer over het mechanisme van bruinverkleuring te weten te komen.

Vóórkomen van tyrosinase en fenolen in diverse champignonsoorten en rassen.

Bij het ontstaan van bruinverkleuring zijn, chemisch gesproken, twee variabelen betrokken: de fenolen (die worden omgezet tot het bruine pigment melanine) en tyrosinase (dat deze omzetting katalyseert). Voor een aantal rassen is onderzocht wat de gehaltes aan deze fenolen en aan tyrosinase is in mycelia en in vruchtlichamen van stadium 3. Systematisch onderzoek van soort- en rascollecties kan uiteindelijk leiden tot een soort databank waarvan gebruik kan worden gemaakt bij de ontwikkeling van nieuwe rassen of het optimaliseren van teelt- en naoogstomstandigheden om bruinverkleuring te vertragen of te voorkómen. Een aantal gegevens staat vermeld in tabel 1.

Uit tabel 1 kan worden geconcludeerd dat er aanzienlijke variatie in de gehaltes van de veroorzakers van bruinverkleuring wordt gevonden als diverse champignon-soorten en -rassen worden vergeleken. Een voorzichtige relatie met de kleur van de hoed lijkt te bestaan (vergelijk bijv. tyrosinase-gehaltes in U1 met de kastanje-rassen). Het is echter noodzakelijk om een uitgebreider onderzoek te doen naar nog meer rassen alsmede naar de effecten van teeltomstandigheden e.d., om de relatieve bijdrage van de diverse parameters aan de uiteindelijke bruinverkleuring te kunnen aangeven.



MELANINE-VORMING

Figuur 1

Omzettingen in de champignon die leiden tot bruinverkleuring

Tabel 1. Kwantitatieve samenstelling van tyrosinase in mycelia en vruchtlichamen van *Agaricus* spp.

	stam/ras	tyrosinase-aktiviteit (μ kat/gDW, +SDS)		Fenolen (μ mol/gDW)
		mycelium	vruchtlichaam	
<i>A. bisporus</i> (commerciële rassen)	U1	19.4	4.2	150
	LLC9 ^{*)}	23.9	18.0	251
	CC4 ^{*)}	23.5	23.0	248
	LLC33 ^{*)}		21.6	267
	R101 ^{*)}		9.9	252
	S456 ^{*)}		13.9	257
	T850 ^{*)}		21.2	272
<i>A. bisporus</i> (wildtypes)	B162/5		31.8	51
	B155/9		16.1	43
	B162/10		15.2	38
	B65		14.3	41
	B92		13.0	37
	B80		13.0	35
	B98		10.7	40
	B83		8.0	33
<i>A. bitorquis</i>	K26	13.2		
<i>A. arvensis</i>	R20(myc)	6.7		
	R20(diff)	9.0		

^{*)} commerciële "kastanje"rassen

Gezien de grootte-orde van de gevonden hoeveelheden fenolen en tyrosinase, en de kinetische eigenschappen van tyrosinase, zou het een kwestie van seconden zijn waarin alle fenolen kunnen worden omgezet door tyrosinase. Toch gebeurt dit niet in de praktijk; dit duidt erop, dat er complexere mechanismen in de champignon aanwezig zijn, zoals bijvoorbeeld ruimtelijke scheiding van fenolen en tyrosinase en/of tijdelijke inaktivering van tyrosinase, die mede bepalend zijn.

Zuivering en karakterisering van tyrosinase uit *A. bisporus* U1.

Om snelle toetsmethoden te kunnen ontwikkelen en om nader onderzoek naar de fysiologische en genetische regulatie van dit enzym te kunnen doen is het noodzakelijk te beschikken over het zuivere tyrosinase-enzym.

In vruchtlichamen van het ras U1, dat als studie-object is gekozen omdat het een belangrijk commercieel ras is in Nederland, bleken verschillende vormen van tyrosinase voor te komen. Ongeveer 5% van de totale hoeveelheid tyrosinase bleek geglycosyleerd te zijn (dat wil zeggen van suikervormig aanhangsel te zijn voorzien) [Yvonne A.M. Gerritsen, Chrystelle G.J. Chapelon, Harry J. Wichers (1994) Low-isoelectric point tyrosinase of *Agaricus bisporus* appears to be a glycoprotein *Phytochemistry* 35(3): 573-577].

Er werden verder twee verschillende isovormen van tyrosinase geïsoleerd (figuur 2). Deze hadden dezelfde grootte (43 000 Da), maar verschilden in hun elektrische lading [H.J. Wichers, Y.A.M. Gerritsen,

G.C.F. van Duijnhoven, K. Recourt (1993) Molecular characteristics of *Agaricus bisporus* tyrosinase. First International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products, 23-26 Augustus, Hong Kong; Book of Abstracts p.82].

Figuur 2.

Tyrosinase-isovormen gezuiverd uit A. bisporus U1, na polyacrylamide-gelelektroforese. Markereiwitten (middelste laan, van onder naar boven): resp. 14.3, 20.1, 30, 43, 68 en 94 kDa.



Conclusies en perspectieven:

- Tyrosinase is het enzym dat verantwoordelijk is voor de bruinverkleuring van vruchtlichamen van de champignon
- Het vóórkomen van tyrosinase en fenolen in champignons is in ieder geval ras-afhankelijk
- Een gedeelte van het tyrosinase is geglycosyleerd
- Uit U1 kunnen twee tyrosinase-isovormen worden gezuiverd, beide met een grootte van 43000 Da maar met een verschillende elektrische lading.

Deze kennis kan op een aantal manieren worden aangewend om te komen tot praktische toepassingen. In de eerste plaats kan het gezuiverde tyrosinase worden gebruikt om specifieke antistoffen te maken. Deze antistoffen zijn op hun beurt bruikbaar om een snelle en gebruikersvriendelijke test-methode te ontwikkelen waarmee het tyrosinase-gehalte op diverse punten in de keten van veredeling tot verwerking kan worden gemeten. Een soortgelijke toets kan worden ontwikkeld om de fenolen snel en betrouwbaar te meten. Als het gehalte aan tyrosinase en dat aan fenolen inderdaad voorspellend zijn voor de uiteindelijke mate van bruinverkleuring, kan een gebruikersvriendelijke toets worden ontwikkeld. Deze toets kan worden gebruikt door veredelaars, telers, veilingen en verwerkers van champignons om beter het kwaliteitsverloop en daarmee het waarde-behoud te kunnen voorspellen. Verder kan met behulp van de antistoffen onderzoek worden gedaan naar:

- Hoe en onder invloed van welke prikkels wordt tyrosinase eigenlijk gevormd in de champignon
- Wat is/zijn de erfelijke eigenschap(en) van de champignon met betrekking tot tyrosinase. Isolatie van de erfelijke code (het gen) voor tyrosinase opent de mogelijkheid om vragen te beantwoorden als: waarom bevat de champignon eigenlijk tyrosinase, en: is het eigenlijk wel mogelijk om een tyrosinase-loos ras (in theorie de ideaal-witte champignon) te ontwikkelen dat ook nog levensvatbaar is en met goede opbrengst geteeld kan worden?

CBA EN CHAMPIGNONS

Projectnummer	: 70252
Projecttitel	: CBA en Champignons
Projectleider	: B.H. van Zwol
Overige medewerkers	: Timmermans, Hulzebosch, Willems, Tabak
Totale inspanning	: 2 mj
Verslagperiode	: 01-01-1990 t/m 31-12-1993

Probleemstelling

Champignons worden geteeld voor de verse markt of voor de industrie. Afhankelijk van de groei moet op een gegeven moment worden geoogst en worden de champignons bij de pluk in klassen ingedeeld. De indeling naar kleur, grootte, ontwikkelings-stadium en eventuele gebreken gebeurt op basis van een visuele beoordeling en kan nogal verschillend uitvallen.

Doelstelling

De doelstelling van het project is het meten van de kwaliteits bepalende aspecten van champignons op een objectieve manier met behulp van computer beeld analyse. Uiteindelijk zullen de met CBA ontwikkelde meetroutines worden gebruikt voor het bouwen van een prototype kwaliteitscontrole apparaat waarmee deze metingen ook onder praktische omstandigheden kunnen worden uitgevoerd.

