



Monitoring en voorspelling van kwaliteit van verse champignons

GreenCHAINge DP4 Champignons

Manon Mensink, Eric Boer, Esther Hogeveen

Monitoring en voorspelling van kwaliteit van verse champignons

GreenCHAINge DP4 Champignons

Auteurs: Manon Mensink, Eric Boer, Esther Hogeveen

Instituut: Wageningen Food & Biobased Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food & Biobased Research in opdracht van Stichting TKI Tuinbouw en gefinancierd door Stichting TKI Tuinbouw, CNC en met in kind bijdrage van Banken Champignons, in het kader van TU1406-031 Duurzame G&F ketens (GreenCHAINge G&F) (projectnummer BO-29.03-001-010).

Wageningen Food & Biobased Research
Wageningen, juni 2019

Openbaar

Rapport 1953

Versie: definitief

Reviewer: Eelke Westra

Goedgekeurd door: Nicole Koenderink

Opdrachtgever: Stichting TKI Tuinbouw

Financier: Stichting TKI Tuinbouw, CNC en met in kind bijdrage van Banken Champignons

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/503213> of op www.wur.nl/wfbr (onder publicaties).

© 2019 Wageningen Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research.

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen Food & Biobased Research is het niet toegestaan:

- a. dit door Wageningen Food & Biobased Research uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;
- b. dit door Wageningen Food & Biobased Research uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of Wageningen Food & Biobased Research, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;
- c. de naam van Wageningen Food & Biobased Research te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.

Postbus 17, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 00 84, E info.wfbr@wur.nl, www.wur.nl/wfbr.

Wageningen Food & Biobased Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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.

Inhoud

| | |
|--|-----------|
| Inhoud | 3 |
| Woord vooraf | 5 |
| Samenvatting | 6 |
| 1 Inleiding | 8 |
| 1.1 Doelstelling | 8 |
| 1.2 Opzet van het onderzoek | 9 |
| 2 Champignonkwaliteit in de keten | 11 |
| 2.1 Kwaliteitsindicatoren | 11 |
| 2.2 Selectie kwaliteitsparameters voor onderzoek | 12 |
| 2.3 Redenen voor afkeur | 12 |
| 2.4 Factoren die de kwaliteit beïnvloeden | 13 |
| 2.4.1 In het algemeen | 14 |
| 2.4.2 Startmateriaal | 14 |
| 2.4.3 Teeltcondities | 16 |
| 2.4.4 Teeltcyclus | 16 |
| 2.4.5 Biotische factoren | 16 |
| 2.4.6 Abiotische factoren | 16 |
| 2.4.7 Oogst en verpakking | 17 |
| 2.4.8 Afzetketen | 17 |
| 3 Materiaal & Methoden | 18 |
| 3.1 Kleurmeting | 18 |
| 3.1.1 Introductie kleur als kwaliteitskenmerk | 18 |
| 3.1.2 Kleurmeting met beeldanalyse | 18 |
| 3.1.3 Uitvoering kleurmeting | 19 |
| 3.1.4 Analyse kleurmeting | 20 |
| 3.2 Stevigheid | 21 |
| 3.2.1 Introductie stevigheidsmetingen | 21 |
| 3.2.2 Uitvoering stevigheidsmetingen | 21 |
| 3.3 Hoedopening | 22 |
| 3.3.1 Introductie hoedopening | 22 |
| 3.3.2 Uitvoering beoordeling hoedopening | 22 |
| 3.4 Gehalte droge stof en dichtheid | 23 |
| 3.4.1 Introductie bepaling droge stof gehalte en dichtheidsmetingen | 23 |
| 3.4.2 Uitvoering bepaling droge stof gehalte en dichtheidsmetingen | 23 |
| 3.5 Ademhaling: zuurstofopname | 25 |
| 3.5.1 Achtergrond ademhaling | 25 |
| 3.5.2 Uitvoering meting zuurstofopname | 25 |
| 3.6 Opzet van de deelonderzoeken | 26 |
| 3.6.1 A. Monitoring 2017 | 26 |
| 3.6.2 B. Afgekeurde partijen | 27 |
| 3.6.3 C. Volgen van een teelt | 27 |
| 3.7 Overzicht kwaliteitsmetingen per onderzoek | 30 |
| 3.8 Statistische verwerking | 30 |
| 4 Resultaten monitoring kwaliteit (A) | 32 |
| 4.1 Algemene resultaten van de kwaliteitsmetingen aan verse en bewaarde partijen | 32 |

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| 4.1.1 | Invloed van teler en vlucht op kwaliteit van verse en bewaarde champignons | 32 |
| 4.1.2 | Invloed van seizoen/perioden in het jaar op de kwaliteit | 35 |
| 4.1.3 | Invloed van plukdag | 37 |
| 4.2 | Verbanden tussen kwaliteitsparameters | 38 |
| 4.3 | Voorspellende waarde voor de houdbaarheid | 39 |
| 4.4 | Conclusie monitoring kwaliteit | 41 |
| 5 | Resultaten afgekeurde partijen (B) | 43 |
| 5.1 | Algemene resultaten | 43 |
| 5.2 | Toepassen van kleurgrenzen | 45 |
| 5.3 | Vergelijk kleuranalysemethoden | 46 |
| 5.4 | Conclusie afgekeurde partijen | 47 |
| 6 | Resultaten volgen van een teelt (C) | 49 |
| 6.1 | Opbrengst van de teeltproeven | 49 |
| 6.2 | Kwaliteitsverschillen tussen plukdagen en vluchten | 50 |
| 6.3 | Invloed van plaats in de kweekcel op de kwaliteitsparameters | 52 |
| 6.4 | Voorspelling van houdbaarheid | 54 |
| 6.5 | Conclusie volgen van een teelt | 55 |
| 7 | Analyse opbrengst/teelt/kwaliteit | 57 |
| 7.1 | Introductie | 57 |
| 7.2 | Algemeen opbrengsten in de praktijk | 57 |
| 7.3 | Relaties tussen opbrengst/compostfactoren in de praktijk | 59 |
| 7.4 | Relatie kwaliteitsmonitoring met compost- en opbrengstfactoren | 65 |
| 7.5 | Conclusie | 65 |
| 8 | Algemene conclusie en discussie | 66 |
| 8.1 | Algemeen | 66 |
| 8.2 | Toepassing in praktijk | 67 |
| 8.3 | Aanbevelingen vervolgonderzoek | 68 |
| Literatuur | | 69 |
| Bijlage 1 | Vragenlijst kennisinventarisatie | 70 |
| Bijlage 2 | Aanvulling monitoring 2017 (A) | 71 |
| Bijlage 3 | Aanvulling volgen teelt (C) | 76 |
| Bijlage 4 | Relaties opbrengst-, compost- en kwaliteitsgegevens van gemonitorde partijen | 79 |
| Bijlage 5 | Overzicht figuren | 82 |
| Bijlage 6 | Overzicht tabellen | 84 |

Woord vooraf

Dit rapport volgt na 4 jaar onderzoek naar kwaliteit van champignons in de keten binnen GreenCHAINge G&F. De resultaten van het onderzoek dragen onder andere bij aan bewustwording van variatie in kwaliteit van champignons in de keten en welke factoren hier het meest aan gerelateerd zijn. Ook zorgt het voor nieuwe methoden om kwaliteit te meten en kwaliteit te voorspellen.

We danken alle betrokken medewerkers van partners CNC (Caroline van der Horst, Pieter Vervoort, Ana Ribeiro) en Banken Champignons (Julian van Heumen, Geert van Lieshout) voor hun ondersteuning en feedback tijdens bijeenkomsten, interviews en bij het uitvoeren van de experimenten. Speciale dank gaat uit naar de twee telers die actief meegedaan hebben aan het kwaliteitsmonitoringsonderzoek en de teler waar alle plukdagen van twee teelten bemonsterd zijn. Ook willen we graag One Way Koerier bedanken die wekelijks met zorg de champignons gekoeld naar Wageningen vervoerd heeft. Zonder de wil en aandacht van deze mensen was het niet mogelijk geweest om goed onderzoek uit te voeren.

Gedurende de jaren hebben vele collega's in grotere of kleinere mate bijgedragen aan de verschillende experimenten, zowel onderzoekers als enkele studenten. Bedankt allen voor jullie inzet! Speciale dank gaat uit naar de inmiddels gepensioneerde collega Harmannus Harkema die intens betrokken is geweest bij de opzet en ontwikkeling van de meetmethoden en de uitvoering van het eerste half jaar van de metingen aan de champignons uit het monitoringsonderzoek.

Esther Hogeveen (projectleider)
Manon Mensink en Eric Boer
Wageningen, juni 2019

Samenvatting

Gedurende vier jaar is binnen het deelproject GreenCHAINge Champignons onderzoek gedaan naar kwaliteit van champignons. Een van de doelen is om opheldering te verschaffen over de vraag welke invloed de compostsamenstelling heeft op kwaliteitsverlies van champignons in de keten. Een ander doel is, via ketenmonitoring, meer grip te krijgen op onregelmatige oogstkwaliteit en dat in relatie te brengen met de daaropvolgende ketenprestatie. Dit inzicht is nodig om de verstrengeling tussen teeltvariabelen, compostkwaliteit en naoogstcondities te ontrafelen. Alleen door meer inzicht in de huidige versketen-prestatie kan de haalbaarheid en waarde van nieuwe, op kwaliteit gerichte, compostconcepten vastgesteld worden.

Middels interviews in de praktijk is de kwaliteitsperceptie van champignons in kaart gebracht en de factoren die van invloed geacht worden. Vervolgens is onderzoek uitgevoerd om relaties tussen factoren in beeld te brengen:

- Een jaar lang uitgebreide monitoring van kwaliteit van champignons, direct na oogst en na een week bewaring, op een gestandaardiseerde wijze.
- Monitoring van kwaliteit van champignons gedurende 2 gehele teelten, waarbij op verschillende vaste plaatsen in de cel elke plukdag kwaliteit bepaald is, direct na oogst en na bewaring.
- Analyse van compost en opbrengstgegevens van telers, gekoppeld aan kwaliteitsmetingen.

Belangrijkste resultaten van het onderzoek zijn:

- Het merendeel van klachten over champignonkwaliteit in de praktijk heeft met kleur of verkleuring te maken: bruin, vlekken, grijs. Een nieuwe ontwikkelde meetmethode voor bepaling van witheid van het wit en het percentage verkleurd oppervlak biedt kansen voor gebruik in de praktijk om objectief en gestandaardiseerd uitgangskwaliteit vast te leggen.
- Een week bewaring bij 2°C of 6°C resulteert in sterke achteruitgang van stevigheid en witheid van het wit en een groter verkleurd oppervlak. Deze effecten van ketencondities zijn vaak sterker dan voor-oogstfactoren (teler, compost, vlucht, plukdag, weer). Dit bevestigt het belang van goed koelen en monitoren van condities in de keten.
- Diverse relaties tussen teler, vlucht, plukdag, periode in het jaar en variatie binnen een cel, met de kwaliteit van champignons (met name kleur en stevigheid), zijn inzichtelijk gemaakt op basis van het monitoringsonderzoek en het volgen van een gehele teelt:
 - Gemiddeld genomen over een jaar, verschillen de gemonitorde telers niet in geleverde kwaliteit.
 - Tussen vluchten worden verschillen in kwaliteit gemeten, deze hebben waarschijnlijk ook te maken hebben met verschillen tussen plukdagen.
 - Het verschil tussen kwaliteit van champignons van verschillende plukdagen en vlucht blijkt groter dan de variatie tussen de bedden en binnen een bed.
 - In het voor- en najaar waren er incidenteel partijen met meer verkleuring; dit is in lijn met de verwachting in de praktijk dat er in die perioden meer problemen met kwaliteit zijn.
- Het is mogelijk om partijen verse champignons te onderscheiden op de verwachte kwaliteit na bewaring (verkleurd oppervlak, diameter, hoedopening) met behulp van kleurmeting na de oogst, gecombineerd met gegevens van plukdag en vlucht. Dit gaat het best als er gewerkt wordt met champignons van hetzelfde bed. Worden partijen gebruikt afkomstig van verschillende teelten of locaties dan wordt de voorspelling minder goed. Meer begrip van en controle over de variatie tussen teelten is nodig om op deze manier in de praktijk partijen te kunnen onderscheiden op verwachte houdbaarheid.
- Er is een relatie gevonden tussen aantal dagen myceliumgroei en opbrengst (hoe langer het is doorgegroeid, hoe hoger de opbrengst) en in beperkte mate tussen het vochtgehalte van de compost en opbrengst, gebaseerd op praktijkgegevens van een grotere groep telers, gemonitord gedurende 4 jaren door CNC.
- Er is geen verband gevonden tussen de kwaliteit van de champignons gemeten tijdens de monitoringsonderzoek en koppeling aan data van desbetreffende compost en de opbrengst.

De resultaten wijzen in de richting dat binnen de gangbare specificaties van de geleverde compost er geen sterke invloed op kwaliteit is. Bij ontwikkeling van nieuwe kwaliteitsgericht compostconcepten is het belangrijk om experimenteel onderzoek en gerichte interventies uit te voeren, waarin de factoren systematisch gevarieerd worden, om mogelijke effecten op kwaliteit te toetsen, alsmede opbrengst.

Bovenstaande resultaten geven meer inzicht in de ketenprestaties van champignons. Het biedt handvatten voor de verschillende partijen in de keten (telers, handel, retail en toeleveranciers) om samen meer grip te hebben op het leveren en behouden van goede kwaliteit van champignons.

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft resultaten van het onderzoek gedurende periode 2015-2018 binnen het project GreenCHAINge: Deelproject 4 Champignon(vers)keten. GreenCHAINge is een publiek-private samenwerking gefinancierd vanuit Stichting TKI Tuinbouw en een consortium van partijen dat actief is in de groenten- & fruitsector: telers, handel en toeleveranciers. Het project is gericht op het beheersen van productkwaliteit in versketens. Eén van die ketens, is de keten van Nederlandse verse champignons. Betrokken partners in dit deelproject zijn CNC Grondstoffen en Banken Champignons.

Kwaliteit is een complex begrip. Kwaliteit van tuinbouwproducten kan worden gezien als een profiel met verschillende kenmerken dat moet voldoen aan de verwachting van de klant of de consument. Kwaliteit bij champignons is een combinatie van uiterlijk, versheid, kleur, maat, ontwikkelingsstadium, stevigheid, afwezigheid van microbiële aantasting of beschadigingen. Witte champignons van hoge kwaliteit zijn vers, wit, smetteloos, stevig, schoon en hebben een gesloten hoed (Gaston, 2010). Factoren die bijdragen aan het kwaliteitsverlies na de oogst zijn verkleuring, rijping, gewichtsverlies en textuurveranderingen (Burton and Noble, 1993).

Het produceren, distribueren en verkopen van een voorspelbare, consistente, goede kwaliteit van witte champignons (*Agaricus bisporus*) is niet altijd te garanderen. Champignons hebben een korte houdbaarheid in vergelijking met veel groenten. De houdbaarheid is 1 tot 3 dagen bij kamertemperatuur en 5 tot 10 dagen wanneer gekoeld. Veroudering en rijping zorgen, samen met microbiële aantasting en beschadigingen, voor een achteruitgang van de kwaliteit in de na-oogst fase (Gaston, 2010).

Uit eerder onderzoek bij Wageningen Food & Biobased Research (WFBR) en uit shelf life-testen in de praktijk, blijkt dat ondanks vrij optimale procedures op het gebied van pluk, handling, koeling, logistiek en verpakking, de kwaliteit in het winkelschap niet altijd hetzelfde is. Uit marktonderzoek van het Productschap Tuinbouw in 2012 blijkt zelfs dat een kwart van de consumenten champignons wel eens in de winkel laat liggen vanwege kwaliteit, met name verkleuring en slechte plekken (Borgdorff, 2012). Dit wordt in de praktijk ook vaak geweten aan "onvoldoende oogstkwaliteit". De precieze oorzaak van onvoldoende oogstkwaliteit is niet goed bekend, omdat de link tussen voor- en naooogstfase niet systematisch in kaart gebracht is. In het algemeen wordt verondersteld dat de samenstelling en bereiding van de grondstof (d.i. doorgroeide compost) sterk bepalend is voor het eindresultaat. Echter de groothandel neemt ook regelmatig waar (met name in het voorjaar), dat verschillende telers die telen met dezelfde compostbatch, compost uit dezelfde tunnel, toch niet allemaal dezelfde kwaliteit aanbieden. Het ontrafelen en meer kennis opdoen van de bijdragen van alle beïnvloedende factoren is nodig.

1.1 Doelstelling

Een eerste doelstelling van het deelproject is om opheldering te verschaffen over de vraag welke invloed de compostsamenstelling heeft op kwaliteitsverlies van champignons in de keten. Een tweede doel is het via ketenmonitoring (inclusief kleurmeting) meer grip krijgen op onregelmatige oogstkwaliteit en dat in relatie te brengen met de daaropvolgende ketenprestatie. Dit inzicht is nodig om de verstrengeling tussen teeltvariabelen, compostkwaliteit en naooogstcondities te ontrafelen. Alleen door meer inzicht in de huidige versketen-prestatie kan de haalbaarheid en waarde van nieuwe op kwaliteit gerichte compostconcepten vastgesteld worden.