Resultaten/output

Belichtingskast:

Voor het uitvoeren van metingen is een belichtingskast ontwikkeld waarbij onder gestandariseerde lichtomstandigheden opnamen kunnen worden gemaakt. De constructie is gebaseerd op verlichting met TL-armaturen, waardoor de lichtverdeling in de kast in de lengterichting van de buis t.g.v. de constante lichtstroom gelijkmatig zal zijn. De lichtverdeling in de andere richting is door de plaatsing van de buizen en het gebruik van reflectoren en diffusoren zoveel mogelijk gelijkmatig gemaakt.

De lichtstroom is per TL-buis afzonderlijk regelbaar, zowel voor het instellen van een optimale lichtverdeling in het opnamegebied als ook voor het aanpassen van de lichtomstandigheden aan het te meten object. Door wisseling van de bodemplaten in de belichtingskast, is de kleur van de achtergrond te variëren. Bij gebruik van een diffuse bodemplaat in combinatie met de hieronder geplaatste regelbare TL-buizen zijn metingen met onderbelichting mogelijk. Onderbelichting kan schaduwvorming opheffen en is ondermeer geschikt voor nauwkeurig oppervlakte metingen. (zie figuur

- 1) De belichtingskast is geschikt voor het maken van opnamen met een zwart/wit camera, maar kan ook gebruikt worden voor opnamen met een kleurencamera.

Voorafgaande aan het meten moeten de gebruikte lichtsterkte-instelling van de kast en de camera-instellingen worden gecontroleerd aan de hand van een calibratie procedure.

Het gebruik van ijk-plaatjes bij elke opname maakt het mogelijk de gemeten waarden per meting te corrigeren.

Om herhaalbaar en nauwkeurig de witheid van champignons te kunnen meten is het noodzakelijk de lichtsterkte in de belichtingskast met een fotocel te meten en te stabiliseren.

Kleurmetingen aan champignons

Het meten van de kleur van champignons is in feite het vaststellen van de witheid van de hoed en de aanwezigheid hierop van verkleuringen. Per champignon kan een grijswaardenverdeling (histogram) worden vastgesteld en het gemiddelde, maximum, minimum en de meest

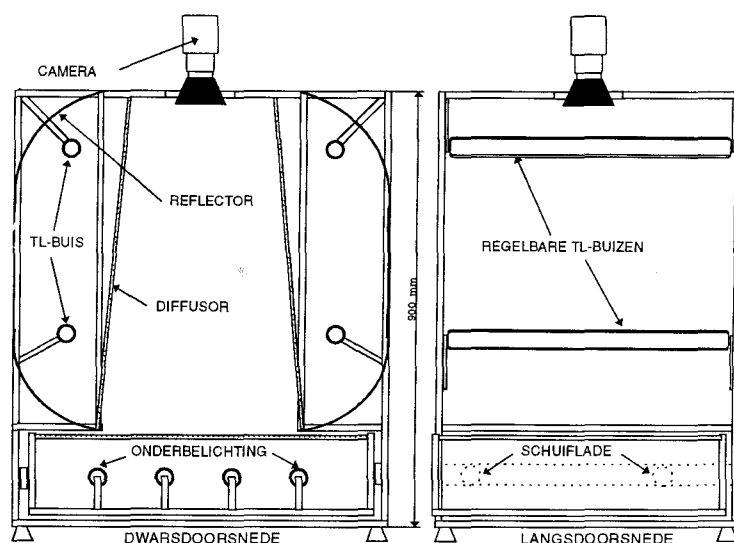
voorkomende waarde worden bepaald. In de ontwikkelde programmatuur wordt de vlekken gemeten door het bewerken van het beeld met een maxmin-filter en detectie van het verkleurde oppervlak na thresholding op een grijswaardenniveau van 7. Het maxmin-filter zorgt er voor dat alleen plotselinge veranderingen in de witheid worden gemeten en geleidelijke afname van de witheid door de bolvorm van de hoed de meting niet beïnvloedt.

Op deze wijze zijn verse champignons onmiddellijk na het plukken bij ATO-DLO gemeten op witheid en verkleuringen. De champignons zijn daarna bewaard bij temperaturen van 5, 10, en 15 °C en elke dag opnieuw gemeten (zie figuur 2). Tevens uitgevoerde kleurmetingen met behulp van de Minolta LAB-kleurmeter bevestigen de witheidsafname zoals die gemeten is met CBA. Ook het bepalen van de steellengte van champignons, het kleurniveau van de lamellen en de "grootte" van de lamellen gebeurt in de belichtingskast, waarbij doorgesneden champignons met onderbelichting schaduwvrij worden gemeten.

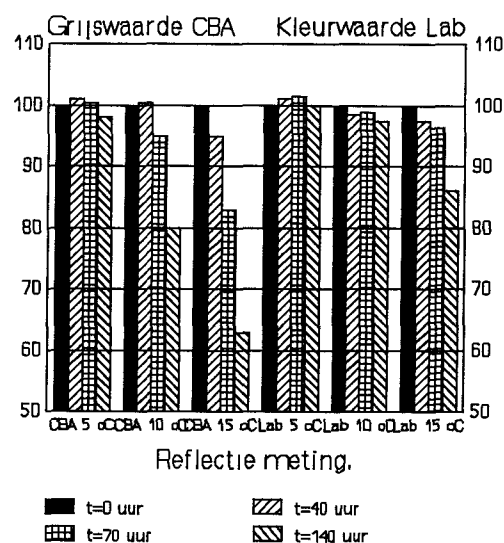
Meetroutines voor steel-lengte, -dikte en mate van hoedopening

Om partijen champignons met elkaar te kunnen vergelijken zijn kratten champignons van diverse herkomst onderzocht. De champignons waren door keurmeesters op de veiling ingedeeld in de klassen I-1-60, I-2-60, II-2-60 en II-2-60-industrie.

De champignons zijn per krat over de tray's verdeeld en gemeten. Op iedere tray kunnen 30 champignons gelijktijdig worden gemeten met de hoed naar de camera gekeerd, door de champignons om te draaien zijn metingen aan hoedopening en steel mogelijk en door de champignons op de rand van de hoed te leggen zijn o.a. steel-lengte en -dikte te meten. Voor het uitvoeren van de metingen zijn meetroutines ontwikkeld op basis waarvan de metingen automatisch werden uitgevoerd. Per klasse zijn 18 kenmerkende waarden gemeten variërend van hoedoppervlak van de champignon, vlekken op de hoed, hoeddiameter en hoeddikte, steellengte en steeldikte, vlekken op de steel, mate van hoedopening tot de gemiddelde waarde van de witheid van de champignon.



Figuur 1: Schets van de belichtingskast



Figuur 2: Witheids-afname van champignons

Classificatie

Voor het bepalen van de optimale classificatiekenmerken is een computerprogramma ontwikkeld, dat afhankelijk van het opgegeven aantal kenmerken de beste combinatie berekent. De combinatie van witheid van de hoed met het oppervlak aan vlekken op de hoed en steellengte en -dikte leverde een optimale classificatie. Voor het classificeren van de gemeten partijen champignons zijn een neurale netwerk en lineaire en kwadratische discriminant analyse (LDA en QDA) gebruikt. In tabel 1 is te zien hoe de door de keurmeester van de veiling geclassificeerde champignons worden ingedeeld op basis van 4 kenmerken volgens LDA, QDA en het neurale netwerk.

Tabel 1: Indeling van partijen champignons volgens classificatie-systemen.

Klasse volgens keur-meester	Klasseindeling volgens:											
	Lineaire Discriminant Analyse				Kwadratische Discriminant Analyse				Neuraal Netwerk			
	I-1 -60	I-2 -60	II-2 -60	II-2 -60 ind.	I-1 -60	I-2 -60	II-2 -60	II-2 -60 ind.	I-1 -60	I-2 -60	II-2 -60	II-2 -60 ind.
I-1-60	21	5	1	3	26	0	2	2	30	0	0	0
I-2-60	6	15	3	2	3	20	2	1	1	25	0	0
II-2-60	5	6	13	4	6	8	14	2	0	4	24	0
II-2-60 ind.	5	0	5	20	5	1	7	17	0	0	1	29

Bij classificatie volgens LDA zijn 61% van de partijen in dezelfde klasse ingedeeld als door de keurmeester. Bij classificatie volgens QDA komt 68% van de partijen overeen. Bij classificatie volgens het Neurale netwerk komt zelfs 95% van de partijen overeen met de menselijke beoordeling. Een overeenstemming van 100% is overigens niet haalbaar, de hoogste overeenstemming tussen menselijke experts is 85-90%

Conclusies

- * meting kleur, vlekken, grootte, vorm, steellengte, etc is objectief en nauwkeurig mogelijk m.b.v. een computer beeld analyse systeem aan handmatig gepositioneerde champignons.
- * het ontwikkelde prototype bestaat uit een belichtingskast, monochrome camera, framegrabber en PC en kan ingezet worden voor kwaliteitscontrole en ter ondersteuning van de keurmeester.
 - * op basis van de witheid, percentage vlekken, steel-lengte en -dikte kunnen champignons worden beoordeeld zoals een keurmeester dit doet.