Doel van dit rapport is om de onderzoeksresultaten te beschrijven van het onderzoek dat uitgevoerd is binnen het GreenCHAINge deelproject Champignons. Betrokken partners hebben hiermee een overzichtelijk naslagwerk met de resultaten van het belangrijkste deel van het gedane werk bij elkaar. De inzichten uit het rapport helpen ook andere spelers in de sector bij objectivering van discussies over welke factoren (en in welke mate) bepalend zijn voor kwaliteit. Partijen kunnen hier hun voordeel

mee doen. Hiermee draagt dit rapport bij aan verbetering van kwaliteit en vermindering van verliezen in de keten.

1.2 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek is onafhankelijk uitgevoerd door onderzoekers van Wageningen Food & Biobased Research, met ondersteuning op het gebied van datamodellering en statistiek vanuit Wageningen Biometris.

De kernactiviteiten om bovenstaande doelen te bereiken zijn:

1. Monitoren van condities & kwaliteit in de keten (teelt t/m de groothandel)
2. Analyseren van bestaande datasets met condities/kwaliteitsgegevens
3. Objectivering van kwaliteitsmetingen
4. Modelleren van kwaliteitsverloop

Deze kernactiviteiten zijn op verschillende manieren in het project opgepakt. Ter voorbereiding is er een studie gedaan naar kwaliteit in de keten (zie belangrijkste uitkomsten in Hst. 2) waarbij interviews zijn gedaan naar wat kwaliteit is in de keten en welke factoren hier van invloed op zijn. Dit heeft als belangrijke input gediend om een selectie te kunnen maken in factoren waar we ons in het onderzoek op moeten richten. Daarnaast is er gedurende het gehele project gewerkt aan manieren om de kwaliteit van witte champignons objectief te kunnen meten in onderzoek, maar ook om de waarde van deze metingen voor gebruik in de praktijk te kunnen bepalen. Dit wordt uitgebreid beschreven in Hst. 3 en 4. Het experimentele onderzoek naar kwaliteit van de champignons is in 3 onderdelen op te splitsen (Resultaten beschreven in Hst. 4-6):

A. Monitoring van kwaliteit van champignons 2017

Doel van het gedurende lange tijd monitoren van kwaliteit van verschillende partijen champignons is het in kaart brengen van kwaliteitsverschillen gedurende de seizoenen en tussen verschillende telers. Welke kwaliteitsfactoren zijn met elkaar verbonden en welke relatie hebben ze tot teelt, productie- en compostgegevens? Gedurende een jaar zijn wekelijks partijen champignons betrokken van telers, direct en via de groothandel.

B. Kwaliteit van afgekeurde partijen

Doel van het meten van kwaliteit van door de groothandel afgekeurde partijen is om een beeld te krijgen van het kwaliteitsbeeld behorende bij visuele afkeurredenen (met name kleurgerelateerde afkeurredenen) met daarnaast goedgekeurde partijen als referentie. Dit dient ook om de ontwikkelde kleurmeting en -analyse op waarde te kunnen schatten voor gebruik in de praktijk. Gedurende twee afzonderlijke weken in mei en oktober 2018, zijn afgekeurde partijen van de groothandel onderzocht op kleur. Van elke partij is zowel de kleur van het hele kratje als van individuele champignons uit elk kratje gemeten. De partijen waren voorzien van de redenen van afkeur. Ter referentie is ook een klein aantal goedgekeurde partijen gemeten.

C. Volgen van de kwaliteit gedurende een hele teelt

Doel van het meten van kwaliteit gedurende een hele teelt is om de invloed van plukdag en vlucht op de kwaliteit van het verse en bewaarde product te bepalen. Ook wordt er informatie verkregen over de spreiding tussen bedden in een cel en binnen een bed. Bij een commerciële teler van "flats" zijn in het najaar van 2018 champignons geoogst op alle plukdagen van de eerste en tweede vlucht van twee hele teelten. Op verschillende locaties in de cel is productie bijgehouden en kwaliteit bepaald. In deze opzet is ook verkennend gekeken naar het effect van een alternatieve dekaarde op de productie en de kwaliteit van champignons, de resultaten zijn in een apart rapport beschreven (stageverslag A. Passera, November 2018, CNC).

Naast analyse van de data uit deze 3 onderzoeken, zijn ook de bestaande dataset van CNC (compost- en opbrengstgegevens van diverse telers) en klimaatgegevens (KNMI) geanalyseerd om nieuwe inzichten/verbanden/trends te ontdekken tussen verschillende factoren. In Hoofdstuk 7 worden resultaten van deze analyse beschreven. Waar mogelijk zijn koppelingen gemaakt tussen datasets.

Het is belangrijk te realiseren dat de resultaten en verbanden uit de meeste datasets geen causale verbanden tonen, maar trends en richtingen. Het ultieme doel is om met deze inzichten kwaliteitsverloop te modelleren, zodat vooraf de kwaliteit van een champignon in te kunnen schatten en hoe deze zich zal ontwikkelen in de tijd.

In Hoofdstuk 8 worden de conclusies bij elkaar gebracht en beschreven hoe de inzichten uit het onderzoek in de praktijk nuttig kunnen zijn. Ook worden er richtingen voor vervolgonderzoek beschreven.

2 Champignonkwaliteit in de keten

De eerste stap in het project is om de term 'onvoldoende oogstkwaliteit' te vertalen naar concrete kwaliteitsparameters. Met interviews is onderzocht hoe verschillende spelers in de champignonketen de kwaliteit van champignons zien en welke factoren deze kwaliteit beïnvloeden.

Interviews zijn afgenomen bij:

- Een producent van compost
- Een producent van dekaarde
- Twee telers van witte champignons (1 en 2), leveren beide aan een groothandel
- Een teler van diverse rassen paddenstoelen (3), levert direct aan klanten
- Een groothandel

Het gesprek is met een vragenlijst als leidraad gevoerd (Bijlage 1). De gesprekken zijn samengevat in een lijst van kwaliteitsindicatoren en een overzicht van de factoren die deze indicatoren beïnvloeden met een onderbouwing volgens de geïnterviewden (Tabel 1 en Tabel 2). Deze informatie is dus (met name) gebaseerd op praktijkervaring en dient niet als feitelijke kennis. Het is richtinggevend voor selectie van factoren en hypothesen waar we ons in het onderzoek op gaan richten. In Hoofdstuk 8 evalueren we in hoeverre de praktijkgedachten bevestigd zijn in ons onderzoek.

2.1 Kwaliteitsindicatoren

In onderstaande lijst staan de indicatoren voor champignonkwaliteit opgesomd, zoals genoemd tijdens het interview, gesorteerd van meest genoemd naar minder. De producenten van compost en dekaarde verwezen hiervoor naar de telers.

Tabel 1: Indicatoren voor champignonkwaliteit, gesorteerd van meer genoemd naar minder

| Kwaliteitsindicatoren | Teler (1) | Teler (2) | Teler (3) | Groot-handel |
|---|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Kleur van de hoed | X | X | X | X |
| Pluuschade, o.a. nagelafdrukken | X | X | X | X |
| Stevigheid | X | X | X | |
| (Bruin)verkleuring | X | X | | X |
| Hoedopening | | X | | X |
| Gevliesd | X | X | | |
| Schubben | X | | | |
| Grootte | | | X | |
| Houdbaarheid | X | | | |
| Algemene indruk | | | X | |
| Goede mix in de verpakking | | | X | |
| Voldoen aan de verwachtingen van de klant | | | X | |
| Dubbele champignons | | | | X |
| Ziektes | | | | X |
| Vorm | X | | | |
| Kleur van de lamellen | | | | |
| Geen grond | | | | |
| Niet slijmerig | | | | |
| Aanwezigheid steel | | | | X |

De indicatoren kleur van de hoed, beschadigingen en (bruin)verkleuring werden het meest genoemd. Ook zijn de stevigheid en het rijpheidstadium belangrijke punten. Daarnaast werden kenmerken genoemd, zoals schubben en ziektes, die kunnen ook de kleur van de hoed beïnvloeden. De groothandel hanteert, naast de indicatoren genoemd tijdens het interview, meer kwaliteitskenmerken die opgenomen zijn in de inkoopspecificaties. Deze inkoopspecificaties zijn afgeleid van de UNECE standard^a. Opvallend is dat tijdens de gesprekken de smaak niet ter sprake kwam.

Telers, groothandel en klanten voeren visuele inspecties uit om de kwaliteit te controleren. Deze inspecties zijn subjectief en worden bij twijfel over de kwaliteit aangevuld met een houdbaarheidstest, die ook visueel wordt beoordeeld. Voor het bepalen van de maat wordt een sjabloon met gaten van verschillende grootte gebruikt.

2.2 Selectie kwaliteitsparameters voor onderzoek

Na inventarisatie van de kwaliteitsparameters en overleg met de projectpartners, zijn de volgende indicatoren vastgesteld voor kwaliteitsmeting in het project:

- Kleur (witheid van het wit en percentage verkleurd oppervlak)
- Stevigheid hoed
- Hoedopening
- Dichtheid en droge stof gehalte
- Ademhaling

2.3 Redenen voor afkeur

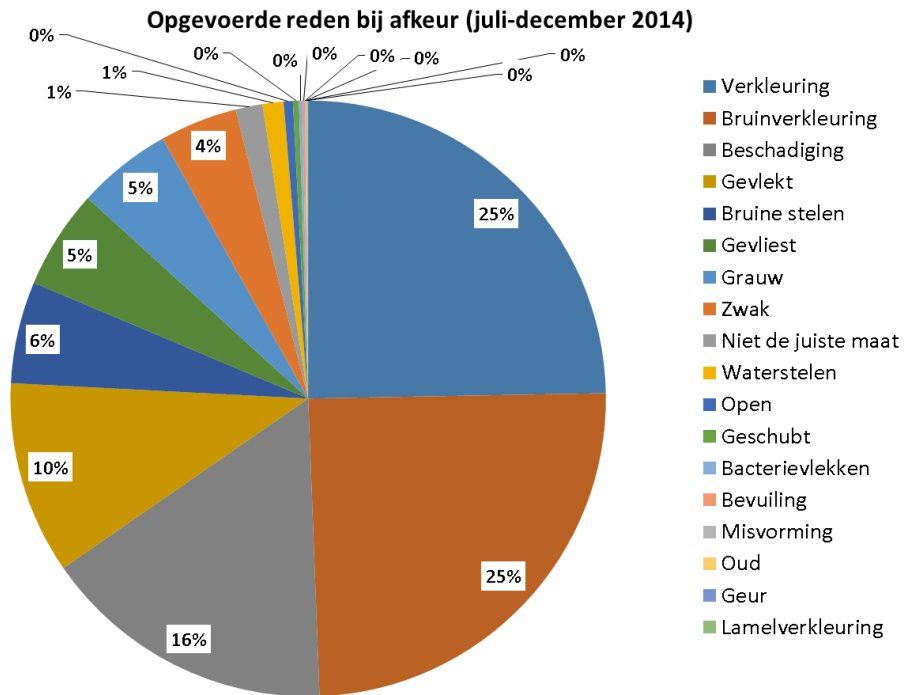
Interessant is om na te gaan hoe vaak de benoemde kwaliteitsparameters in de praktijk reden zijn tot afkeur van een partij. Uit onderstaande Figuur 1 blijkt dat de kleur van de hoed, en de vlekken of beschadigingen daarop, voor ruim 80%^b de reden van afkeur is, onderverdeeld in:

- Verkleuring: 25%
- Bruinverkleuring: 25%
- Beschadiging: 16%
- Gevlekt (incl. bacterievlekken): 10%
- Grauw: 5%

Het kenmerk wat daarna het meest voorkomt is 'gevliesd', wat te maken heeft met het ontwikkelingsstadium.

^a UNECE STANDARD FFV-24 concerning the marketing and commercial quality control of CULTIVATED MUSHROOMS, UNITED NATIONS, New York and Geneva, 2012,
https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/standard/fresh/FFV-Std/English/24_CultivatedMushrooms.pdf

^b Gegevens van juli t/m december 2014, persoonlijke communicatie, Banken Champignons



Personal communication Banken Champignons

Figuur 1: Redenen voor afkeur van geleverde champignons door keurmeesters bij Banken Champignons van juli t/m december 2014

2.4 Factoren die de kwaliteit beïnvloeden

Tijdens de interviews benoemden de deelnemers de factoren die de kwaliteit van de champignons beïnvloeden. Deze factoren zijn opgesomd in Tabel 2 met een aantekening bij de deelnemers die de factoren ter sprake brachten. Daaronder worden de factoren beschreven met informatie uit de interviews.

Tabel 2: Factoren die de kwaliteit van champignon beïnvloeden

| Invloedsfactoren voor de kwaliteit | Producent compost | Producent dekaarde | Teler (1) | Teler (2) | Teler (3) | Groot-handel |
|---|-------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| In het algemeen | | | | | | |
| Klantverwachting | | | | | X | |
| Focus op productie | | | | X | X | |
| Communicatie | | | | | X | |
| Expertise van de teler | | | | X | | X |
| Startmateriaal | | | | | | |
| Compost/mest vezels, soja/entmateriaal | X | | X | X | X | X |
| Dekaarde/structuur/veen/vocht/CaCl | X | X | | | X | |
| Teeltcondities | | | | | | |
| CO2 | | X | | | X | X |
| Giet of sproei beurten | X | | | X | | X |
| Weersomstandigheden/seizoen | | | X | X | X | X |
| Luchtvochtigheid | X | X | | X | X | X |
| Luchttemperatuur | X | X | X | X | X | X |
| Ventilatie | | X | | X | | |
| Teeltcyclus | | | | | | |
| Vlucht | | | X | | | X |
| Plukdag | | | X | | X | X |
| Biotische factoren | | | | | | |
| Bacterien | X | X | | X | | |
| Vliegen | | X | | | | |
| Schimmels | X | X | | X | | |
| Abiotische factoren | | | | | | |
| Evaporatie | X | X | X | | X | |
| Compost temperatuur | X | | | | X | |
| Uitdunnen | | X | X | X | X | |
| Intern vocht | | X | | | | X |
| Oogst en verpakking | | | | | | |
| Plukervaring | | | | | X | X |
| Pluktoezicht | | | | | X | |
| Luchtsamenstelling in de verpakking | | | | | | X |
| Tijd tussen oogst en koeling | | | | | X | X |
| Koeling | | | X | | X | |
| Afzetketen | | | | | | |
| Weersomstandigheden laden/lossen | | | | | | X |
| Handling | | | | | | X |
| Duur van de keten | | | X | | | |

2.4.1 In het algemeen

Elke teler heeft een eigen werkwijze bij het sturen van de teelt. Zijn expertise heeft, volgens de geïnterviewden, invloed op de kwaliteit van het product. De groothandel merkt verschillen in houdbaarheid van het product tussen telers. De belangen van telers en de groothandel, wat betreft productie en kiloprijs, zijn niet altijd in het voordeel van de klant, met het oog op kwaliteit. Wanneer direct aan klanten wordt geleverd, speelt de klantverwachting een grotere rol en kan daar direct op worden ingespeeld. Een van de telers benoemt dat goede communicatie helpt bij het afstemmen van de teelt op de wensen van de klant.

2.4.2 Startmateriaal

Het uitgangsmateriaal voor de compost bestaat voornamelijk uit natuurlijke producten, grotendeels afkomstig uit reststromen. De samenstelling van de compost zal daardoor variëren en dat wordt gezien door bijna alle geïnterviewden als belangrijke factor die de kwaliteit van het product beïnvloedt. De teler kan dit opvangen door de snelheid van oogsten aan te passen, maar heeft weinig middelen

om te sturen. Omdat compost uit eenzelfde tunnel bij meerdere telers wordt afgeleverd, zullen mogelijke problemen zich bij meerdere telers voordoen en zal ook de groothandel dit merken.

De structuur van de compost heeft volgens de producent invloed op het optimale watergehalte. Tegenwoordig is het stro in de mest korter waardoor het optimale watergehalte lager is dan vroeger. Paardenmest, grondstof voor de compost, is droger in de zomer en natter in de winter. Als de uiteindelijke mix te droog is, wordt water toegevoegd. Het is niet duidelijk of een drogere mix met toegevoegd water hetzelfde teeltresultaat geeft als een mix die van zichzelf al genoeg water bevat. Te veel water kan leiden tot groei van bacteriën, al kan de teler dit opvangen door voldoende verdamping en ventilatie.

Infecties en besmettingen van de compost tijdens het productieproces kunnen leiden tot groei van ongewenste schimmels en bacteriën in de compost en ziektes in de champignons. Het meest gevoelige moment in het productieproces, is volgens de producent na de pasteurisatie, bij het enten. Een ongewenste schimmel kan dan door het compost groeien en het mycelium van de champignon verdringen. Een infectie op een later moment wordt als minder ernstig gezien, omdat het mycelium zich dan al heeft gevestigd en de andere schimmel minder kans krijgt. Goede hygiëne bij de productie is cruciaal om problemen te voorkomen. Echter, werken onder steriele omstandigheden is door de hoge kosten geen optie.

Het broedras voor witte champignons heeft volgens de geïnterviewden weinig effect op de uiteindelijke kwaliteit, dit in tegenstelling tot het broedras voor de kastanjechampignon. Wel wordt het graan van het entmateriaal als bron van variatie genoemd.

Een andere factor die van invloed geacht wordt op de teelt en het uiteindelijke resultaat, is de temperatuur van de compost bij het vullen van de bedden. Wanneer het vriest, is de compost koud bij aankomst, en dat geeft problemen in de teelt. Er wordt niet aangegeven wat voor problemen dit zijn.

Op de compost wordt de dekaarde aangebracht. De structuur van de dekaarde wordt onder andere bepaald door de structuur van het opgegraven veen. De structuur van het veen varieert met de diepte waarop de veenlaag wordt afgegraven. De samenstelling varieert ook met het seizoen. In de zomer is het veen droger waardoor het toevoegen van water noodzakelijk is.

Ook bij de deklaag speelt hygiëne een grote rol volgens een aantal geïnterviewden, al vanaf het opgraven van het veen, het transport en de opslag. De deklaag moet, net als de compost, vrij zijn van infecties.

De temperatuur van de dekaarde bij aflevering is, net als die van de compost, afhankelijk van het weer. De dekaarde kan warm, koud of zelfs bevroren zijn en ijs bevatten.

Wanneer de deklaag niet goed wordt behandeld raken de poriën geblokkeerd waardoor de watercapaciteit verminderd. Er wordt aangegeven dat de teler grote invloed heeft op de structuur van de deklaag en op interactie tussen compost en dekaarde bij het afleveren. Hij kan de structuur van de dekaarde grover houden. Dat zorgt voor verschillen in microklimaat en verschillen in ontwikkelingssnelheid. Dat is belangrijk voor telers die met de hand plukken. Telers die mechanisch oogsten willen juist een meer uniforme deklaag voor een uniforme ontwikkeling.

De teler kan de deklaag, voor een gedeelte, met de compost laten mengen ("caccen"). Dit wordt ingesteld op de vulmachine die het bed gelijktijdig met de compost en de deklaag vult. Zowel het type vulmachine als de machinist hebben volgens betrokkenen invloed op de structuur van de compost en de deklaag in het bed.

Telers kunnen door toevoeging van calcium chloride aan de dekaarde de (laten) toevoegen aan de dekaarde om de geleidbaarheid (EC) beïnvloeden en hiervan wordt gezegd dat dit de kwaliteit van de champignons verhoogt.

2.4.3 Teeltcondities

Hoewel de champignons in gesloten cellen worden gekweekt heeft het buitenklimaat volgens betrokkenen invloed op de teeltcondities in de cel. Volledige controle van het binnenklimaat is niet mogelijk. De capaciteit van de klimaatinstallatie is belangrijk voor het afvoeren van vocht en voor voldoende koelvermogen. Het proces van evaporatie is bepalend voor de teelt en de kwaliteit van de champignons. Kwaliteitsproblemen kunnen optreden tijdens periodes met veel regen of bij grote wisselingen in het weer, met name in de herfst. De klimaatcontrole moet dan meer worden aangepast terwijl bruinverkleuring toch vaker optreedt. Hoge buitentemperaturen zorgen voor een hoog vochtgehalte in de lucht, en dit leidt tot hoge luchtvochtigheid in de cel na terugkoeling tot gewenste temperatuur. De champignons groeien dan harder en er is minder evaporatie. Dat is volgens geïnterviewden niet goed voor de kwaliteit van het product. Een hoge luchtvochtigheid maakt de kans op bacteriegroei groter. Bij een lage buitentemperatuur zijn de effecten minder groot, maar is meer water nodig omdat de lucht in de cel droger is. Het klimaat heeft ook invloed op de compost.

Water is essentieel in de teelt. Hoe hoger de beschikbaarheid, hoe hoger de productie. Het is echter moeilijk om de juiste hoeveelheid water in een sproeibeurt te bepalen. De watergift kan variëren van bijvoorbeeld 40 liter in het voorjaar tot 26 liter in het najaar. Wanneer er te weinig water beschikbaar is, krijgen de champignons meer schubben en raken ze bruin. Ook zijn ze meer gevlied. Is er teveel vocht, dan wordt de kans op bacteriën en andere schimmels groter en daarmee de kans op bruinverkleuring, bacterievlekken en schimmelaantasting.

De teler past ook de CO₂-concentratie lucht aan. CO₂ stimuleert de knopontwikkeling en heeft invloed op de grootte van de hoed. Te veel wisselende concentraties worden gezien als een oorzaak van gelige champignons of andere schade.

2.4.4 Teeltcyclus

De eerste vlucht geeft volgens een aantal geïnterviewden de beste kwaliteit, en dan vooral de 2^e tot en met de 4^e plukdag. De champignons van de eerste plukdag worden als stevig en soms wat misvormd gezien en de kleur is niet optimaal. Op de laatste dagen van de eerste vlucht wordt de kwaliteit lager beoordeeld omdat deze champignons meer hebben moeten concurreren tijdens de groei.

Van de tweede vlucht wordt de tweede plukdag als kwalitatief best gezien. Naar het einde van de teelt raakt de dekaarde steeds uitgedroogd en de nutriënten raken op. Wel wordt opgemerkt dat de kwaliteitsverschillen tussen vluchten en plukdagen alleen zichtbaar zijn voor specialisten.

2.4.5 Biotische factoren

Champignons kunnen door een bacterie-infectie bruinverkleuring vertonen of bacterievlekken krijgen. Champignons zijn gevoelig voor andere schimmels als *Verticillium*, *Mycogone*, en *Trichoderma*. Deze ongewenste schimmels kunnen al aanwezig zijn in de compost of dekaarde bij aflevering. Vliegen kunnen ziektes introduceren en/of verspreiden.

2.4.6 Abiotische factoren

Het interne vochtgehalte van champignons kan kwaliteitsproblemen veroorzaken. Een te hoog vochtgehalte zou meer grijze champignons geven en kan optreden wanneer te veel water wordt gegeven of wanneer de teeltcondities onvoldoende evaporatie mogelijk maakt. Het komt vaker voor bij een hogere productie. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat bij een hogere ontwikkelingssnelheid/rijping en te weinig ruimte voor de champignons op het bed, het vocht minder goed uit de champignons kan verdampen en bacteriën meer kans krijgen. Uitdunnen geeft grotere champignons en een betere kwaliteit later op de volgende plukdagen in de vlucht.

2.4.7 Oogst en verpakking

Champignons moeten zeer zorgvuldig worden geplukt om drukplekken, nagelafdrukken en andere schade te voorkomen. Bij voorkeur worden champignons direct in de juiste verpakking gelegd. Bij sommige telers is een track&trace-systeem ingevoerd tot het niveau van de plukker, zodat terugkoppeling over handlingsschade mogelijk is.

Hoe sneller de champignons na de oogst worden teruggekoeld, hoe beter de kwaliteit behouden blijft. Het type verpakking wordt niet van grote invloed geacht op de kwaliteit, alleen wanneer een folie gebruikt wordt, is het van belang dat deze ademt. In een luchtdichte verpakking gaat de kwaliteit snel achteruit.

2.4.8 Afzetketen

Het stapelen, laden, lossen en transport van champignons dient met aandacht te gebeuren, omdat de champignons in hun krat kunnen omrollen, wat leidt tot beschadigingen. Weersomstandigheden tijdens het laden en lossen kunnen van invloed zijn op de kwaliteit. Zon en droogte kunnen leiden tot bruinverkleuring. Ook kunnen regen en vorst schade geven.

Bij de groothandel worden voorraden aangehouden om te kunnen inspelen onverwachte bestellingen en op klachten van klanten.

3 Materiaal & Methoden

Eén van de doelen in het project is om tot praktijkgerichte objectivering van kwaliteitsmetingen te komen. Dit wil zeggen het objectiveren van de perceptie van de kwaliteitscontroleur, alsmede de consument. Er is daarom veel tijd gestoken in het ontwikkelen, kiezen en beschrijven van meetmethoden voor uitvoering van het onderzoek, waarbij rekening is gehouden met de mogelijkheid om de methode te gebruiken en doorvertalen naar de praktijk.

In dit hoofdstuk worden de verschillende gebruikte meetmethoden beschreven. In een korte introductie wordt telkens een stuk achtergrond beschreven over welke mogelijkheden er zijn om de betreffende parameter te meten, daarna wordt beschreven hoe wij uiteindelijk de metingen voor het onderzoek uitgevoerd hebben.

Aan het eind van het hoofdstuk (3.6) wordt per experimenteel onderdeel (A. Monitoring, B. Afgekeurde partijen, C. Volgen van teelt) de opzet verder besproken en de uitgevoerde metingen per onderdeel in een overzicht gepresenteerd (3.7) met de statistische verwerking (3.8).

In het hoofdstuk discussie gaan we verder in op de bruikbaarheid van de verschillende meetmethoden voor toepassing in de praktijk.

3.1 Kleurmeting

3.1.1 Introductie kleur als kwaliteitskenmerk

Het belangrijkste kwaliteitskenmerk van verse champignons is de kleur van de hoed. Bruine vlekken op een witte champignon zijn goed zichtbaar en worden door de consument gezien als teken van een zwakke kwaliteit (Burton, 2004). Er zijn meerdere factoren en processen die champignonverkleuring veroorzaken (Gaston, 2010):

- Natuurlijke veroudering
- Mechanische schade die leidt tot kneuzingen
- Aantasting door schimmels en bacteriën
- Aantasting door virussen

De verkleuringen worden veroorzaakt door melanine pigmenten, die ontstaan uit reacties waarbij componenten en enzymen betrokken zijn. Deze zijn van nature aanwezig in champignons (Jolivet et al., 1998).

3.1.2 Kleurmeting met beeldanalyse

Volgens (Tarlak et al., 2016b) wordt kleur wordt vaak beschreven met de $L^*a^*b^*$ of CIELAB kleurruimte, een internationale standaard, in 1976 geaccepteerd door de Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Deze kleurruimte bestaat uit 3 componenten:

- L^* : component voor helderheid van zwart naar wit (0 tot 100)
- a^* : chromatische component van groen naar rood (-120 tot +120)
- b^* : chromatische component van blauw naar geel (-120 tot +120)

Dit kleurmodel, maakt objectieve weergave van de kleur mogelijk en is onmisbaar in toepassingen die aansluiten op de visuele waarneming (Gaston, 2010).

In de voedselindustrie worden kleuranalyses veelal gedaan met commercieel verkrijgbare kleurmeters, zoals de Minolta Chroma Meter en de Hunterlab Color Difference Meter (Tarlak et al., 2016b). Deze apparatuur meet in de $L^*a^*b^*$ kleurruimte. Ze zijn echter ontworpen voor 'het zogenaamde perfecte monster': plat, uniform van kleur, perfect mat en ondoorzichtig (Hutchings et al., 2013).

Meetresultaten van verse producten zijn gebaseerd op een aantal puntmetingen en het gemiddelde van deze metingen geeft niet per definitie de gehele kleur weer van het voorwerp. Deze methode, op basis van puntmetingen, is niet geschikt bij kleurvariaties en verkleuringen in het product. De spreiding in de meetwaarden neemt toe wanneer het meetoppervlak ongelijk is (Mendoza et al., 2006) (Tarlak et al., 2016b). Bij gebruik van een digitale camera, is het mogelijk om van elke pixel in de foto de kleur te registreren in RGB^c-waarden. RGB-beeldanalysetechnieken worden al veel gebruikt in de voedselindustrie. RGB kan niet direct worden vertaald naar L*a*b*. Echter, er zijn accurate methodes beschikbaar om de apparaat-specifieke RGB van een digitale camera om te zetten naar de onafhankelijke L*a*b* kleurruimte (Tarlak et al., 2016a).

Beeldanalyse is belangrijk bij de inspectie van groente en fruit, met name voor de detectie van beschadigingen of aantasting van het product (Pathare et al., 2013). Voor de meting van de kleur en verkleuring van de champignons hebben we in dit project beeldanalyse gebruikt. Hiervoor zijn we uitgegaan van de methode zoals beschreven in (Weijn et al., 2012).

3.1.3 Uitvoering kleurmeting

De kleuropnames in het onderzoek zijn gemaakt onder gestandaardiseerde omstandigheden in een kast met aan vijf zijden een LED-array (4038 K), ontworpen door WFBR en gebouwd door IPSS Engineering (beide Wageningen, Nederland, Figuur 2). De kast is uitgerust met een RGB camera (MAKO G-192C POE, Allied Vision Technologies GmbH, Stadtroda, D) die van boven beelden neemt volgens standaard instellingen. Voor elke meetserie is het systeem gekalibreerd met een witte achtergrond (Forex® PVC Plaat Wit 6mm) en een 24-vlaks kleurenkaart (Color checker classic, X-rite Europe GmbH, Regensburg, S). Op basis van deze kalibratie zijn de RGB beelden gestandaardiseerd naar officiële L*a*b* (D50) waarden van Macbeth ColorChecker (Pascale, 2006).

Als achtergrond voor de kleurmeting wordt een blauwe plaat gebruikt (Forex® PVC Plaat Blauw 6 mm). In deze plaat zijn uitsparingen gemaakt voor de steel zodat de champignon op de onderkant van zijn hoed steunt en horizontaal ligt. Van elke partij worden 32 individuen uit een kratje genomen. De champignons zijn afkomstig van zowel de bovenste als de onderliggende lagen in het kratje. Daarbij zijn individuen gepakt zonder beschadiging door of afdruk van het kratje.



Figuur 2: Individuele champignons worden op een blauwe achtergrond in de kleurenkast geschoven met LED-panelen rondom en een RGB-camera aan de bovenzijde. (Bron: WFBR)

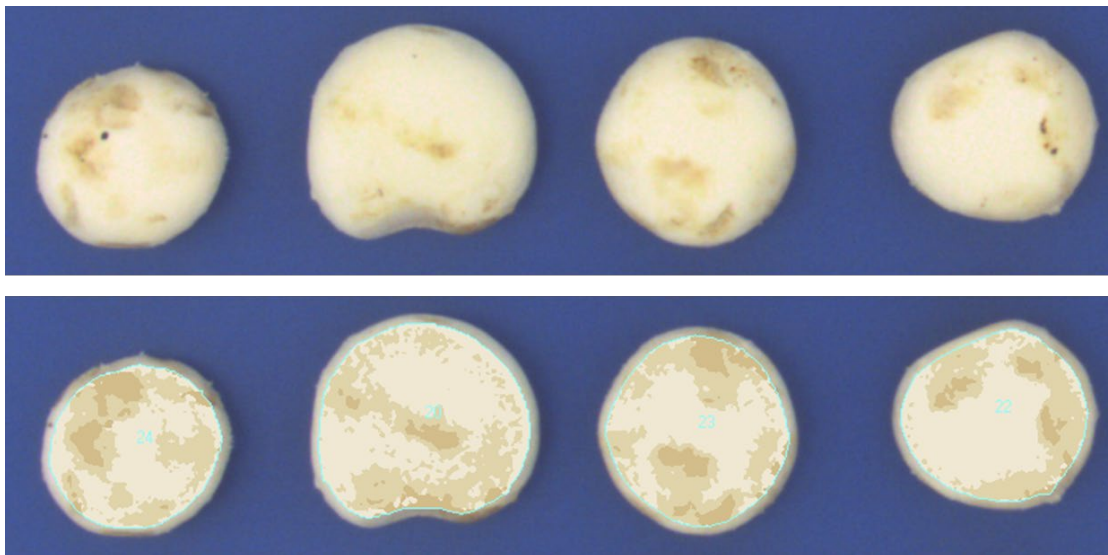
^c R: rood, G: groen en B: blauw

3.1.4 Analyse kleurmeting

De eerste stap in de kleuranalyse is het herkennen van kleurgebieden in de kleuropname door classificatie. Hiervoor wordt de Colour Learning software gebruikt (ontwikkeld door WFBR). De kleurclassificatie wordt gebruikt om de champignons te scheiden van de achtergrond en verschillende gebieden van de hoed te identificeren. De kleurclassificatie wordt gemaakt door delen van de hoed te selecteren die representatief zijn voor die kleurklasse. Hiervoor is een brede range aan champignons met verschillende mate van verkleuring en defecten nodig. De classificatie wordt eenmalig gemaakt voor de hele dataset. In dit project zijn 3 kleurklassen aangeleerd: Wit, Crème en Bruin. Hieronder een visualisatie van de klassen om een idee te geven van de kleurranges. De software interpreteert de tussenliggende kleuruimte.