Perspectieven

- * de ontwikkelde technieken kunnen ingezet worden voor ontwikkeling van een kwaliteitscontrole systeem.
- * voor ontwikkeling van een systeem waarbij complete bakken in een keer worden beoordeeld is verder onderzoek nodig.

KOELEN EN BEWAREN VAN CHAMPIGNONS

Projectnummer	: 70250
Projecttitel	: Koelen en bewaren van champignons
Projectleider	: J.W. Rudolphij
Overige medewerkers	: G. Raphael
Totale inspanning	: 0.25 mensjaar per jaar
Verslagperiode	: 01-01-1990 t/m 31-12-1992

Probleemstelling

De champignon komt met een temperatuur van ca. 18 °C in de afzetketen. Bij deze hoge temperatuur loopt de kwaliteit van de champignon snel terug met nadelige gevolgen voor de actieradius van de keten. Het verlagen van de temperatuur van het produkt is niet zonder problemen. Snelle koeling is wenselijk, maar de dan benodigde hoge luchtcirculatie bevordert bruinverkleuring van het produkt. Een trage koeling geeft veel vochtverlies en betekent extra tijdverlies in de afzetketen.

Doelstelling

Het doel van het project was om het effect van twee mogelijke uitvoeringen van koelsystemen, nl. het gebruik van verdamper of het gebruik van open water-lucht-warmtewisselaars, te vergelijken ten aanzien van de bruinverkleuring en de haalbare koeltijd. M.a.w. te onderzoeken welk koelregime, droog of vochtig, in samenhang met het te kiezen luchtcirculatie-debiet, bruinverkleuring van champignons beter remt.

Een nevendoel was het verzamelen van validatiegegevens en van kentallen voor warmte- en vochtoverdracht van champignons. Kentallen voor toepassing in simulatiemodellen voor koelprocessen in koelruimten en validatiegegevens voor de validatie van de modelresultaten.

Resultaten

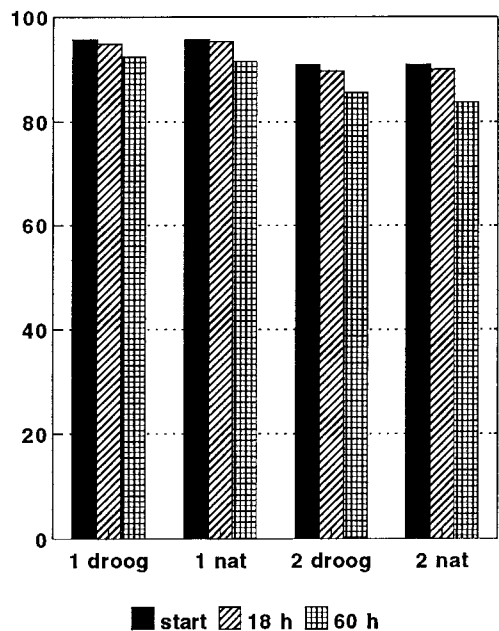
- Het effect van de koelmethode, nat of droog, op de bruinverkleuring van champignons is uitermate gering. Tijdens geforceerde afkoeling (hoge luchtcirculatie) geeft een natte koeling met betrekking tot de verkleuring een iets gunstiger resultaat. Opslagkoeling van 2 dagen (gehalveerde luchtcirculatie) kan beter onder drogere omstandigheden plaatsvinden. In een vochtige omgeving (98 % rv en hoger) zet de bruinverkleuring sneller door.
- De objectieve bepaling van de bruinverkleuring van champignons op basis van de L-waarde van een Minolta L-a-b-meting is onvoldoende gevoelig voor het aantonen van kleurverschillen in de beginfase van de bruinverkleuring; zie fig.1. Dit meetprobleem speelt een rol bij het vaststellen van verschillen in bruinverkleuring tijdens koeling omdat koelprocessen juist plaatsvinden met pas geoogst produkt. Bovenstaande conclusie berust dan ook op subjectieve waarneming.

- De meetresultaten geven met betrekking tot het vochtverlies grote verschillen tussen partijen nl. 2% - 7% van het startgewicht afhankelijk van de toestand van het produkt nl. gesloten produkt of deels geopend produkt. Het verschil tussen een droog en een vochtig koelregime voor gesloten produkt ligt in de orde van 0.5%-1% van het startgewicht voor afkoeling oplopend naar 1%-2% van het start-gewicht tijdens de daarop volgende opslag van 2 dagen. Voor een deels open produkt neemt het verschil tijdens afkoeling toe tot een orde van 2.5%. Opslagkoeling is met open produkt niet uitgevoerd. De resultaten voor open produkt zijn minder van belang omdat dit produkt bestemd is voor industriële verwerking en gewoonlijk onbehandeld wordt getransporteerd en bij de verwerkende industrie eerst een evacuatiebehandeling ondergaat. In fig.2 is het gemiddelde vochtverlies van een partij (1) met gesloten champignons en een partij (2) met een groot aandeel open champignons weer-gegeven tijdens afkoeling en opslag.
- Figuur 3 geeft een beeld van het koelproces van champignons in een nat systeem en een droog systeem. Voor de duidelijkheid van de afbeelding is gekozen voor een koelproces naar 5 °C in het natte systeem en voor een koelproces naar 0 °C in het droge systeem. Van belang is de nadering van de luchttemperatuur door de produkttemperatuur. In het natte koelsysteem verloopt dat trager. Het verschil wordt veroorzaakt door de warmte-onttrekking door verdamping in het droge systeem; in het bijzonder in de latere fase van het afkoelproces. In een droog systeem heeft de produkttemperatuur zelfs de neiging iets onder de luchttemperatuur te zakken.
- De koelprocesgegevens zijn gebruikt om in het koelmodel KOB-A de nodige produktgegevens voor champignons op te nemen en ook om daarin een open water-lucht-warmtewisselaar te introduceren naast verdamper- en glycolkoelers. Het KOB-A-model heeft als basis het in evenwicht houden van de warmte- en vochtbalans van één volume-element van de circulerende lucht in een koelruimte. Een modelsysteem, gebaseerd op dat principe, kan korte rekentijden realiseren. Het model is daarmee ook vooral bedoeld voor het dimensioneren van koelinstallaties en niet voor het gedetailleerd vaststellen van de temperatuur- en luchtverdeling in koelruimten. M.a.w. het model is minder geschikt voor het ontwerpen van de inrichting van koelruimten en het ontwerpen van daarin passende verpakkingen. Er kan een gunstig luchtcirculatiedebiet en koelvermogen voor afkoeling of opslag mee worden vastgesteld, met in achtname van de wijze van inslag, de thermische mogelijkheden van produkt en verpakking, meng-ladingen, de gewenste koeltijd en de uniformiteit van temperatuur. Er wordt een gemiddelde koelcurve berekend per transporteenheid in de koelruimte. Verder wordt bij een proces het vochtverlies door het produkt per transporteenheid berekend en het te verwachten energieverbruik van de totale installatie. Aan de hand van genoemde criteria kunnen direct investeringskosten, te verwachten lopende kosten en het produktverlies worden afgeleid. Langs die weg kan ook het effect van keuzefactoren bij de koelcelbouw en koelinstallatiebouw worden beoordeeld. Bijvoorbeeld het nut van investeringen in vloer-, wand- en dakisolatie, in oppervlakte van warmtewisselaars, in continue of discontinue sturing van warmtewisselaars, in sturing en grootte van het luchtcirculatiedebiet, in sturing en grootte van het ventilatiedebiet.

Conclusie

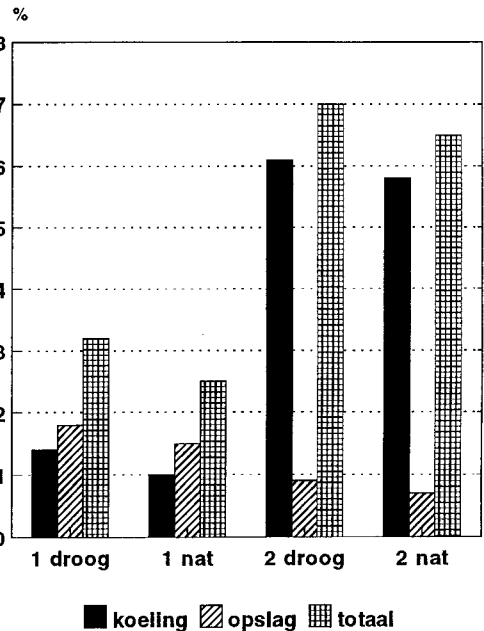
- De keuze van het koelsysteem, nat of droog, kan geen bijdrage van belang leveren aan het remmen van de bruinverkleuring van champignons bestemd voor de verse markt. Koeling doet dit wel als de te verwachten verblijftijd in de afzetketen meer is dan 24 h. Het betekent, dat er een keuze ligt tussen een snelle distributie van ca. 1 dag, waarbij het produkt zo goed als onbehandeld blijft, of een distributie, die meerdere dagen duurt, waarbij het produkt gekoeld moet worden. Het koelproces geeft daarbij wel een aanzet tot verkleuring, maar remt bij lage temperatuur de verkleuring beter dan het onbehandeld laten van het produkt.
- Voor installaties, die uitsluitend dienen voor afkoeling van het produkt, verdient een nat koelsysteem een lichte voorkeur. Moet de installatie ook kunnen dienen voor bewaring van het produkt, dan verdient een verdamper-koelsysteem een lichte voorkeur. In het laatste geval wordt aan het beter remmen van de verkleuring prioriteit gegeven boven het meerder vochtverlies bij het produkt. De verschillen tussen beide systemen zijn echter marginaal klein.
- Het voor een beperkt deel binnen dit project ontwikkelde koelmodel KOBA is ingericht voor champignonkoeling met verdampers of open water-lucht-warmtewisselaars. Het model kan vooral dienen om koeleffecten bij het produkt af te wegen tegen investeringen en te verwachten lopende kosten. Voor publiek gebruik moet het programma nog worden aangepast aan de tegenwoordig gebruikelijke grafische invoer en uitvoer van gegevens en rekenresultaten.

BRUINKLEURING
L - waarde



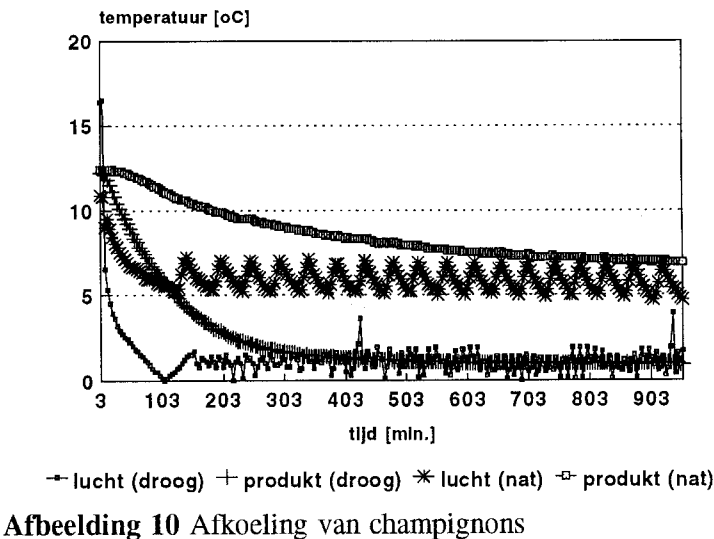
Afbeelding 8 Bruinverkleuring champignons

GEMIDDELD VOCHTVERLIES
procenten van startgewicht



Afbeelding 9 Vochtverlies champignons

AFKOELEN VAN CHAMPIGNONS



Afbeelding 10 Afkoeling van champignons

DSS STRATEGISCHE PLANNING VOOR CHAMPIGNONS

Projectnummer	: 07.01.50
Projecttitel	: DSS strategische planning voor champignons
Projectleider	: ir. R.A.C.M. Broekmeulen
Overige medewerkers	: ing. A. Hoogerwerf
Totale inspanning	: 0,5 mensjaar/jaar
Verslagperiode	: 01-01-1990 t/m 31-12-1993

Probleemstelling

De champignonsector heeft behoefte aan integrale ketenbeheersing (IKB). Integrale ketenbeheersing is een logistiek vraagstuk en houdt in dat op de juiste momenten de juiste beslissingen over opslag, transport, bewerking en verwerking dienen te worden genomen. Van teler tot consument kan daarmee op een strategisch niveau inzicht worden verkregen in kansen, bedreigingen en problemen van de sector. Voorbeelden zijn het ontwikkelen van nieuwe markten en het verbeteren van de produktkwaliteit door het opheffen van logistieke knelpunten. De integrale aanpak maakt het mogelijk om de effecten van strategische plannen en beleidsmaatregelen door te rekenen.

Doelstelling

In het project zal een beslissingsondersteunend systeem (DSS) worden ontwikkeld waarmee de strategische planning in de champignonsector kan worden ondersteund. Hiervoor zijn naast het sectorinrichtingsmodel deelmodellen nodig voor het kwaliteitsverloop, het koelen en het verpakken van een bederfelijk produkt zoals champignons. Het systeem kan ingezet worden bij het implementeren van IKB in de champignonsector.

Introductie

Een champignon is sterk aan bederf onderhevig. De produktie vindt het hele jaar door plaats op een groot aantal bedrijven. Het produkt wordt zowel voor de versmarkt als voor de conservenindustrie geteeld. Een groot deel van de produktie wordt geëxporteerd. Handelaren en veilingen spelen bij de afzet een grote rol. De sector wordt gekenmerkt door een groot aantal onderling samenhangende afzetketens. Desondanks kan de champignonsector in Nederland als overzichtelijk worden aangeduid als gevolg van de sterke positie die de CNC inneemt in de sector.

Door ontwikkelingen zoals doorgroeide compost is de produktie per bedrijf fors toegenomen. Hier tegenover staat een stagnerende afzet van zowel het verse als het geconserveerde produkt. Daarnaast neemt de concurrentie uit landen als Polen sterk toe. Marktbescherming en vaste minimumprijzen zijn geen echte oplossingen voor deze problemen. Ze helpen hooguit op de korte termijn en nemen de werkelijke bedreiging niet weg. Het Nederlandse produkt moet door een goede prijs-kwaliteit verhouding kunnen concurreren op de bestaande maar ook op nieuwe, nog te ontwikkelen markten.

Naast diversificatie (precies leveren wat de consument vraagt op de verschillende deelmarkten) moet worden gewerkt aan een betere produktkwaliteit en aan beheersing van de kosten. Dit is onder meer mogelijk door verbetering van de logistiek en het inzetten van kennis en technologie. Een nieuwe verpakking of het op het juiste moment inzetten van koeltechnologie in een keten kan bijvoorbeeld de actieradius van het verse produkt vergroten. Kwaliteit is meer dan produktkwaliteit alleen. De produktiewijze en de afzetketen worden door de consument integraal meegenomen in de beoordeling van een produkt.

9.

Strategisch beleid

Op alle bovengenoemde kansen, bedreigingen en problemen moet de champignonsector adequaat reageren, om ook op lange termijn de continuïteit te waarborgen. De sector kan alleen dan adequaat reageren als alle personen en instanties die met het beleid van de sector te maken hebben een actieve rol spelen bij de strategische planvorming. Bij het formuleren van strategisch beleid staat integrale ketenbeheersing centraal, omdat de sector hiermee zowel de kwaliteit als de kosten in de gaten kan houden.