Belangrijk is dat de kleurclassificatie een beeld geeft van de champignons dat overeenkomt met de visuele beoordeling (Figuur 3). De kleurklasse wit bevat ook grijs tinten, die met name voorkomen aan de rand van de champignon. Deze worden veroorzaakt door de schaduwwerking door de hoogte en kromming van de champignonhoed en niet door verkleuring.



Figuur 3: Impressie van de kleurclassificatie van individuele champignons in drie kleurklassen na bewaring bij 6°C. De buitenste rand van 5 pixels (licht blauwe lijn) is uitgesloten van analyse om de invloed van reflectie van de achtergrond te verminderen. (Bron: WFBR)

Na de kleurclassificatie wordt van elk individu de gemiddelde kleur en oppervlakte van de drie kleurklassen berekend met de Colour Analysis software (ontwikkeld door WFBR).

In het project hebben we twee kleurparameters uitgelicht om de kleur van de champignon te beschrijven:

- Witheidsindex WI, van het wit van de hoed, volgens Hunter (Weijn et al., 2012): $WI=L-3*b$
- Het percentage verkleurd oppervlak van de hoed, waarbij de oppervlakte crème- en bruinverkleuring zijn opgeteld.

Voor verdere analyse is het gemiddelde van de parameters bepaald van het monster van 32 individuen.

3.2 Stevigheid

3.2.1 Introductie stevigheidsmetingen

Naast kleur is ook de textuur een belangrijke factor die bijdraagt aan champignonkwaliteit (McGarry and Burton, 1994). Burton et al. (2000) beschrijven dat de champignontextuur tijdens de teelt beïnvloed wordt door de hoogte van het bed en de verhouding van compost tot deklaag daarin. De verhouding van compost tot deklaag bepaalt waar het meeste water uit opgenomen wordt. Wanneer meer water uit de compost afkomstig is worden meer nutriënten opgenomen, wat leidt tot een steviger product.

Een bijzondere kenmerk van de geoogste champignon is dat de ontwikkeling doorloopt alsof de champignon niet afgesneden zou zijn van vocht en voedingsstoffen. Vanuit het oogpunt van de champignon zijn deze ontwikkelingen zeer relevant, maar in de afzetketen geeft dit negatieve kwaliteitsaspecten (Braaksma, 2000). De hoed opent zich en de lamellen met sporen worden zichtbaar, de steel groeit. De champignon verliest stevigheid en wordt taaier (Beelman et al., 1987). Deze ontwikkeling is temperatuurafhankelijk en kan worden geremd door bewaring bij lage temperatuur (Rama et al., 2000).

Beelman et al. (1987) beschrijven de textuur met twee attributen, stevigheid en taaigheid, en ontwikkelden een meetmethode voor beide. Zij zien de stevigheid als maat voor de verzachting en definiëren deze als de elasticiteitsmodulus van het weefsel die de compressie onder een drukkracht bepaalt, voordat het weefsel breekt. Taaigheid is de mate van breekbaarheid en heeft te maken met het gemak waarmee het weefsel fragmenteert als gevolg van een opgelegde krachten zoals bij snijden en kauwen. De stevigheid komt meer dan de taaigheid overeen met hoe de consument de versheid van de champignon beoordeelt (Rama et al., 2000). Deze pakt daarvoor de hoed tussen duim en wijsvinger en beoordeelt subjectief hoever de hoed vervormt bij een lichte indrukking.

Voor de objectieve stevigheidsmeting gebruiken we in dit project de methode zoals beschreven door Beelman et al. (1987). Daarbij wordt de champignon op de zijkant van de hoed gelegd, met de steel parallel aan de bodemplaat van de textuur-analyzer. De meetkop van de analyzer wordt tegen de hoed gedrukt en de weerstand van de vervorming wordt gemeten als helling van de toegediende kracht (kg) tegen de vervorming (mm). McGarry and Burton (1994) plaatsen een kanttekening bij deze methode, omdat hele champignons worden gebruikt, waardoor textuurveranderingen in champignons van verschillende grootte of openingsstadia niet goed zouden kunnen worden vergeleken. Binnen het onderzoek beschreven in dit rapport, zijn we vooral geïnteresseerd in de kwaliteit van het product als geheel zoals deze wordt beoordeeld door de consument, waardoor metingen aan hele champignons juist de situatie goed beschrijven.

3.2.2 Uitvoering stevigheidsmetingen

Van dezelfde champignons die voor de kleurmeting aan individuele champignons waren gebruikt, is de stevigheid gemeten, door *limited compression* van 2 mm, met de Fruit Texture Analyser FTA (Güss, Strand, SA). Hiervoor wordt een platte plunjer met een diameter van 6 cm gebruikt, om de hoed aan de zijkant in te drukken met de volgende instellingen:

- Trigger threshold 100 gram
- Forward speed 30 mm/sec
- Reverse speed 40 mm/sec
- Measure speed 10 mm/sec
- Measure distance 2.0 mm
- Reverse increment 20 mm

De FTA meet de kracht (kg) die nodig is om de hoed 2 mm in te drukken. Er worden per hoed twee metingen gedaan waarvan het resultaat wordt gemiddeld. Daarvoor wordt de champignon op een steker geprikt, zoals een kleine schroevendraaier, en vervolgens gekanteld (Figuur 4). De eerste meting is op een willekeurige plek op de rand van de hoed. De tweede meting is daar haaks op, door de champignon een kwartslag te draaien.



Figuur 4: Meting limited compression van de zijkant van de hoed. (Bron: WFBR)

Voor analyse van de meetgegevens worden de waarnemingen aan alle individuen van een partij gemiddeld. In de figuren wordt de stevigheid uitgedrukt in gewicht (kg) nodig voor 2 mm compressie.

3.3 Hoedopening

3.3.1 Introductie hoedopening

Hoedopening is een belangrijk kwaliteitskenmerk, omdat de consument de voorkeur heeft voor champignons met een gesloten hoed, waarbij het vlies intact is (Gaston, 2010).

Na de oogst gaat de ontwikkeling van de champignon door (Braaksma, 2000). De lamellen ontwikkelen zich en sporen ontstaan. Tegelijkertijd gaat de hoed open en kunnen de sporen vrijkomen (Hammond and Nichols, 1975). Bij de beoordeling van het ontwikkelingsstadium wordt gebruik gemaakt van een klasse-indeling voor hoedopening. Hammond and Nichols (1975) hanteren een arbitraire indeling in 7 klassen, van knop tot flat.

De initiële grootte van de hoed (de diameter bij oogst) is geen maat voor het ontwikkelingsstadium. De verandering van de grootte tijdens bewaring is wel afhankelijk van de diameter: hoe groter de hoeddiameter bij oogst, hoe sneller de diameter toeneemt tijdens de bewaring (Loon et al., 1995).

3.3.2 Uitvoering beoordeling hoedopening

Voor het vaststellen van het ontwikkelingsstadium wordt de hoedopening visueel beoordeeld. Hiervoor worden van elke partij dezelfde 32 individuen als bij de kleur- en stevigheidsmeting gebruikt. De classificatie van Hammond and Nichols (1976) is aangepast voor de metingen tijdens het monitoringsonderzoek, omdat knoppen en flats met een omhoog gekrulde hoed, in deze partijen afkomstig van commerciële teelt, niet voorkwamen. De volgende 5 klassen werden gehanteerd (zie ook Figuur 5):

- Stadium 1: Vlies intact, niet gestrekt
- Stadium 2: Vlies intact, gestrekt
- Stadium 3: Vlies gedeeltelijk gebroken, zicht op lamellen
- Stadium 4: Vlies helemaal gescheurd, lamellen goed zichtbaar
- Stadium 5: Hoed geopend, oppervlakte van de lamellen groter dan de rand van de hoed



Figuur 5: Voorbeelden van de vijf stadia van hoedopening van de champignon. (Bron: WFBR)

3.4 Gehalte droge stof en dichtheid

3.4.1 Introductie bepaling droge stof gehalte en dichtheidsmetingen

De waterpotentiaal van de deklaag bepaalt het droge stof gehalte van de champignons bij oogst (Kalberer, 1991). Teelten met een dunne deklaag geven een lagere opbrengst met een hoger droge stof gehalte van de champignons. Wanneer het vochtgehalte van het bed daalt tijdens de teelt, daalt de productie en stijgt het droge stof gehalte. Het gehalte droge stof is gerelateerd aan de stevigheid: hoe hoger het gehalte droge stof hoe steviger de textuur (Juan et al., 2003).

Dichtheid is mogelijk gecorreleerd aan stevigheid. McGarry and Burton (1994) tonen een verband aan tussen de stevigheid en dichtheid van de steel. Daarom zijn in de monitoring deze metingen ook meegenomen.

3.4.2 Uitvoering bepaling droge stof gehalte en dichtheidsmetingen

Bij het meten van de dichtheid wordt van een champignon zowel het versgewicht [M_{vers} (g)] bepaald als het onderwatergewicht [UWW (g)]. Belangrijk voor een correcte meting van het onderwatergewicht is dat:

- de champignon geheel onder water is zonder de wanden van de beker te raken
- de temperatuur van de champignon gelijk is aan die van het water
- het volume van de opstelling, die de champignon onder water houdt, constant is.

Het onderwatergewicht is dan gelijk aan het volume water dat wordt verplaatst.

De dichtheid van de champignon is het gewicht per volume-eenheid:

$$\text{Dichtheid (g/ml)} = M_{\text{vers}} \text{ (g)} / \text{UWW (g)}$$

Figuur 6 toont de meetopstelling gebruikt voor bepaling van het onderwatergewicht in de experimenten.



Figuur 6: Meting van het onderwatergewicht: de champignon moet geheel onderwater zijn, zonder dat hij de wanden of bodem van het bekglas raakt. (Bron: WFBR)

Dezelfde champignons worden vervolgens gedurende 72 uur gedroogd bij 80°C in een Binder FD56 droogstoof (Tufflingen, D). De champignons liggen in een gecodeerd aluminium weegbakje ø62 mm Korff™ 60500 (via Fisher Scientific, Landsmeer, NL, art.nr. 11982563). Door de bakjes individueel voor te wegen kan de champignon zowel vers als gedroogd in 'zijn' bakje worden gewogen. Voor de wegingen van het versgewicht, onderwatergewicht en drooggewicht is de MS6002 van Mettler-Toledo (Greifensee, S) gebruikt.

Belangrijk voor een correcte weging is dat de balans nauwkeurig genoeg is, dat dezelfde balans wordt gebruikt voor de drie metingen en dat deze bij elke weging horizontaal staat. Het gehalte droge stof (%) van de champignon is:

$$\text{Droge stof (\%)} = W_{\text{droog}} (\text{g}) / W_{\text{vers}} (\text{g}) * 100$$

Tijdens de monitoring werd de dichtheid en het gehalte droge stof bepaald aan 10 champignons per partij, op de dag van aankomst.



Figuur 7: Voorbeeld van verse (links) en gedroogde (rechts) champignons in een aluminium weegbakje. (Bron: WFBR)

Voor een meting op praktijkschaal kan van meerdere champignons tegelijk het versgewicht, onderwatergewicht en het drooggewicht worden bepaald. Dat geeft een goede gemiddelde waarde van de dichtheid en het gehalte droge stof voor een partij.

3.5 Ademhaling: zuurstofopname

3.5.1 Achtergrond ademhaling

De ademhaling van champignons is hoog in vergelijking met andere tuinbouw producten (Hammond and Nichols, 1975). De ademhaling in de naogstfase is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium bij de oogst. Er wordt een piek in de ademhaling waargenomen in de naogstfase die wordt toegewezen aan de ontwikkeling van lamellen en de sporen. De lamellen hebben een hogere ademhalingsnelheid dan de rest van de hoed en de steel. Het substraat voor de ademhaling door de lamellen is afkomstig uit de steel (Hammond and Nichols, 1975). Dit wordt bevestigd door Manolopoulou et al. (2007). Zij meten de ademhaling door de CO₂-productie te meten na ophoping.

3.5.2 Uitvoering meting zuurstofopname

De gekozen respiratiemeting in de monitoring is een ophopingsmeting, vergelijkbaar met de methode van Manolopoulou et al. (2007), die wordt uitgevoerd bij een omgevingstemperatuur van 20°C (Figuur 8).

- De champignons zijn koud bij aankomst. Voordat de ophopingsmeting start, warmen de champignons gedurende 2 uur op.
- Na het opwarmen, worden de champignons voor een vaste periode in een potje met een vast (en bekend) volume opgesloten. Het potje wordt afgesloten met een deksel voorzien van een septum.
- Na het sluiten van het potje zal de respiratie van de champignon de samenstelling van de headspace (de lucht rond de champignon) veranderen.
- Na de ophoping, wordt een luchtmonster uit het potje genomen met de PBI Dansensor Checkmate-3 (Ringsted, DK^d) middels het prikken van een injectienaald door het septum (Figuur 8)
- De Dansensor meet de zuurstofconcentratie (%) in de headspace. Daarmee wordt de zuurstofopname berekend in ml O₂ per kg product, per uur.



Figuur 8: Monsternamen voor meting van de respiratie. (Bron: WFBR)

^d <https://dansensor.com/products/headspace-analysers/checkmate-3>

Voor de berekening van de zuurstofopname zijn de volgende gegevens nodig:

- Volume van het bakje wanneer afgesloten [Vol_{totaal} (ml)]
- Gewicht en dichtheid van het monster in het bakje [M (g) en Vol_{product} (ml)]
- Zuurstof gehalte voor de ophoping [$O_{2\text{-start}}$ (%)]
- Zuurstofgehalte in de headspace [$O_{2\text{-eind}}$ (%)]
- Tijd waarop het potje wordt afgesloten [$t_{\text{start ophoping}}$ (h:mm)]
- Tijd waarop het luchtmonster wordt genomen [t_{meting} (h:mm)]

Deze gegevens worden in de volgende formules gebruikt:

1. $\Delta O_2(\%) = O_{2\text{-start}}(\%) - O_{2\text{-eind}}(\%)$
2. $Vol_{\text{free}}(\text{ml}) = Vol_{\text{totaal}}(\text{ml}) - Vol_{\text{product}}(\text{ml})$
3. $Vol_{\text{product}}(\text{ml}) = M(\text{g}) / \text{density}(\text{g/ml})$
4. $T(h) = t_{\text{meting}}(\text{h:mm}) - t_{\text{start ophoping}}(\text{h:mm})$
5. $O_2 - \text{opname}(\text{ml}/(\text{kg} * \text{hr})) = \frac{\Delta O_2(\%) / 100 * Vol_{\text{free}}(\text{ml})}{T(\text{hr}) * M(\text{g}) / 1000}$

Tijdens de monitoring is de respiratie gemeten van de verse champignons, op de dag van aankomst:

- In 10-voud per partij, met 2 champignons per bakje
- De steel werd afgesneden ter hoogte van de onderkant van de hoed
- De champignons warmden op gedurende 2 uur
- De potjes werden afgesloten gedurende 3 uur

3.6 Opzet van de deelonderzoeken

3.6.1 A. Monitoring 2017

Voor de monitoring zijn champignon telers benaderd en gevraagd deel te nemen voor de monitoring van champignonkwaliteit. Daarvoor werden met name telers van "middel" champignons gezocht. Uiteindelijk bleken twee telers bereid gedurende een jaar wekelijks champignons te leveren. Daarvoor werd een tweeweekse cyclus aangehouden. De ene week werd een representatief monster van vlucht 1 geplukt en de volgende week een representatief monster van vlucht 2, uit dezelfde cel, van dezelfde compost. De plukdag werd genoteerd. Het celnummer kan door de vuldatum aan de compostgegevens van CNC gekoppeld worden. Van deze cellen zijn ook de productiecijfers bekend bij CNC.

De champignons zijn met de hand geplukt, 3 kilo in een multikrat.

Per oogstdatum leverde iedere teler eerst 2 kratjes en later 3 kratjes die gebruikt zijn voor:

1. Meting op de dag van aankomst
2. Meting na 7 dagen bewaring bij 2°C
3. Meting na 7 dagen bewaring bij 6°C, vanaf september 2017

De champignons zijn direct na de oogst gekoeld tot 1°C op het bedrijf en de volgende ochtend opgehaald door een vaste koeriersdienst. De koerier vervoerde de kratjes in perspexbakken in de laadruimte zodat de temperatuur van het product minimaal zou oplopen. Temperatuurmetingen tijdens het transport hebben geen onregelmatigheden laten zien (data niet gerapporteerd).

Vanaf september 2017 zijn ook partijen champignons van twee vaste leveranciers van Banken wekelijks opgehaald bij Banken. Deze partijen zijn de dag ervoor geplukt en naar Banken gebracht, horende bij de leveringen zoals gebruikelijk gedaan wordt. Van deze partijen kan de compostdata en productiecijfers echter niet worden achterhaald, omdat het celnummer en de vuldatum niet bekend zijn.

Omdat de champignons zeer gevoelig zijn voor handling, werden kratje 2 en 3 na aankomst alleen gewogen en zonder enige verstoring in de koeling gezet voor de bewaring gedurende 7 dagen. Er is dus per beoordelingsmoment met een nieuw kratje gewerkt.

3.6.2 B. Afgekeurde partijen

In mei en oktober 2018 werden representatieve kratjes champignons van afgekeurde partijen door Banken gemeten bij WFBR. Een totaal van 19 partijen met een keuropmerking, zijn doorgemeten op de dag van keuring. Van elke partij werden twee kratjes bezorgd. Daarnaast werd van 3 goedgekeurde partijen (Kwaliteit I) ook twee kratjes gebracht. In Tabel 3 staat een overzicht van de keuropmerkingen per partij.

Tabel 3: Overzicht van keuropmerkingen per geleverde partij

| | Partij nr | Plukdag | Verpakking | Bakje | Reden1 | Reden2 | Reden3 |
|--------------------------------|-----------|---------|------------------------|------------------------|------------|---------------|-----------|
| Kwaliteit 1 | 1 | 21-mei | 1x3kg | geen | | | |
| | 2 | 27-okt | 1x3kg | geen | | | |
| | 3 | 27-okt | 1x3kg | geen | | | |
| Partijen met een keuropmerking | 1 | 13-mei | 4x500g | blauw | kleur | schubben | vlekken |
| | 2 | 12-mei | 1x3kg | geen | grauw | bruine stelen | |
| | 3 | 12-mei | 4x500g | transparant, kleurloos | grauw | vlekken | |
| | 4 | 19-mei | 4x500g | blauw | voorloper | verkleuring | |
| | 5 | 21-mei | 6x250g | blauw | grauw | gevekt | |
| | 6 | 21-mei | 4x500g | blauw | voorloper | verkleuring | |
| | 7 | 21-mei | 1x3kg | blauw | kleur | gevliesd | |
| | 8 | 22-mei | 6x250g | blauw | verkleurd | gevekt | grauw |
| | 9 | 22-mei | 4x500g | blauw | grauw | gevliesd | verkleurd |
| | 10 | 22-mei | 1x2kg | geen | voorlopers | verkleurd | |
| | 11 | 27-okt | 1x3kg | geen | verkleurd | | |
| | 12 | 27-okt | 1x3kg | geen | grauw | vlek | |
| | 13 | 27-okt | 6x250g | blauw | grauw | zwak | |
| | 14 | 27-okt | 4x500g | blauw | grauw | | |
| | 15 | 27-okt | 1x3kg | geen | gevekt | kleur | |
| | 16 | 29-okt | 1x1.5kg (zwart) | geen | vlekken | geschubt | |
| 17 | 29-okt | 4x500g | transparant, kleurloos | bacterie | | | |
| 18 | 29-okt | 1x3kg | geen | grauw | vlekken | | |
| 19 | 29-okt | 1x?kg | geen | kleur | grauw | | |

3.6.3 C. Volgen van een teelt

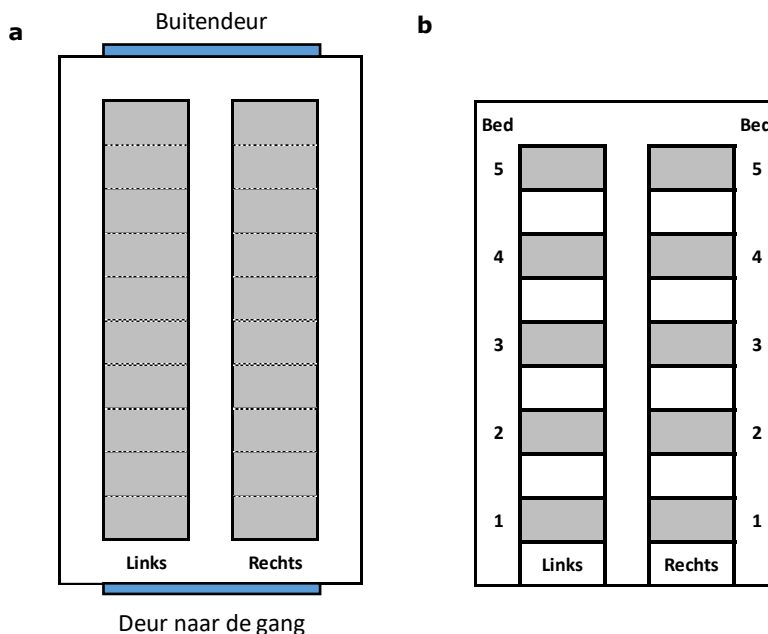
In de tweede helft van 2018 zijn twee teelten gevolgd bij een commercieel teeltbedrijf dat flats produceert. Flats zijn witte champignons die doorgroeien totdat de hoed geheel geopend is en de lamellen zichtbaar zijn, met andere woorden volgroeid. De eerste plukdagen van zowel de eerste als de tweede vlucht worden champignons met maat klein en middel geplukt om ruimte te creëren voor de grotere exemplaren. Tijdens de tweede helft van beide vluchten worden reuzen en flats geplukt. Flats zijn vergelijkbaar met de portobello, de volgroeide versie van de kastanje champignon^e.

^e Persoonlijke mededeling van de teler



Figuur 9: Kweekcel voor teeltproef 1 gezien vanaf de buitendeur, voorzien van twee stellingen met elk vijf bedden. De bedden zijn hier leeg. (Bron: WFBR)

Een teelt start met het vullen van de bedden. Op dit teeltbedrijf levert CNC Grondstoffen B.V. uit Milsbeek, NL, zowel de compost als de dekaarde. Dit alles gebeurt met een GVA-machine (Gelijktijdig Vullen en Afdekken). De dekaarde wordt op compost gebracht en gecact (gedeeltelijk vermengd), licht aangedrukt en in het bed geschoven. De menging vindt plaats met alleen de bovenste laag van de compost, zodat het mycelium sneller door de dekaarde heen groeit. De laag wordt met behulp van een doek in het bed getrokken. Er zit een laag geperforeerde folie tussen het doek en de compost. Het vulgewicht wordt bijgehouden.



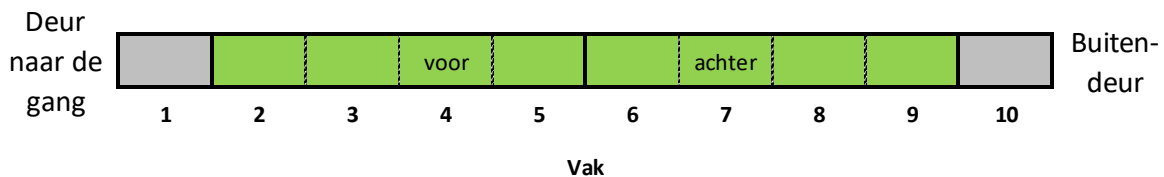
Figuur 10: Schematische weergave van de kweekcel met de linker en rechter stelling, elk met 5 bedden: a) bovenaanzicht en b) vooraanzicht.

Na het vullen zijn bij elk bed in de teeltproef temperatuurloggers opgehangen. Wanneer de dekaarde goed doorgroeit is, wordt de luchttemperatuur in de cel verlaagd. Dan komt de knopvorming op gang en ontwikkelen champignons.

In overleg met de teler is het plan van aanpak voor de oogst vastgesteld:

- Elk bed is door de staanders van de stelling in te delen in 10 vakken van 2x2 meter. Door het vulproces bestaat de kans dat er wat van de alternatieve dekaarde op het bed met de reguliere dekaarde is gekomen en andersom. Daarom is er niet bemonsterd voor de kwaliteitsmetingen uit vak 1 en vak 10. De opbrengst van deze vakken is wel meegerekend in de productiecijfers.
- Om een idee te krijgen over kwaliteitsverschillen binnen een bed zijn monsters genomen van het voorste deel (vak 2 t/m 5) en het achterste deel (van 6 t/m 9) van het bed. Het was niet mogelijk de opbrengstgegevens te scheiden in voor en achter.
- De teler plukt zoals hij altijd doet. En op elke plukdag van beide vluchten verzamelt hij monsters voor de kwaliteitsmetingen.
- De teler houdt de opbrengst per sortering per bed bij.

De monsters werden steeds 's ochtends geoogst en getransporteerd naar Wageningen. Bij aankomst werden de monsters verdeeld in een deel dat direct gemeten werd en een deel dat een week bewaard werd bij 6°C en 85% RV. Van elk monster werd een representatief deel van de champignons genomen voor een kleuropname in de kleurenkast en werd de stevigheid en hoedopening van elk van deze individuen gemeten. Van de champignons klasse fijn en middel werden 32 individuen genomen en van de daadwerkelijke flats werden maximaal 24 individuen gemeten. Na een week werd de meting herhaald aan het bewaarde deel van de partij.



Figuur 11: Schematische indeling van een bed in 10 vakken, en de verdeling in het voorste en achterste deel (groen). Van de vakken 1 en 10 (grijs) werd niet geoogst voor de kwaliteitsmetingen

De monsters van de voorzijde en achterzijde van hetzelfde bed mogen als onafhankelijk worden beschouwd^f.

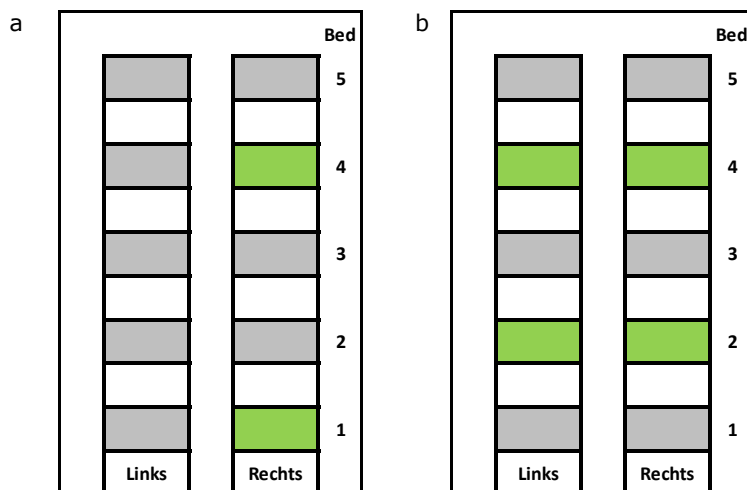
Opzet teeltproef 1

In teeltproef 1 werd de kwaliteit van champignons tijdens de teelt gevolgd door op alle plukdagen van beide vluchten monsters te verzamelen volgens de hierboven beschreven procedure. De teeltproef werd uitgevoerd in de bedden 1 en 4 van de rechter stelling in de cel (Figuur 12a).

Opzet teeltproef 2

Teeltproef 2 is opgezet om de variatie in kwaliteit in de ruimte en binnen bedden te onderzoeken. De teeltproef werd in de bedden 2 en 4 van zowel de linker als de rechter stelling uitgevoerd (Figuur 12b). Net als bij teeltproef 1 werd op elke plukdag van beide vluchten verzameld. De gegevens van deze teeltproef zijn ook gebruikt om de relatie te leggen tussen de kwaliteit bij oogst en de houdbaarheid.

^f Persoonlijke mededeling E. Boer, Biometris, Wageningen UR



Figuur 12: Schematische weergave van de indeling van de bedden in beide teeltproeven. De bedden in de proeven zijn met groen aangegeven: a) teeltproef 1 en b) teeltproef 2.

Op dit teeltbedrijf worden champignons opgekweekt tot flats. De eerste plukdagen van beide vluchten worden eerst kleine champignons geoogst die een gesloten hoed hebben. In de 2^e helft van beide vluchten worden de echte flats geoogst. Deze zijn geheel geopend en verliezen veel sporen. Dat leverde in de teeltproeven een verstoring op in de meting van witheid en het verkleurd oppervlak van de hoed, met name na bewaring. Daarom is in de analyse van de relatie van de verse champignons met de houdbaarheid alleen gebruik gemaakt van de gegevens van partijen champignons met een gemiddeld openingsstadium van 2.

3.7 Overzicht kwaliteitsmetingen per onderzoek

In Tabel 4 staat per deelonderzoek welke kwaliteitsmetingen zijn uitgevoerd:

Tabel 4: Overzicht van de kwaliteitsmetingen per onderdeel in het project

| Meting | Monitoring 2017 (A) | | | Afgekeurde partijen (B) | Volgen teelt (C) | |
|-------------|---------------------|-------------|-------------|-------------------------|------------------|-------------|
| | Vers | Bewaard 2°C | Bewaard 6°C | Vers | Vers | Bewaard 6°C |
| Kleur | X | X | X | X | X | X |
| Diameter | X | X | X | X | X | X |
| Stevigheid | X | X | X | X | X | X |
| Hoedopening | X | X | X | X | X | X |
| Versgewicht | X | | | | | |
| Dichtheid | X | | | | | |
| Droge stof | X | | | | | |
| Ademhaling | X | | | | | |

3.8 Statistische verwerking

De resultaten van de kwaliteitsmetingen zijn in het rapport met staafdiagrammen weergegeven met de gemiddelde waarden per factor en het 95% betrouwbaarheidsinterval, berekend in Microsoft® Excel® 2016 MSO (16.0.4849.1000, 32-bits editie). Voor het toetsen van de verschillen tussen

herkomsten en vlucht (A) en het effect van plukdag en positie in de kweekcel (B) is gebruik gemaakt van Analysis of Variance (ANOVA) in Genstat editie 19 (19.1.0.21390, 64-bits editie, www.vsni.co.uk):

- General ANOVA met een Tukey post hoc test (significantieniveau op 5%) of,
- Unbalanced ANOVA met een Fisher's unprotected LSD post hoc test (significantieniveau op 5%).

De relatie tussen kwaliteitsparameters is inzichtelijk gemaakt met Matrix Scatter Plots uit IBM SPSS Statistics versie 23 (release 23.0.0.2 64-bits editie). De bijbehorende correlatietabellen zijn berekend in Excel. Daarnaast is een Principale Componenten Analysis (PCA) uitgevoerd met R (versie 3.5.0, 2019, <https://www.R-project.org/>). Deze resultaten zijn weergegeven in biplots met de kwaliteitsparameters als vectoren in de ruimte, het gemiddelde van de partijen daarin als punten en met de waarden van de 1^e en 2^e principale component.

Om de voorspellende waarde van kwaliteitsparameters te onderzoeken is Multiple Lineaire Regressie met subsets toegepast in Genstat.

4 Resultaten monitoring kwaliteit (A)

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van het onderzoek waarbij gedurende lange tijd wekelijks kwaliteit van verschillende partijen champignons is gemonitord om kwaliteitsverschillen gedurende de seizoenen en tussen verschillende telers in kaart te brengen.

4.1 Algemene resultaten van de kwaliteitsmetingen aan verse en bewaarde partijen

Voor de monitoring werden de kwaliteitsparameters gemeten van 133 partijen, afkomstig van 4 teeltbedrijven (Tabel 5). Teler A en B leverden wekelijks vanaf het begin van de monitoring (december 2016). Partijen van Teler C en D werden vanaf september 2017 via Banken geleverd. Van het merendeel van de partijen is de vlucht bekend.

Tabel 5: Aantal partijen per teler in de monitoring, van vlucht 1 en 2. N/A: informatie niet beschikbaar

| | Teler A | Teler B | Teler C | Teler D |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Vlucht 1 | 29 | 26 | 11 | 10 |
| Vlucht 2 | 19 | 26 | 2 | 4 |
| N/A | 2 | | 2 | 2 |
| Totaal | 50 | 52 | 15 | 16 |

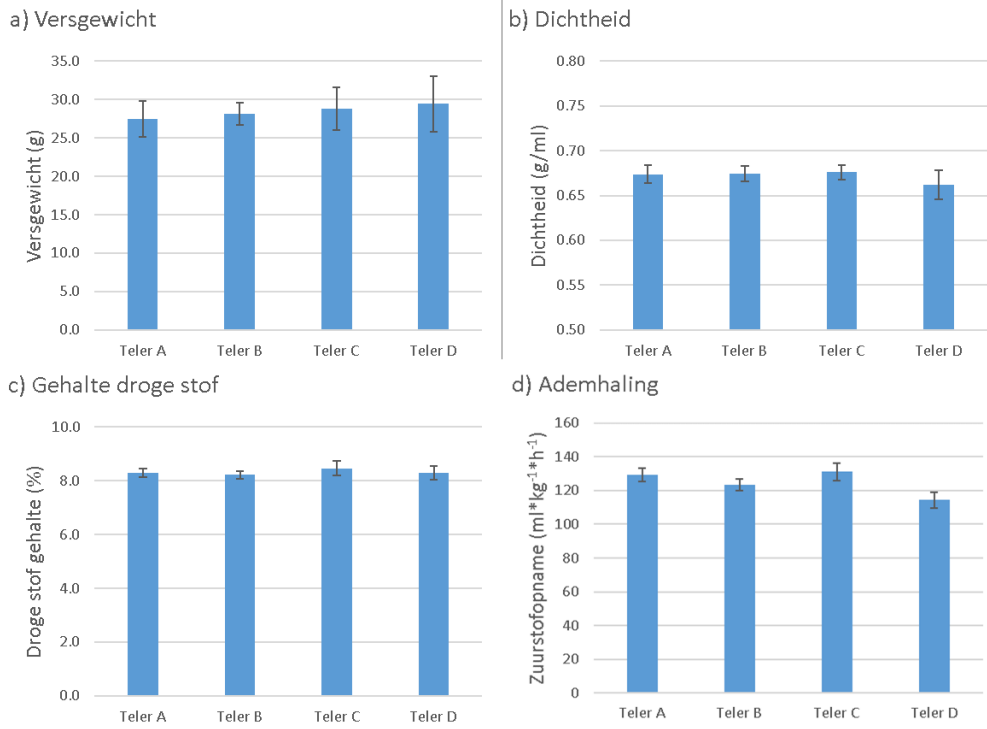
4.1.1 Invloed van teler en vlucht op kwaliteit van verse en bewaarde champignons

Figuur 13 en Figuur 14 laat het gemiddelde van de kwaliteitsparameters van de 4 telers in de proef zien. Hiervoor zijn de resultaten van alle geleverde partijen per herkomst gemiddeld. Figuur 13 laat de kenmerken zien die aan het verse materiaal zijn gemeten. In Figuur 14 staan de parameters die ook aan bewaarde champignons zijn gemeten. Met een ANOVA zijn de verschillen tussen de herkomsten statistisch geanalyseerd. De resultaten van deze analyse staan in Tabel 15 in Bijlage 2. Het versgewicht, het droge stof gehalte en dichtheid van de champignons verschilt niet tussen de herkomsten. De ademhaling van de champignons is bij Teler D wat lager dan bij Teler A en C. De champignons van Teler B liggen daartussen.