De discussie over strategisch beleid in de sector moet objectief gevoerd kunnen worden. Een geschikt hulpmiddel daarbij is een beleidsondersteunend systeem dat rekening houdt met alle aspecten in de keten. Op basis van een verzameling gegevens die door de verschillende geledingen van de sector is ingebracht, kan zo'n systeem een groot aantal alternatieve beleidsbeslissingen formuleren en doorrekenen. Die alternatieve beslissingen moeten vervolgens beoordeeld kunnen worden aan de hand van kwalitatieve en kwantitatieve kenmerken. De beslissing waar een beleidsmaker uiteindelijk voor kiest, wordt met behulp van het systeem een stuk helderder voor de overige betrokkenen in de keten. Zij krijgen immers meer inzicht in de afwegingen die bij die keuze een rol hebben gespeeld, en dat leidt tot een breder draagvlak voor het strategisch beleid van de champignonsector.

Aanpak

Logistieke ketens van activiteiten vormen de basis van de sectorbeschrijving. Omdat in eenzelfde keten meerdere condities kunnen optreden is dit verfijnd tot conditie-scenario's (CS). Een CS beschrijft alle schakels plus bijbehorende condities en verblijftijden in een keten van teler naar consument. Voorbeelden van condities zijn produktkwaliteit bij de oogst, temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en verpakkingsvorm. Een CS bevat alle gegevens die noodzakelijk zijn om prestatie kengetallen zoals doorlooptijd en resterende houdbaarheid te berekenen. Voor het berekenen van de prestatie kengetallen zijn modellen van het kwaliteitsverloop, het koelen en het verpakken van champignons gebruikt. De benodigde gegevens zijn verkregen door interviews en het raadplegen van vakpublicaties en jaarverslagen. Modellen en gegevens vormen samen met een gebruikersinterface de bouwstenen van een beleidsondersteunend systeem. Het geheel is geïmplementeerd op een PC. Het systeem maakt uitvoerig gebruik van een grafische gebruikersinterface en object oriëntatie.

Beschrijving AIDA/Mushroom

Het beleidsondersteunend systeem voor ketenbeheersing in de champignonsector heeft de naam AIDA/Mushroom gekregen wat staat voor ATO Intelligent Decision Assistant. Het bestaat uit de volgende twee deelsystemen:

- Ketenevaluatie;
- Sectorinrichting.

De ketens die handmatig of automatisch worden gegenereerd bij de ketenevaluatie vormen de basis voor de sectorinrichting. Omgekeerd geeft de uitkomst van de sectorinrichting aan of er behoefte is aan het genereren van meer of alternatieve ketens.

Het deelsysteem Ketenevaluatie is vergelijkbaar met soortgelijke door ATO-DLO ontwikkelde systemen voor afzetketens van appels, snijbloemen, potplanten en bloembollen (Wilkinson *et al*, 1994). Een keten of conditie-scenario wordt opgebouwd uit blokken die elk een schakel of een activiteit voorstellen. Elk blok bevat, afhankelijk van het type van het blok, alle noodzakelijke gegevens voor het berekenen van de prestatie kengetallen. Om de grote hoeveelheid handmatige invoer te verminderen beschikt AIDA over een bibliotheek van veel voorkomende blokken. Nadat een conditie-scenario is aangemaakt door de gebruiker wordt een aantal berekeningen uitgevoerd. Op basis van de tijdvensters en de minimale verblijftijd per blok wordt de doorlooptijd van het produkt in het CS geminimaliseerd. Daarna wordt de eindkwaliteit bepaald met behulp van een kwaliteitsverloopmodel. Dit model is gekoppeld met modellen over het koelgedrag en de invloed van de verpakking. De gebruiker kan middels expertregels de ontwikkelde modellen aanpassen of nog verder uitbreiden.

Het deelsysteem Sectorinrichting kijkt of de verschillende ketens elkaar onderling beïnvloeden. Voorbeelden hiervan zijn capaciteitsbeperkingen bij koelinstallaties en schaalvoordelen bij het gebruik van dezelfde faciliteit door meerdere ketens. De verschillende ketens concurreren met elkaar om een aandeel op de diverse deelmarkten en om produkt bij de telers. Het model is zo opgesteld dat de hele produktie aan markten wordt toegewezen. Het model neemt allerlei aspecten mee om een zo realistisch mogelijke inrichting te krijgen. Naast kwaliteit, kosten en gewenste grootteklasse wordt per markt gekeken naar de waardering hiervoor en naar het belang van die markt voor de sector. De beleidsmaker bepaalt de gewichten die aan al die aspecten worden toegekend. Verschillende beleidsmakers zullen daarom tot andere sectorinrichtingen komen omdat ze andere prioriteiten hechten aan kwaliteit, kosten of marktaandeel. Dit geeft inzicht bij de discussies met belanghebbenden over de sectorinrichting. Uit de voorgestelde sectorinrichting valt af te leiden welke teler of groep van telers goed aan welke markt zou kunnen leveren. Dit is een basis voor een tactische planning van een van de deelnemers van de sector.

Analyse

Met AIDA/Mushroom zijn enkele gebruikstesten uitgevoerd om de modellen in het systeem te valideren. Daarnaast is een demonstratieversie gebouwd om het systeem aan de partijen in de sector voor te stellen. Dit voorstellen is het afgelopen jaar uitgebreid gebeurd.

In de eerste test is gekeken naar de inzet van koeltechnologie in de sector. Uit de evaluaties van ketens met conventionele koelinstallaties blijkt dat het kwaliteitsverlies tijdens het afkoelen van het produkt behoorlijk groot is. Het afkoelen verlengt de totale doorlooptijd omdat het afkoelen niet wordt gecombineerd met transport.

Het is technologisch niet haalbaar om zware koelmachines te installeren in vrachtwagens. De alternatieven zijn:

- koelprocessen met een kortere afkoeltijd, zoals vacuümketels;
- installeren van koelcapaciteit bij de telers zodat eerder begonnen wordt met koelen;
- het reduceren van de totale doorlooptijd door het verbeteren van de afstemming in de keten.

Uit de test kwam geen eenduidige keuze voor een alternatief naar voren. Aan elk van de drie alternatieven hangen voor- en nadelen. Vacuümketels zijn snel maar zorgen onder andere voor gewichtsverlies. De hierbij horende hoge investeringen zijn alleen verantwoord als men met het produkt verre markten wil beleveren waar een goede prijs wordt betaald. Installeren van koelcapaciteit bij telers is pas interessant voor grote partijen of indien meerdere telers in een gebied hiertoe overgaan. Op die wijze kunnen de extra investeringen worden terugverdiend door een hoger marktaandeel of een betere prijs. Met het verbeteren van de afstemming lijkt in ketens die over de veiling lopen de doorlooptijd met een halve dag te verminderen. Het loslaten van de vaste veiltijd of maatregelen als "bestellen en uitdrukken" hebben al een positief effect. De veiling fungeert voor de industrie als bron om hun contracten van dag tot dag aan te vullen. De veilingklok is belangrijk als prijsvormingsinstrument. Ondanks het verminderde marktaandeel van de veilingklok richten contracttelers zich naast de kostprijs ook op de veilingprijzen. Uit een oogpunt van flexibiliteit en marktwerking zullen bepaalde afzetketens langere doorlooptijden moeten accepteren. Deze ketens zijn echter niet zo geschikt om nieuwe, verre markten te bedienen.

Conclusies en perspectieven

Met AIDA/Mushroom is het goed mogelijk om afzetketens van champignons te evalueren en alternatieve, consistente sectorinrichtingen op te stellen. Het is een objectief en inzichtelijk hulpmiddel bij de discussies tijdens de strategische planvorming. Het gemak waarmee de verzameling basisgegevens over de sector kunnen worden verzameld en onderhouden, bepaalt de uiteindelijke bruikbaarheid in de praktijk. De acceptatie van een kwantitatief hulpmiddel bij de strategische planning bepaalt de daadwerkelijke inzet van AIDA in de toekomst.

Behalve voor strategische planning kan AIDA ook ingezet worden bij het beoordelen van de concurrentiepositie van de Nederlandse champignonsector ten opzichte van onze buurlanden. Bij de analyse van de verschillende afzetketens kan blijken dat op een bepaald gebied meer kennis of technologie noodzakelijk is om een bepaalde doelstelling te bereiken. AIDA helpt in zulke gevallen bij de sturing van het onderzoek.

Referenties

Wilkinson, E.C., J.J. Polderdijk, M. Sloof en R.M. Lokers [1994], "Q-BULB", Agro-informaticareeks nr. 8, p35-42.

**ONDERZOEK NAAR FACTOREN DIE BEPALEND ZIJN VOOR DE
VERWERKINGSVERLIEZEN VAN CHAMPIGNONS**

Projectnummer	: 3.06.01
Projecttitel	: Onderzoek naar factoren die bepalend zijn voor de verwerkingsverliezen van champignons
Projectleider	: E.P.H.M. Schijvens
Overige medewerkers	: J. Ruisch W. van Deelen
Totale inspanning	: 4 mensjaar
Verslagperiode	: 01-01-1990 t/m 31-12-1993

Probleemstelling

Bij de verwerking van champignons tot volconserven, treedt een gewichtsverlies op van 30 tot 40%. Voor een dure grondstof, zoals champignon, betekent elke % minder verlies een aanzienlijke reductie in de proceskosten. Dit verlies is afhankelijk van de grondstof en procesfactoren. Veel onderzoek is gedaan om de invloed van deze factoren op het gewichtsverlies te kunnen beheersen. Relatief weinig onderzoek is gedaan om beter te begrijpen op welke wijze deze factoren het gewichtsverlies beïnvloeden.

Doelstelling

Kennis verkrijgen over wijze waarop de eigenschappen van de champignon en omstandigheden van het verwerkingsproces effect hebben op het gewichtsverlies dat optreedt.

Deze kennis is er op gericht om te komen tot:

- Optimalisatie van het verwerkingsproces,
- Parameters voor de selectie van de juiste grondstof en daarmee samenhangend de keuze van teeltomstandigheden en rassen die minder gewichtsverlies bij de verwerking geven,
- Mogelijkheden voor nieuwe champignonprodukten.

Resultaten

Champignonweefsel

- Om de slink tengevolge van verhitting beter te begrijpen is op cellulair niveau, vers en verwerkt champignonweefsel met behulp van Cryo-SEM vergeleken. De resultaten daarvan zijn weergegeven in Fig. 1a en b. Het weefsel van een verse champignon (Fig. 1a) bestaat uit langwerpige gevormde cellen met grote tussenruimten. Deze foto geeft ook een goed beeld van het poreuze karakter van het champignonweefsel. Het weefsel van een verwerkte champignon (Fig. 1b) is veel compakter. De cellen zijn onder invloed van de hittebehandeling een stuk korter geworden. Bovendien zijn de ruimten tussen de cellen kleiner geworden. De cellen in het verse weefsel (Fig. 1a) staan zichtbaar onder druk. De stevigheid van het verse weefsel is dan ook voor een groot deel afhankelijk van deze druk (turgor) in deze cellen. Wanneer de cellen gaan lekken,

verliest het weefsel stevigheid en zal het inzakken. Deze cellen gaan lekken wanneer de membranen van de cellen kapot gaan. Dit gebeurt onder invloed van hitte, koude of chemicaliën zoals alcohol. Slink van champignons treedt dan ook op bij verhitten, diepvriezen of behandeling met alcohol.

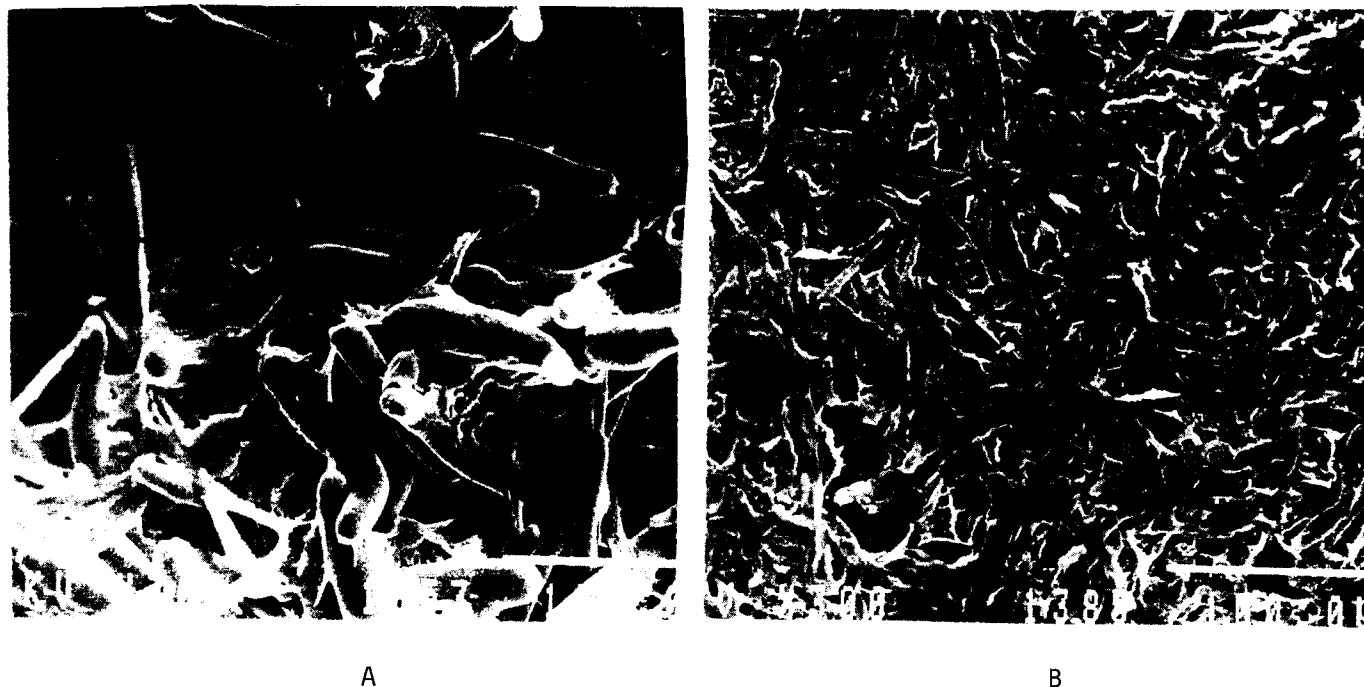


Fig. 1 Opname van de binnenkant van de hoed van een verse (a) en een gesteriliseerde champignon (b) (Scanning Electronenmicroscop, TFDL-DLO).

- Het weefsel van een champignon blijkt niet uniform in dichtheid en in slinkgedrag te zijn. Het weefsel aan de buitenkant van de hoed (G en H in Fig. 2) heeft een lage dichtheid ($\approx 0,5$ kg/l) en slinkt nauwelijks in volume en wordt zelfs zwaarder bij het koken (+30%). Het centrum van de champignon (J in Fig. 2) heeft de grootste dichtheid ($\approx 0,75$ kg/l) en slinkt het meest (-40% in gewicht).

Fysisch chemische eigenschappen

Het rendement bij de verwerking van champignons tot conserven kan sterk variëren (60-80%) met de grondstof. Factoren die daarbij een rol spelen zijn ras, teelt, vluchtnummer en bewaaromstandigheden na de oogst. Onderzocht is welke fysische en chemische eigenschappen van de grondstof relevant zijn voor het verwerkingsrendement. In Fig. 3 is het verband weergegeven tussen de het verwerkingsrendement voorspeld met een aantal fysische en chemische eigenschappen en het werkelijke verwerkingsrendement. Deze fysische en chemische eigenschappen zijn: het drogestofgehalte, weefsel dichtheid, hoeveelheid celwandmateriaal, ionengehalte en de concentratie oplosbare drogestof. Deze eigenschappen bepalen voor 82% de variatie in het verwerkingsrendement.

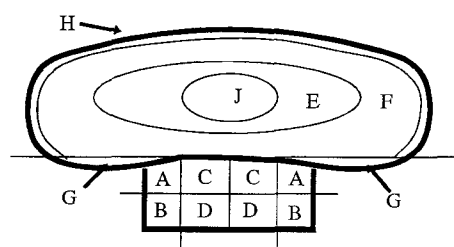


Fig. 2 Weefselverdeling van een champignon, zoals onderzocht op slinkeigenschappen

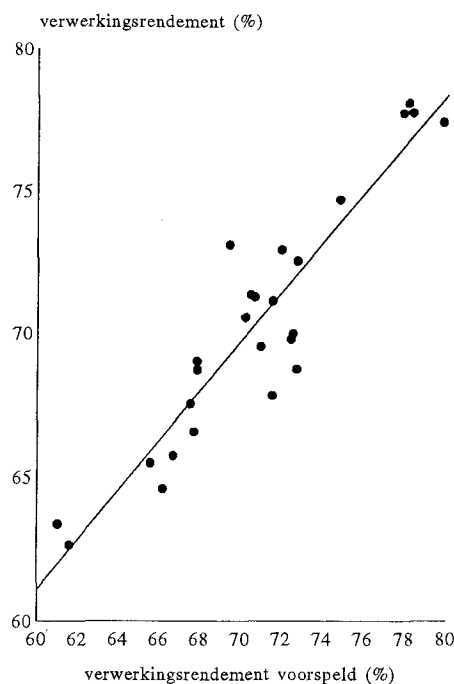


Fig. 3 De relatie tussen het gemeten en het voorspelde verwerkingsrendement.