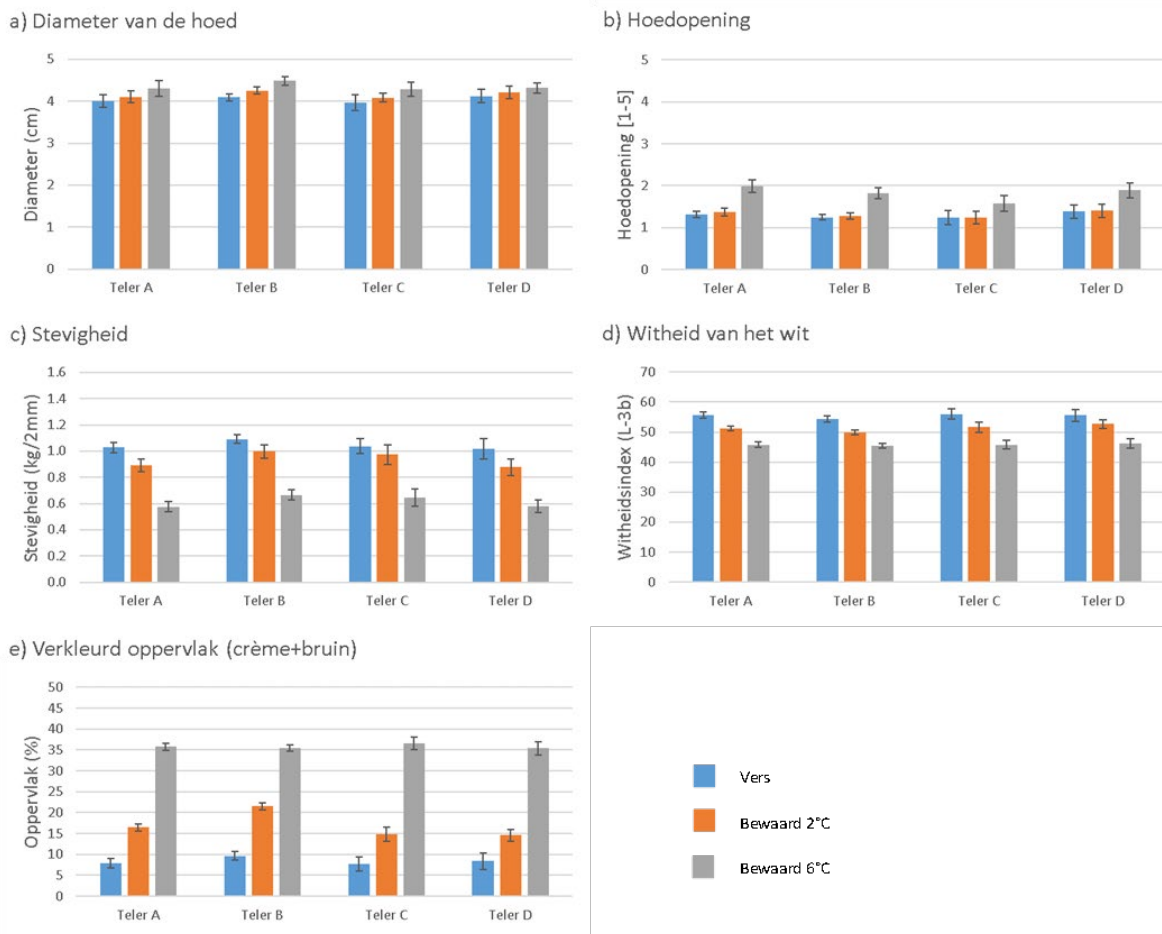
De diameter en de hoedopening van verse champignons zijn bij alle telers niet significant verschillend. De diameter neemt wat toe tijdens de bewaring, meer bij 6°C dan bij 2°C. De hoedopening verandert nauwelijks tijdens een week bewaring bij 2°C. De hoedopening verloopt sneller bij 6°C, waarbij de champignons van Teler C gemiddeld het minst ver ontwikkeld zijn.

Ook de stevigheid van verse champignons is bij de 4 telers gelijk. Het stevigheidsverlies is bij bewaring bij 6°C groter dan bij 2°C. Er zijn kleine verschillen in stevigheidsverlies tussen de herkomsten, maar deze verschillen zijn zeer gering.

De verse champignons van alle telers zijn niet significant verschillend in wit. De witheid wordt minder tijdens de bewaring. De witheid neemt bij 6°C meer af dan bij 2°C. Ook hebben de champignons van alle herkomsten evenveel verkleurd oppervlak. Tijdens de bewaring neemt het verkleurd oppervlak toe. Dat is bij 6°C meer dan bij 2°C. De champignons van herkomst B zijn bij 2 °C bewaring wat meer verkleurd, dan de andere herkomsten, maar bij 6°C zijn de herkomsten weer gelijk.



Figuur 13: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheidsinterval van verse champignons per teler: a) versgewicht, b) dichtheid, c) gehalte droge stof en d) ademhaling.



Figuur 14: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheidsinterval van verse en bewaarde (bij 2°C en 6°C) champignons per teler: a) diameter, b) hoedopening, d) stevigheid, d) witheid van het wit en e) verkleurd oppervlak.

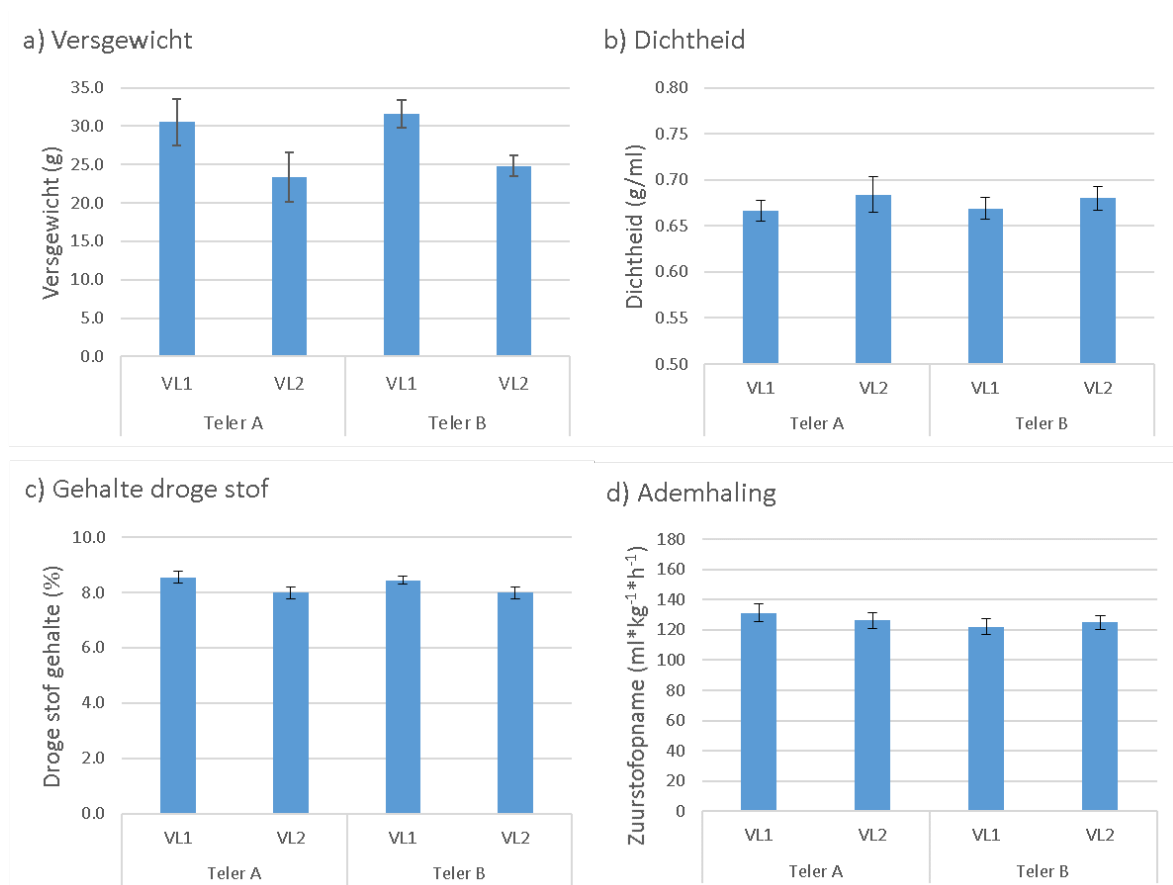
Figuur 15 en Figuur 16 laten de invloed van vluchtnummer op de kwaliteitsparameters van de champignons van Teler A en B zien. De gemiddelde waarden met de resultaten van de ANOVA staan in Tabel 16, in Bijlage 2.

De champignons van vlucht 1 zijn significant zwaarder en hebben een hoger droge stof gehalte dan champignons van vlucht 2 (Figuur 15). Er is tussen vlucht 1 en 2 geen verschil in dichtheid of ademhaling. De diameter van de champignons van vlucht 1 is wat groter dan die van vlucht 2 en de diameter neemt wat toe tijdens de bewaring, bij 6°C meer dan bij 2°C (Figuur 16a).

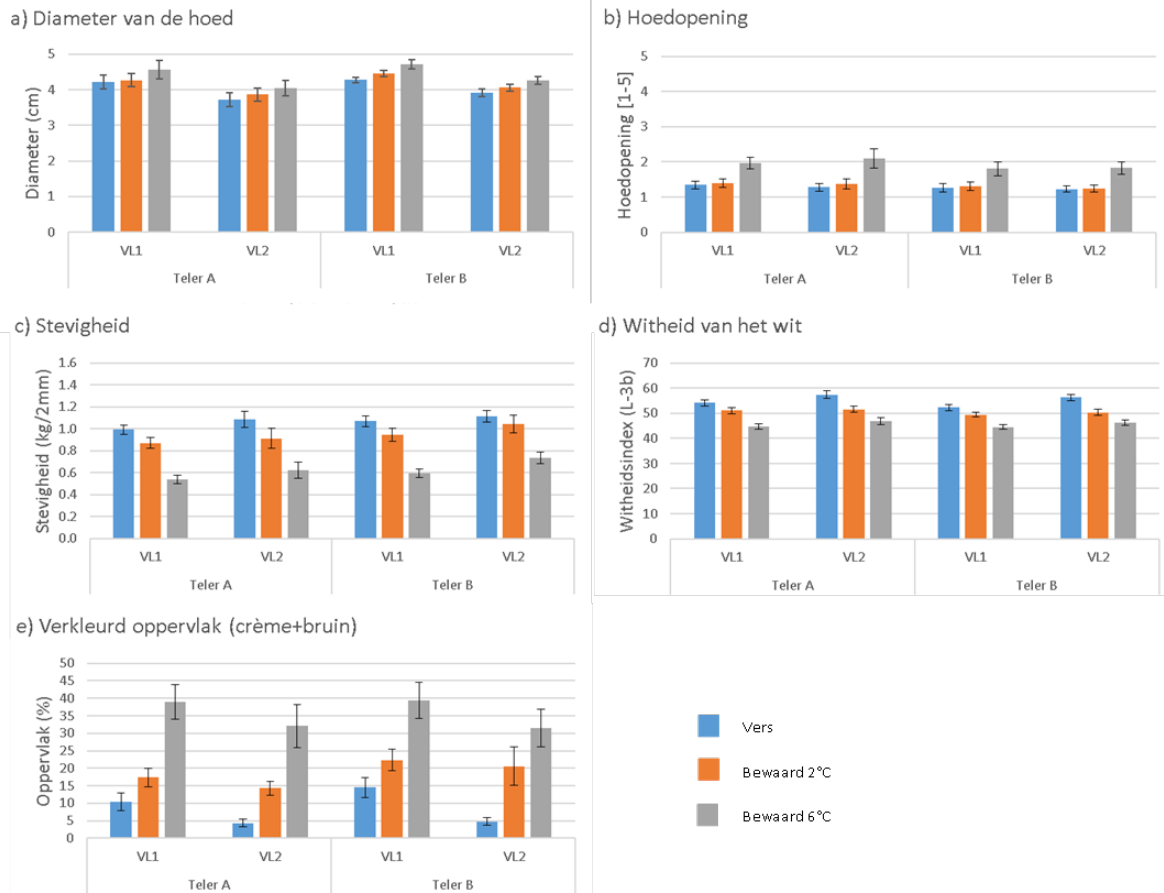
De champignons van vlucht 2 zijn over het algemeen iets steviger dan die van vlucht 1 (Figuur 16c), al zijn de verschillen erg klein.

De verse champignons van vlucht 2 zijn significant witter en hebben duidelijk minder verkleurd oppervlak dan de champignons van vlucht 1. Met het bewaren verdwijnt het verschil in witheid tussen de vluchten, het verschil in het percentage verkleurd oppervlak blijft bestaan.

Er is tussen vlucht 1 en 2 geen verschil in hoedopening gemeten.



Figuur 15: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheidsinterval van verse champignons van vlucht 1 en 2 van teler A en B: a) versgewicht, b) dichtheid, c) gehalte droge stof en d) ademhaling.



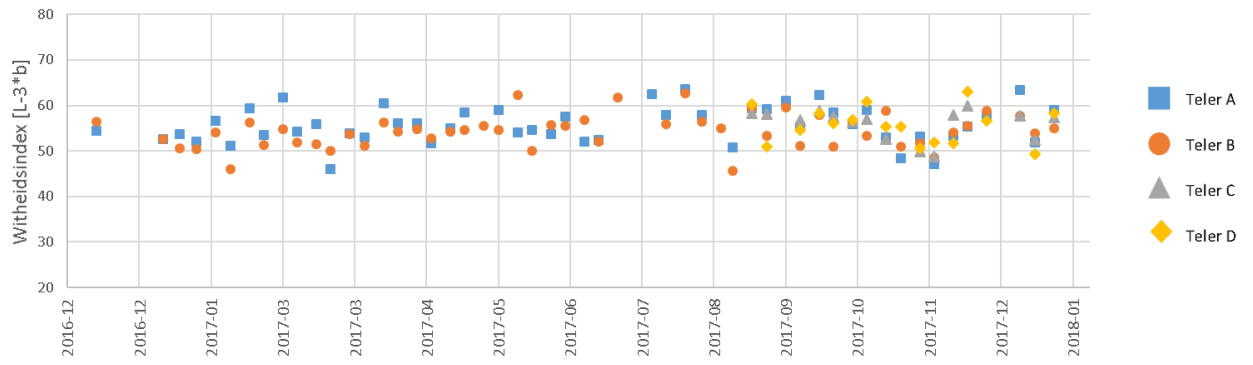
Figuur 16: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheidsinterval van verse en bewaarde (bij 2°C en 6°C) champignons van vlucht 1 en 2 van teler A en B: a) diameter, b) hoedopening, c) stevigheid, d) witheid van het wit en e) verkleurd oppervlak.