Procestechnologie

- Het verwerkingsproces van champignons tot gesteriliseerd produkt is stap voor stap, doorgelicht, waarbij ook rekening is gehouden met de interacties tussen de stappen. De effecten van de afzonderlijke stappen zijn samengevat in Tabel 1.

Echter een verwerkingsproces is een aaneenschakeling van processtappen. Daarom heeft elke variant gevolgen voor het effect van de daaropvolgende stappen. Interacties tussen processtappen zijn daarom zeker zo belangrijk voor het eindproduct als het effect van de afzonderlijke stappen.

Interessante interacties tussen processtappen zijn:

evacueren en blancheertijd: Bij niet geëvacueerde champignons heeft het 15 minuten blancheren een positief effect op het gewichtsrendement ten opzichte van 5 minuten blancheren. Bij geëvacueerde champignons is er geen significant effect van de blancheerduur geconstateerd.

Tabel 1. Processtappen in de verwerking van champignons en het effect dat deze hebben op het verwerkingsrendement.

Processtap	niveau's		verschil in rendement(%)
Evacueren	wel	- niet	4.2
Procesvloeistof	0,1% citrzuur-	water	n.s.
Blancheren	wel	- niet	7.6
Blancheertijd	15	- 5 min	1.0
Koelen	wel	- niet	0.7
Snijden	wel	- niet	-1.3
Opgiet	water	- 1% NaCl%	4.2

Snijden en opgiets: Wanneer zout aan de opgiets van champignon conserven wordt toegevoegd heeft dat een negatief effect op het gewichtsrendement van champignons, zoals te zien is in Tabel 1. Dit effect is bij gesneden champignons veel groter (5.2%) dan bij hele champignons (3.2%). De wisselwerking van het zout zal bij de gesneden champignons, met een groter oppervlak sterker zijn dan bij de hele champignons.

- *Blancheren in de verpakking.*

Het niet blancheren van champignons heeft een positief effect van 7.6%. Dit effect wordt benaderd wanneer champignons worden geblancheerd in de "verpakking", zoals is weergegeven in Fig. 4. De verpakkingseenheid waar de champignons in moeten, wordt omgeven door een cylinder. Verpakkingseenheid plus cylinder staan in een blancheur. Na het blancheren worden verpakkingseenheid en cylinder uit de blancheur gehaald en zakken de champignons met het water in de verpakkingseenheid. Dit procedé heeft een verhoging van het verwerkingsrendement tot gevolg die varieert van 5% voor hele champignons tot 2% voor gesneden (gesneden voor het evacueren) champignons. Doordat de champignons niet uit het blancheerwater komen hebben ze nauwelijks een mechanische handeling ondergaan.

Voorverpakt blancheren

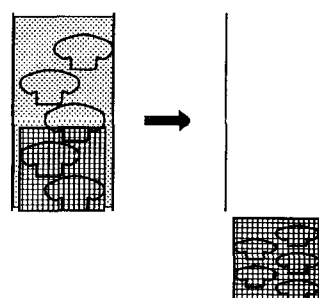


Fig. 4 Werkwijze bij het blancheren in de verpakking

- *Effect van blancheertijd op het rendement*

In Tabel 1 is te zien dat 15 minuten blancheren een hoger gewichtsrendement geeft dan wanneer 5 minuten is geblancheerd. Dit resultaat is tegengesteld aan de verwachtingen. Daarom zijn aanvullende experimenten uitgevoerd. Champignons al dan niet geëvacueerd, zijn gedurende verschillende tijden geblancheerd en daarna gesteriliseerd. De resultaten zijn weergegeven in Fig. 5. Ook uit deze experimenten blijkt dat 15 minuten blancheren een hoger rendement oplevert dan 5 minuten blancheren. Het effect is bij niet geëvacueerde champignons groter te zijn dan bij geëvacueerde. Bovendien blijkt uit Fig. 5 dat het effect niet alleen optreedt bij 15 minuten blancheren maar dat het een algemene tendens is. Langer blancheren heeft een hoger gewichtsrendement na steriliseren tot gevolg. Dit resultaat is des te verwonderlijker omdat het gewichtsrendement na blancheren wel afneemt met toenemende blancheertijd. Bovendien is het ook opmerkelijk dat het positieve effect van evacueren niet tot uiting komt bij het blancheerrendement, maar pas na het steriliseren. Bij korte tijden blancheren tot 10 minuten is dat nog wel het geval. Bij langere blancheertijden is er weinig verschil tussen het blancheerrendement van de wel en niet geëvacueerde champignons.

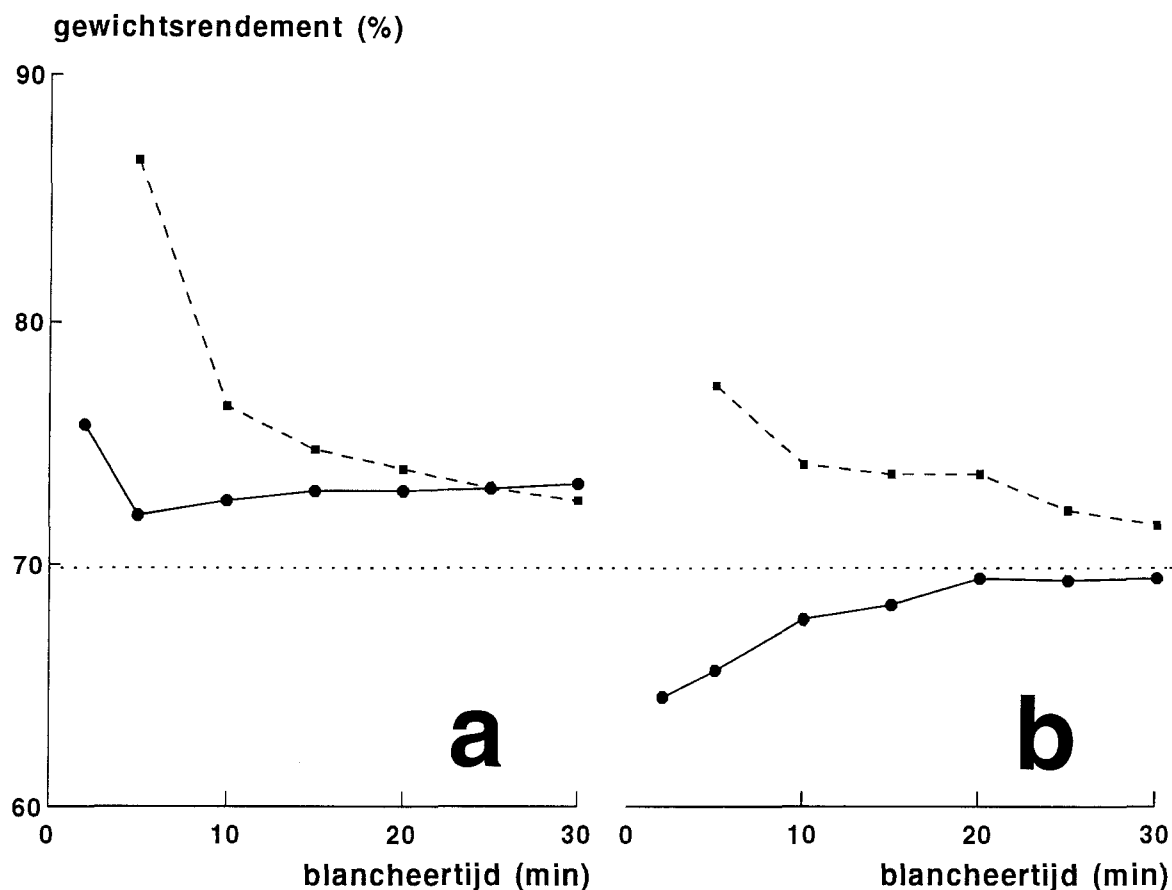


Fig. 5 Het blancheer(---) en verwerkingsrendement (—) van geëvacueerde (a) en niet geëvacueerde champignons in functie van de blancheertijd.