4.1.2 Invloed van seizoen/perioden in het jaar op de kwaliteit

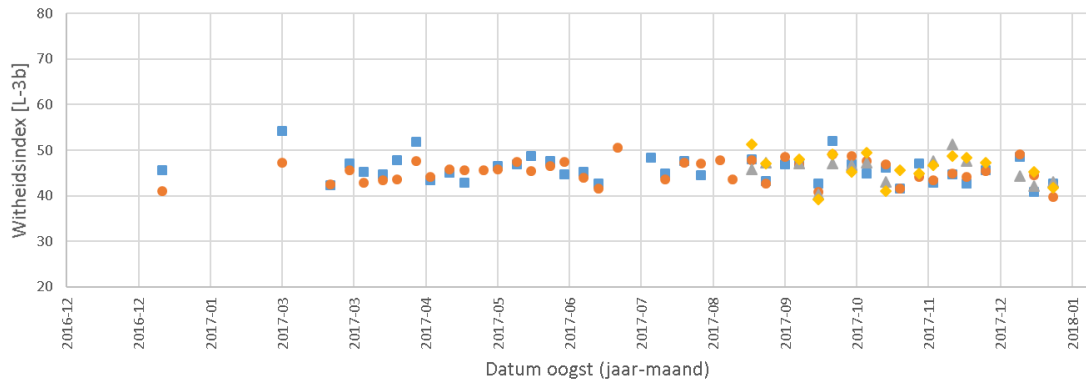
Het versgewicht, dichtheid, het gehalte droge stof en de ademhaling van de champignons tonen gedurende het gemonitorde jaar geen typische seizoensvariatie. De gemiddelden van de partijen hebben op het oog een gelijke spreiding gedurende 2017 (Bijlage 2, Figuur 46a t/m d). Ook de diameter, hoedopening en stevigheid van de champignons tonen geen typisch verloop gedurende het jaar (Bijlage 2, Figuur 47a t/m c).

De witheid van de champignons schommelt enigszins gedurende het jaar (~50-60), maar er is geen duidelijk patroon te herkennen (Figuur 17). Bovendien is de schommeling na bewaring uitgevlakt naar een niveau van ~ 40-50. In Figuur 18 is te zien dat een aantal partijen meer verkleuring van de hoed vertoont in het voorjaar en in het najaar. Er is geen duidelijk patroon tijdens het verloop van het jaar te herkennen. Na bewaring zijn deze uitschieters ook niet meer terug te vinden.

a) Witheid van het wit, van verse champignons

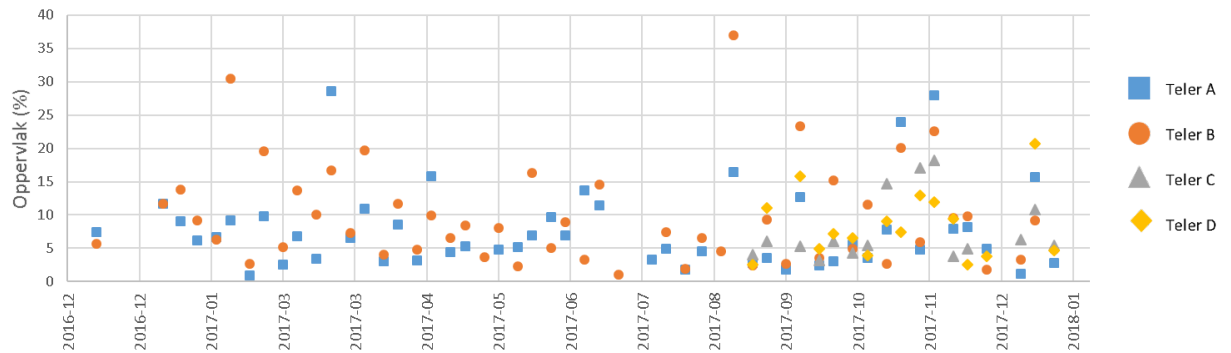


b) Witheid van het wit, van bewaarde champignons

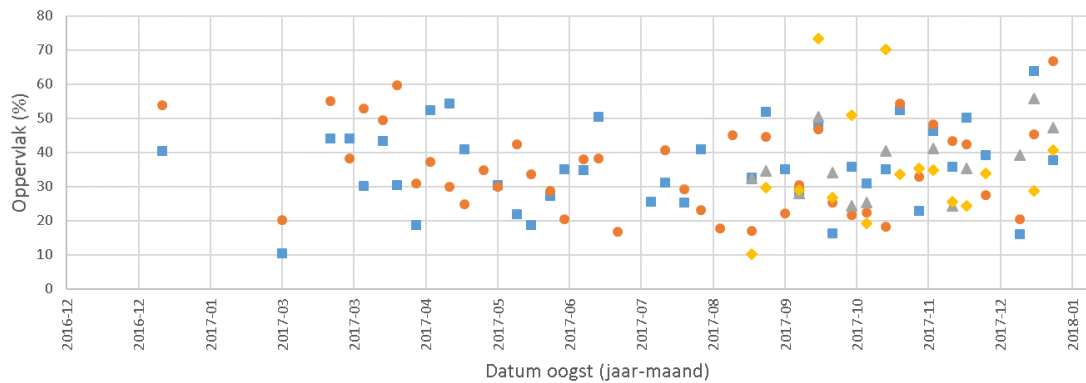


Figuur 17: De gemiddelde waarde van de witheid van de geleverde partijen per herkomst gedurende het seizoen: a) vers en b) bewaard bij 6°C.

a) Verkleurd oppervlak (bruin+crème), van verse champignons



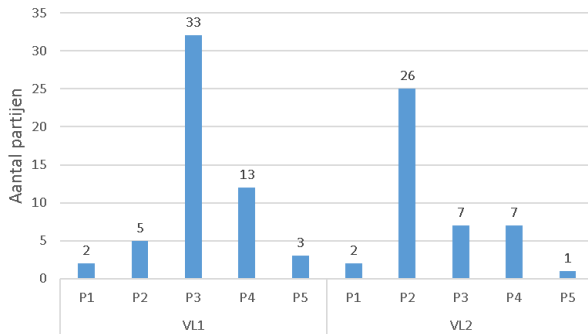
b) Verkleurd oppervlak (bruin+crème), van bewaarde champignons



Figuur 18: De gemiddelde waarde van het verkleurd oppervlak van de geleverde partijen per herkomst gedurende het seizoen: a) vers en b) bewaard bij 6°C (nb schaalverdeling y-as van beide figuren is niet gelijk).

4.1.3 Invloed van plukdag

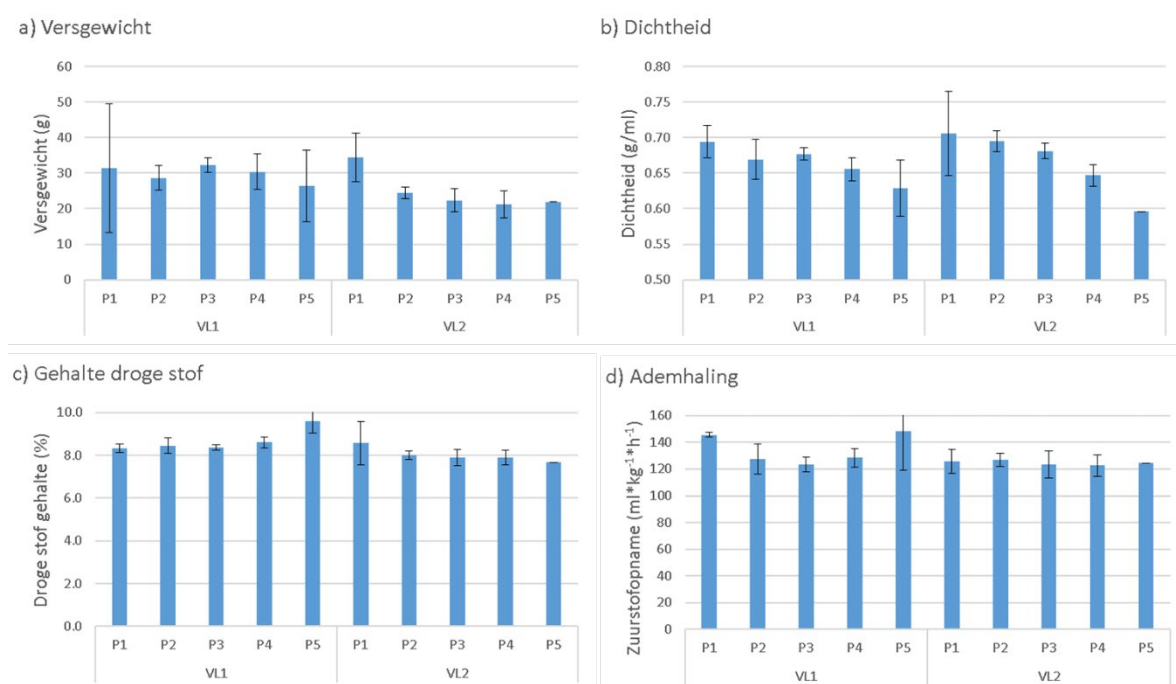
Bij de partijen van Teler A en B zijn vlucht 1 en 2 meestal afkomstig uit dezelfde kweekcel. Van deze partijen is ook in de meeste gevallen de plukdag genoteerd. Bij de eerste vlucht zijn de meeste partijen geplukt op de 3^e plukdag, en bij de tweede vlucht op de 2^e plukdag (Figuur 19). Plukdagen 1 en 5 van beide vluchten zijn nauwelijks vertegenwoordigd, met 1 tot maximaal 3 procent van het totaal.



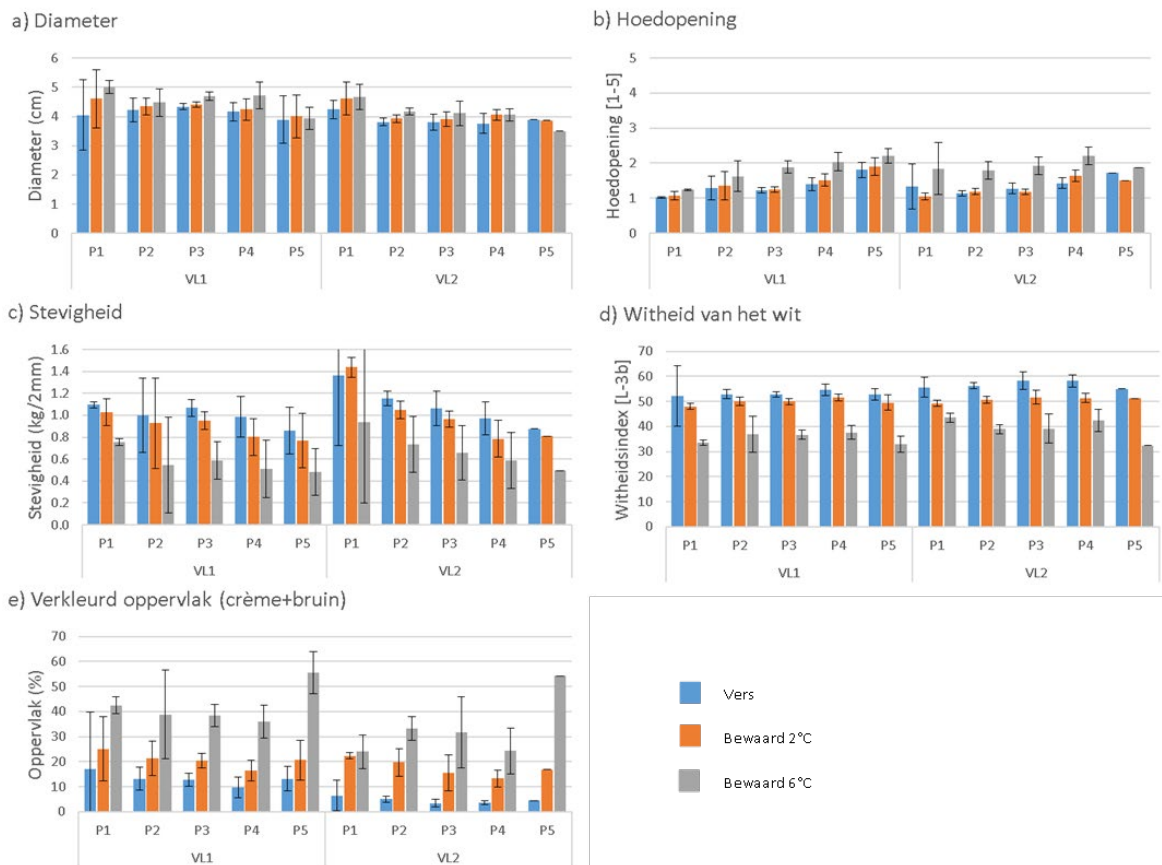
Figuur 19: Het aantal partijen per vlucht (VL) en per plukdag (P) in de monitoring van teler A en B. De getallen boven de balk geven het percentage van het totaal (n=96).

Bij de inventarisatie werden zowel plukdag als vlucht genoemd als factoren die de kwaliteit beïnvloeden. Daarom zijn hieronder de kwaliteitsparameters uitgezet als functie van vlucht en plukdag. Hiervoor zijn de gegevens van Teler A en Teler B gebruikt. Omdat het aantal waarnemingen van de plukdag erg varieert, kan geen statistische analyse worden gedaan om verschillen te toetsen. Daarom zijn onderstaande figuren alleen ter indicatie.

In Figuur 20b is te zien dat de dichtheid afneemt met de plukdag bij zowel vlucht 1 als 2. De hoedopening, of ontwikkelingsstadium, lijkt wat toe te nemen aan het einde van beide vluchten (Figuur 21b). De stevigheid neemt duidelijk af, met name tijdens vlucht 2 (Figuur 21c). Van champignons van de 5^e plukdag bij beide vluchten, neemt de verkleuring meer toe tijdens bewaring bij 6°C dan van de andere plukdagen (Figuur 21e).



Figuur 20: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheidsinterval van verse champignons van vlucht 1 en 2, per plukdag, van teler A en B: a) versgewicht, b) dichtheid, c) gehalte droge stof en d) ademhaling.

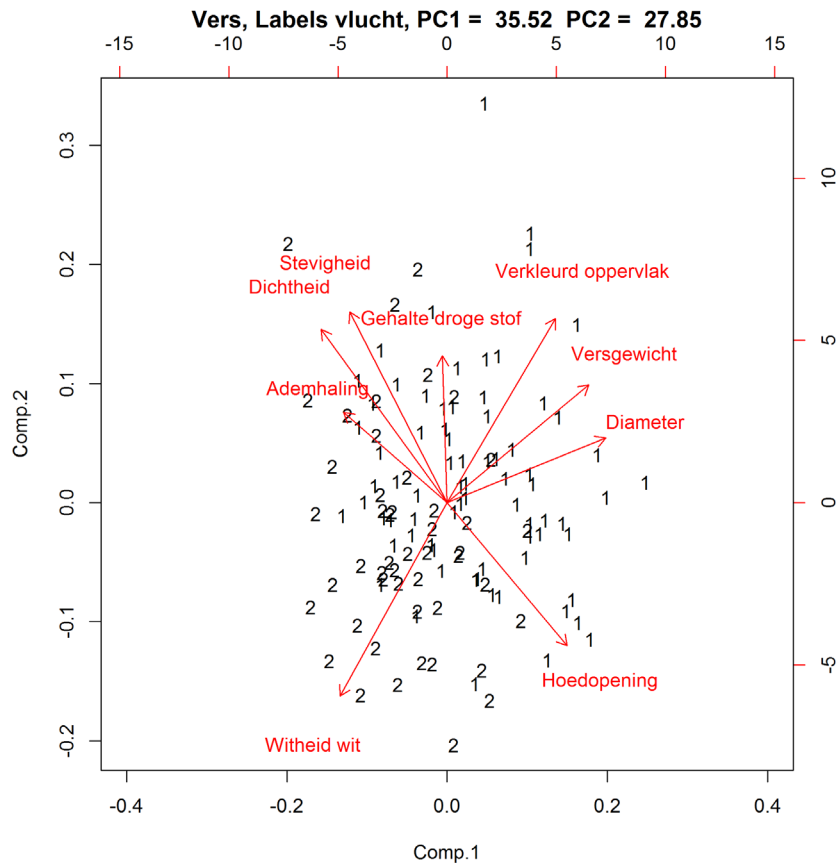


Figuur 21: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheidsinterval van verse en bewaarde (bij 2°C en 6°C) champignons van vlucht 1 en 2, per plukdag, van teler A en B: a) diameter, b) hoedopening, c) stevigheid, d) witheid van het wit en e) verkleurd oppervlak.

4.2 Verbanden tussen kwaliteitsparameters

We hebben PCA (Principal Component Analysis) uitgevoerd om verbanden tussen verschillende kwaliteitsmetingen in relatie tot elkaar te laten zien. Dit kan gevisualiseerd worden door een zogenaamde biplot te maken van de PCA. In de biplot kunnen we de relaties zien tussen de verschillende kwaliteitsmetingen. Wanneer kwaliteitsmetingen dezelfde richting hebben in de biplot, zijn deze twee kwaliteitsmetingen positief met elkaar gecorreleerd. Wanneer twee kwaliteitsmetingen tegenover elkaar staan zijn in de biplot ze juist negatief gecorreleerd. Wanneer de kwaliteitsmetingen haaks op elkaar staan in de biplot hebben ze geen samenhang met elkaar. Bij een PCA-analyse en de daar bijbehorende biplot, is het percentage verklaarde variantie belangrijk. Als 2 principale componenten veel van de variatie verklaren is er een duidelijke correlatie. De analyse vat de dataset met veel kwaliteitsmetingen samen in twee principale componenten. Elke individuele waarneming, in dit geval gemiddelde kwaliteit van één partij, wordt geplotted in de biplot aan de hand van scores van deze partijen. Daarmee kunnen eventuele clusters van partijen en afwijkende partijen worden gevisualiseerd.