Conclusies/perspectieven

Chemische en fysische eigenschappen:

- Er zijn een aantal chemische en fysische eigenschappen geselecteerd waarmee de variatie in het verwerkingsrendement voor 82% kan worden voorspeld. De metingen zijn te arbeidsintensief en te tijdrovend om te gebruiken als grondstofcontrole bij een verwerkingsbedrijf. Wel is het een basis voor vervolgonderzoek naar een snelle voorspellingsmethode. De kennis van deze relevante eigenschappen kan gebruikt worden voor onderzoek naar rassen het teeltomstandigheden waarbij het rendement een selectie criterium is.

Procestechnologie:

- Het blancheren in de verpakking is een optimalisatie van het verwerkingsproces, dat perspectief biedt op een verhoging van het verwerkingsrendement van 2-5%. Voor de praktische uitvoering van het blancheren in de verpakking is echter een aanzienlijke aanpassing van het proces nodig.
- De resultaten van het onderzoek naar het effect van de blancheertijd is niet direct toepasbaar. Langer blancheren vanwege het rendement zou een grote kwaliteitsachteruitgang van geconserveerde champignons tot gevolg hebben. Een nader onderzoek naar het verschijnsel dat een langere blancheertijd een hoger verwerkingsrendement oplevert, geeft de mogelijkheid een verklaring te vinden voor dit effect. Met dergelijke kennis kan wellicht het positieve effect op het rendement worden gecombineerd met kwaliteitsbehoud.

**PRODUKTONTWIKKELING TER VERGROTING VAN DE AFZET
VAN CHAMPIGNONS**

Projectnummer	: 4.02.01
Projecttitel	: Produktontwikkeling ter vergroting van de afzet van champignons
Projectleider	: P.V. Bartels
Overige medewerkers	: J.B. Weitkamp, G. van Laarhoven
Totale inspanning	: 1 mensjaar per jaar
Verslagperiode	: 01-01-1990 t/m 31-12-1993

Probleemstelling

De consument of grootverbruiker past bij de bereiding naast verse champignons ook geblancheerde of gesteriliseerde champignons toe. Deze bewerkingen geven slechts een geringe toegevoegde waarde en de concurrentie op deze markt is groot. Een verbreding van het assortiment aan champignonprodukten ter verhoging van de afzet en verhoging van de toegevoegde waarde leidt tot een hogere rentabiliteit voor telers en verwerkers.

Doelstelling

Toepassing van verwerkingstechnieken, zoals binden, drogen, frituren, coaten of invriezen om nieuwe verwerkingsprocessen vast te stellen voor nieuwe lekkere champignonprodukten met behoud van de karakteristieke eigenschappen, die de consument thuis of in de horeca kan eten. Hiervoor moeten de produkten tevens langer houdbaar zijn.

Resultaten

Het onderzoek heeft zich gericht op alle processtappen van de verwerking van champignons in relatie tot de produkteigenschappen zoals deze door de gebruiker worden ervaren. Het onderzoek heeft zich echter vooral geconcentreerd op de invloed van de blancheer- en evacueervloeistof en de wijze van invriezen op de produktkwaliteit. Gelet is op de textuur (met name de taatheid) en verder de kleur en het slinken van de champignons bij de verwerking en de bereiding.

Bij de bereiding van snacks komen de volgende belangrijke processtappen voor, waarbij onderzoek is verricht ter optimalisatie:

*** Bewaring**

De produkten moeten zo snel mogelijk verwerkt worden. Een 5 dagen bewaarde champignon is significant taaier en minder stevig.

*** Evacueren**

Bij het evacueren zijn verscheidene verdikkingsmiddelen effectief gebleken, naast zetmeel- en xanthaanoplossingen in het bijzonder calciumalginaatoplossingen. Hierbij is een gewichtsvermeerdering na blancheren zelfs mogelijk in vergelijking tot het vers produkt.

*** Koelen**

Koelen na het evacueren heeft geen effect op de taaiheid. De champignons krijgen door het koelen wel een grauwer uiterlijk. Het rendement wordt bij alginaatprodukten met 7.5% verbeterd door koelen.

*** Blancheren**

Toevoegen van zout aan het blancheewater geeft tot een concentratie tot 2% een taaier produkt na ontdooien. Bij hogere concentraties wordt het eindprodukt weer minder taai. Gewichtsafname en verandering van grootte zijn minimaal (21%) bij 5% zout. Bij hogere concentraties vindt een osmotisch droogeffekt plaats. De smaak wordt niet nadelig beïnvloed tot een concentratie van 5% zout in het blancheewater.

Door het toevoegen van 0.1% citroenzuur aan het blancheewater ontstaat een minder taai eindprodukt.

*** Drogen**

Het drogen van champignons kan als een voorbehandeling voor het frituren geschieden of om tot een langer houdbaar eindprodukt te komen.

Als voorbehandeling is osmotisch drogen bij een temperatuur van 70°C effectief gebleken. In het bijzonder het gebruik van oplossingen van meervoudige suikers geeft een ingedroogd produkt dat niet te zoet is, maar wel geschikt is voor frituren of bakken op zodanige wijze dat een laag vetgehalte mogelijk wordt na frituren onder vacuum.

Daarnaast blijkt het hete lucht drogen met een behandeling van meel een goed wit produkt te geven. Verder is het drogen met microgolven, eventueel voorafgegaan door osmotisch drogen, effectief om een tussenprodukt voor het frituren te krijgen, zodanig dat een laag vetgehalte in het eindprodukt mogelijk is.

De gedroogde champignonplakjes zijn een interessant produkt om direkt toe te passen bij het bakken door de eindgebruiker.

De verschillende methoden van drogen en frituren leveren als produkt chips op, die uit de hand gegeten kunnen worden.

*** Korstvorming**

Met behulp van meelbeslag(batteren) en paneermeel kan na frituren een krokante korst worden gevormd. Door toepassing van verdikkingsmiddelen in de evacuatie-vloeistof slinkt de champignon in geringe mate, waardoor de korst ook na het frituren dicht tegen de champignon aanligt.

*** Voorfrituren**

De voorgedroogde en/of van een korst voorziene produkten worden eventueel voorgefrituurd om voor andere bereidingswijzen, zoals bakken, geschikt te zijn.

*** Diepvriezen**

Onderzoek is verricht naar de snelheid van invriezen. Schijfjes champignon van 10 mm dik kunnen in 6 minuten bevroren worden in convectie-lucht van -35°C. De snelheid van invriezen blijkt geen effect te hebben op de taaiheid.

Met behulp van de bovenstaande receptuur is mogelijk om champignonsnacks te maken met een vetgehalte van ongeveer 30% na het frituren door de consument. Dit verhoudt zich gunstig ten opzichte van het vetgehalte van bijv. gefrituurde uien, en ligt in dezelfde grootte-orde als het vetgehalte van bijv. frites.

Conclusies

Er zijn verschillende soorten verwerkingstechnieken ontwikkeld, die een produkt opleveren dat goed houdbaar is en lekker smaakt.

Ontwikkelde technieken met produkten zijn:

- Gedroogde gesneden champignons (hete lucht met bemeling)
- (osmotisch) gedroogde champignonschijfjes, die gefrituurd zijn: de champignonchip
- gebatterde enkelvoudige snacks voor de frituur
 - * kleine hele champignons in een jasje
 - * gesneden champignons in een jasje
 - * gevormd champignonmateriaal in een jasje
- samengestelde snacks met of zonder coating
 - * puur champignons (chamburger)
 - * met andere groenten zoals ui, aardappel of paprika

Met de ontwikkelde technieken is het mogelijk om deze produkten niet taai te laten worden bij het invriezen en bij de verwerking een hoog materiaal rendement te halen.

Perspectieven

De produkten worden als smakelijk ervaren en de toepasbaarheid is groot. Enkele verwerkers en snackfabrikanten hebben belangstelling getoond. Overleg is gaande met enkele grote bedrijven op het gebied van snacks en diepvriesprodukten over deze snacks. Hierbij vormen deze snacks een deel van een pakket van mogelijkheden die ATO ook buiten dit programma heeft ontwikkeld zoals fruitcrisps en "intermediate dried" groenten.