Figuur 22 toont kwaliteitsmetingen aan verse champignons, waarbij elke partij gelabeld is als vlucht 1 of vlucht 2. De kwaliteitsparameters staan als vectoren in de biplot geplotted. De PCA toont ons dat verkleurd oppervlak lijnrecht tegenover witheid van het wit staat: hoe groter het percentage verkleurd oppervlak van de champignon, hoe minder wit het wit van de champignon is. Er lijkt ook enig verband te zijn met de grootte van de champignon: hoe zwaarder, hoe groter het percentage verkleuring. De hoedopening staat lijnrecht tegenover stevigheid, dichtheid staat (en in mindere zin ademhaling): hoe groter de hoed, hoe lager de dichtheid en de stevigheid.



Figuur 22: Biplot van verschillende kwaliteitsmetingen van alle partijen tijdens de monitoring. De partijen zijn per vlucht gelabeld.

De kleurkenmerken (witheid en verkleurd oppervlak) staan bijna haaks op de hoedopening, stevigheid en dichtheid. De twee assen met hun factoren zijn dus onafhankelijk van elkaar (lage correlatie). De eerste twee principale componenten verklaren samen $\sim 63\%$ van de variatie in de data. Dat betekent dat 33% van de variatie in de gegevens niet verklaard kan worden met de parameters die zijn gemeten.

We zien verder dat veel punten gelabeld als vlucht "1" in de richting van "verkleurd oppervlak" geplaatst zijn (rechtsboven in de figuur). Dit komt overeen met wat we eerder opgemerkt hebben dat champignons van vlucht 1 over het algemeen een hoger percentage verkleurd oppervlak hebben en iets zwaarder zijn.

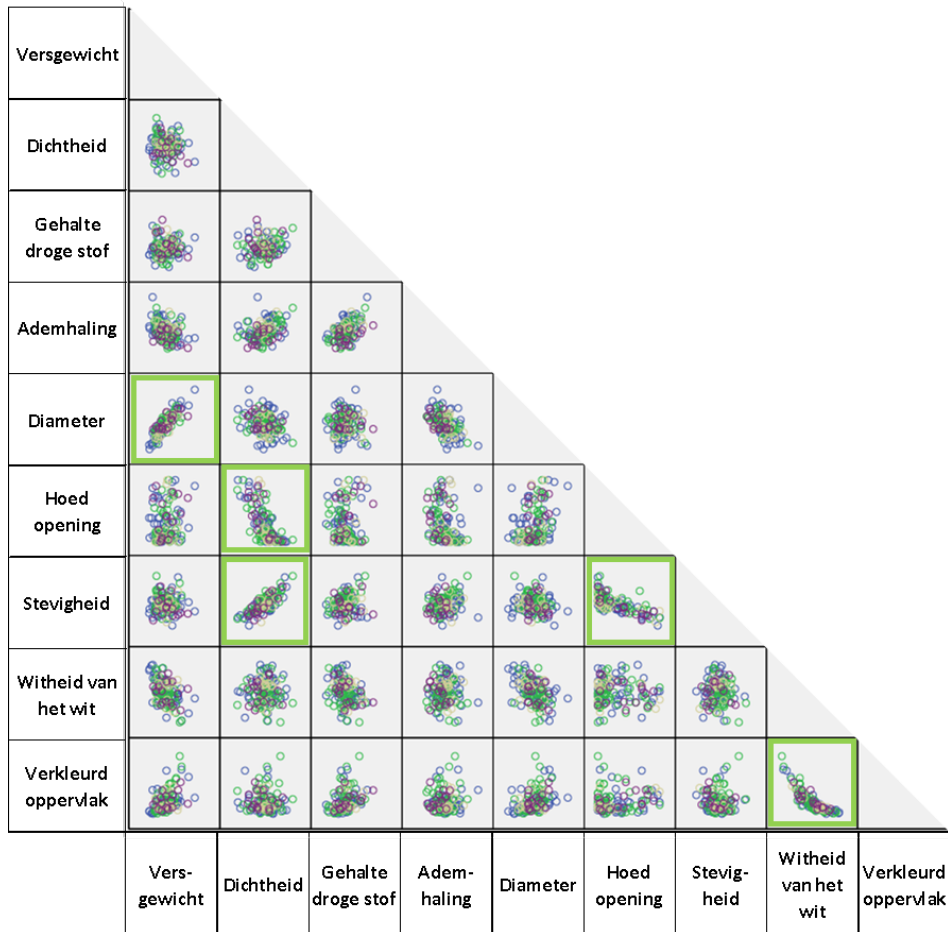
Wanneer we de gegevens per vlucht bekijken, zien we dezelfde verbanden ook binnen de vlucht terug. De figuren zien er op hoofdlijnen hetzelfde uit en worden daarom hier niet getoond. Voor vlucht 2 is het verklarend percentage iets hoger (74%) in vergelijking met vlucht 1 (61%).

4.3 Voorspellende waarde voor de houdbaarheid

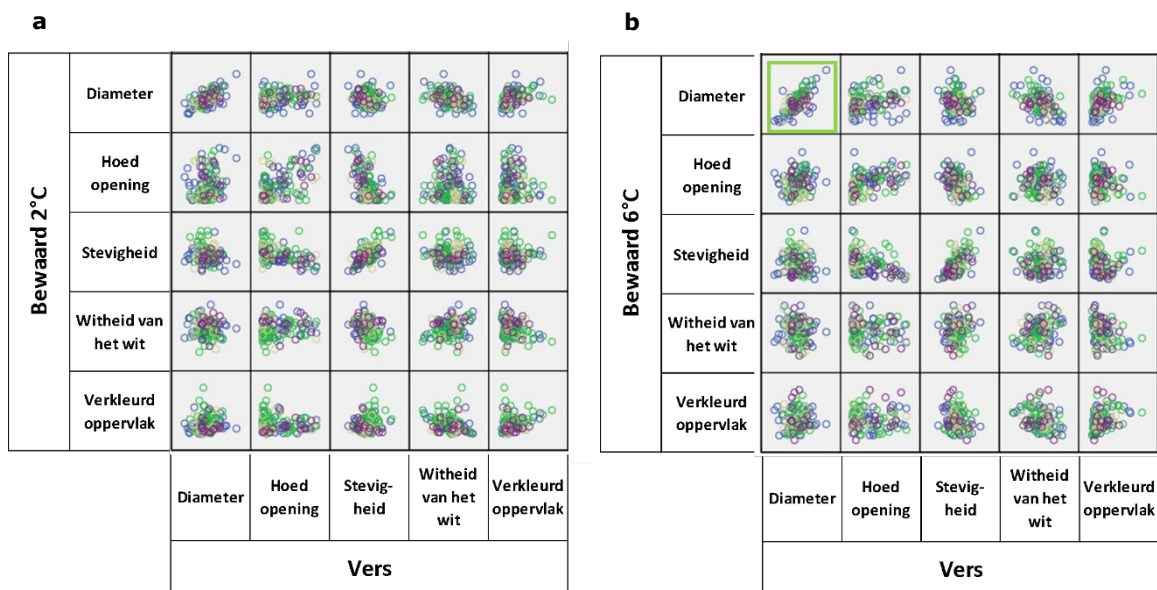
Om de houdbaarheid te kunnen voorspellen, zal er een verband moeten zijn tussen de metingen aan de verse champignons en na bewaring bij 2°C en 6°C . Figuur 23 t/m Figuur 24 laten het verband zien tussen de kenmerken gemeten aan verse en bewaarde champignons. In Bijlage 2, Tabel 17, staat de achterliggende correlatietabel met het overzicht van de correlatiecoëfficiënten R van de lineaire regressies in Figuur 23 en Figuur 24.

Figuur 23 laat de verbanden zien tussen de diverse kwaliteitsparameters van de verse champignons. Het versgewicht is positief gecorreleerd aan de diameter: hoe breder de hoed hoe zwaarder de

champignon. De champignons met een hogere dichtheid zijn gemiddeld steviger. De stevigheid neemt af bij een grotere hoedopening.



Figuur 23: Visualisatie van het verband tussen de kenmerken die aan de verse champignons zijn gemeten. De verbanden gemarkeerd met een groen vak hebben een correlatiecoëfficiënt $R < -0.7$ of $R > 0.7$. Kleuren van de symbolen geven de herkomst weer.



Figuur 24: Visualisatie van het verband tussen de kenmerken die zowel aan verse als aan bewaarde champignons zijn gemeten: a) vers vs. bewaard bij 2°C en b) vers vs. bewaard bij 6°C. De verbanden gemarkeerd met een groen vak hebben een correlatiecoëfficiënt $R < -0.7$ of $R > 0.7$. Kleuren van de symbolen geven de herkomst weer.

Figuur 24 laat zien dat er geen sterke correlaties zijn tussen metingen aan verse champignons en bewaarde champignons. De kleurparameters gemeten aan verse champignons hebben geen directe relatie tot de kleur na bewaring. Ook de andere kwaliteitsparameters, gemeten aan het verse product, laten geen verband zien met de kwaliteitsparameters na bewaring. Alleen de diameter van de verse champignons heeft een sterke relatie met de diameter na bewaring ($R > 0.7$, Bijlage Tabel 17).

Met multiple lineaire regressie is de voorspellende waarde van een combinatie van de kwaliteitsparameters onderzocht. Daarbij zijn de 9 kwaliteitsparameters⁹ gemeten aan verse champignons, de verklarende variabelen, gerelateerd aan de kwaliteitsparameters na bewaring, de responsvariabelen. Van elke responsvariabele is de hoogste mogelijke R^2 met deze 9 verklarende variabelen bepaald (Tabel 6).

Tabel 6: De determinatie coëfficiënt R^2 van de respons variabelen met 9 verklarende variabelen

| Responsvariabelen | R^2 vers vs. bewaard bij 2°C | R^2 vers vs. bewaard bij 6°C |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Diameter | 50.6 | 58.0 |
| Hoedopening | 41.9 | 24.6 |
| Stevigheid | 45.5 | 47.3 |
| Witheid van het wit | 14.9 | 19.0 |
| Verkleurd oppervlak | 12.7 | 19.6 |

De R^2 van de diameter van de hoed na bewaring is het hoogst. De variantie wordt voor ongeveer 50 tot 60% verklaard met de metingen aan de verse champignons. Dat betekent dat 50 tot 60% van de spreiding in de bewaarde champignons kan worden voorspeld met de metingen aan de verse champignons.

Het percentage verklaarde variantie in hoedopening en stevigheid ligt wat lager met 40 tot 50%. De voorspellende waarde van de kleuraspecten is met 12 tot 20% erg laag. Dat betekent dat met deze dataset de witheidsindex of het verkleurd oppervlak op het niveau van individuele partijen na bewaring niet voorspeld kan worden door de meting aan vers materiaal.

4.4 Conclusie monitoring kwaliteit

In onderstaande tabel worden de resultaten van de monitoring van kwaliteit van champignons samengevat met betrekking tot effecten van 1 week bewaring bij 2°C of 6°C, herkomst, vlucht en plukdag, of periode in het jaar, op gemeten (kwaliteits)eigenschappen.

Het grote effect van bewaarduur en -temperatuur na oogst op de kwaliteit van champignons is in dit onderzoek opnieuw bevestigd. Een hogere bewaartemperatuur heeft een sterk negatieve invloed op alle gemeten kwaliteitsfactoren (hoedopening, stevigheid, witheid van het wit, percentage verkleurd oppervlak). Van de overige parameters zijn het vooral de vlucht en late plukdag die verschillen in kwaliteit laten zien. Tussen de telers die in ons onderzoek meededen, werd gemiddeld genomen over een jaar, geen verschil in kwaliteit gemeten: er was geen teler met gemiddeld betere of slechtere kwaliteit. In het voor- en najaar is er iets meer variatie in gemiddelde witheid/verkleuring van partijen, maar deze variatie is na bewaring niet terug te vinden.

⁹ Verklarende variabelen gemeten aan verse champignons voor multiple lineaire regressie: versgewicht, dichtheid, gehalte droge stof, ademhaling, diameter, hoedopening, stevigheid, witheid van het wit en verkleurd oppervlak

^h De determinatiecoëfficiënt R^2 is een maat voor het deel van de variabiliteit dat wordt verklaard door het statistisch model. Een R^2 van 0.85 betekent dat 85% van de totale variatie verklaard kan worden door het lineaire verband tussen x en y (zoals beschreven in de regressie vergelijkingsformule). De overige 15% van de totale variatie in y blijft onverklaard. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Determinatieco%C3%ABffici%C3%ABnt>

Tabel 7 Effecten bewaring, herkomst, vlucht, plukdag en perioden in het jaar op kwaliteitsfactoren.

| | Bewaring | Herkomst | Vlucht | Plukdag* | Perioden in het jaar |
|--------------------------------|----------------|---|---------------|---|-----------------------------------|
| Versgewicht | (niet gemeten) | Geen verschil | 1>2 | | Geen effect |
| Drogestof | (niet gemeten) | Geen verschil | 1>2 | | Geen effect |
| Dichtheid | (niet gemeten) | Geen verschil | Geen verschil | Dichtheid neemt af bij later plukdag (zowel vlucht 1 als 2) | Geen effect |
| Ademhaling | (niet gemeten) | D<B< A, C | Geen verschil | | Geen effect |
| Hoedopening vers | n.v.t | Geen verschil | Geen verschil | Hoedopening neemt mogelijk iets toe bij latere plukdag. Zowel vlucht 1 als 2 | Geen effect |
| Hoedopening bewaard | Vers≤2°C<6°C | Geen verschil | Geen verschil | | Geen effect |
| Diameter vers | n.v.t | Geen verschil | 1>2 | | Geen effect |
| Diameter bewaard | Vers<2°C<6°C | Geen verschil | 1>2 | | Geen effect |
| Stevigheid vers | n.v.t | Geen verschil | 1<2 | Bij vlucht 2 neemt stevigheid af bij latere plukdag. Vlucht 1 ook? | Geen effect |
| Stevigheid bewaard | Vers<2°C<6°C | Geen verschil | 1<2 | Bij vlucht 2 neemt stevigheid af bij latere plukdag. Vlucht 1 ook? Grote variaties. | Geen effect |
| Witheid wit vers | n.v.t | Geen verschil | 1<2 | | Meer variatie in voor- en najaar? |
| Witheid wit bewaard | Vers>2°C>6°C | Geen verschil | Geen verschil | | Geen effect |
| Verkleurd opp % vers | n.v.t | Geen verschil | 1>2 | | Meer variatie in voor- en najaar? |
| Verkleurd opp % bewaard | Vers<2°C<6°C | Geen verschil Alleen herkomst B bij 2C meer. | 1>2 | Champignons plukdag 5 hebben veel verkleuring na bewaring (vlucht 1 en 2) | Geen effect |

*Omdat het aantal waarnemingen van de plukdag erg varieert, kan geen statistische analyse worden gedaan om verschillen te toetsen.

Een aantal kwaliteitsfactoren blijkt in onze data sterk met elkaar verbonden te zijn:

- Witheid van het wit heeft een negatief verband met verkleurd oppervlak. In mindere mate zijn deze factoren ook verbonden met versgewicht (maat) en enigszins met diameter: hoe witter, hoe minder verkleurd en minder zwaar en minder verre hoedopening.
- Hoedopening toont een negatief verband met stevigheid en dichtheid: hoe verder de hoed open, hoe minder stevig en hoe lager de dichtheid.

Uit de data kan niet geconcludeerd worden dat dit een oorzakelijk verband is.

De data toont aan dat de kleurgerelateerde factoren weinig tot niks te maken hebben met hoedopening of de stevigheid. De processen van verkleuring en rijping verlopen onafhankelijk van elkaar.

Verder volgt uit de resultaten dat ademhaling en droge stofgehalte factoren zijn die minder duidelijk verbonden zijn met overige kwaliteitsparameters en dus geen waarde hebben om te meten/monitoren om een goed beeld van kwaliteit van een partij te krijgen.

Opvallend is dat de kwaliteitsmetingen aan verse champignons geen goede correlatie vertonen met kwaliteitsmetingen na bewaring. Dit geldt voor zowel losse kwaliteitsparameters ('witheid vers' voorspelt slecht 'witheid na bewaring') als voor een combinatie van metingen.

5 Resultaten afgekeurde partijen (B)

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van het meten van kwaliteit van door de groothandel goed- en afgekeurde partijen om een beeld te krijgen van het kwaliteitsbeeld behorende bij visuele afkeurredenen (met name kleurgerelateerde afkeurredenen) en om de ontwikkelde kleurmeting en -analyse op waarde te kunnen schatten voor gebruik in de praktijk.

5.1 Algemene resultaten

In mei en oktober 2018 bracht Banken Champignons kratjes van totaal 19 partijen met een kleurgerelateerde keuropmerking, op de dag van keuring. Figuur 25 toont een woordwolk van de opmerkingen. Een term die vaker werd genoemd, heeft hier grotere letters.



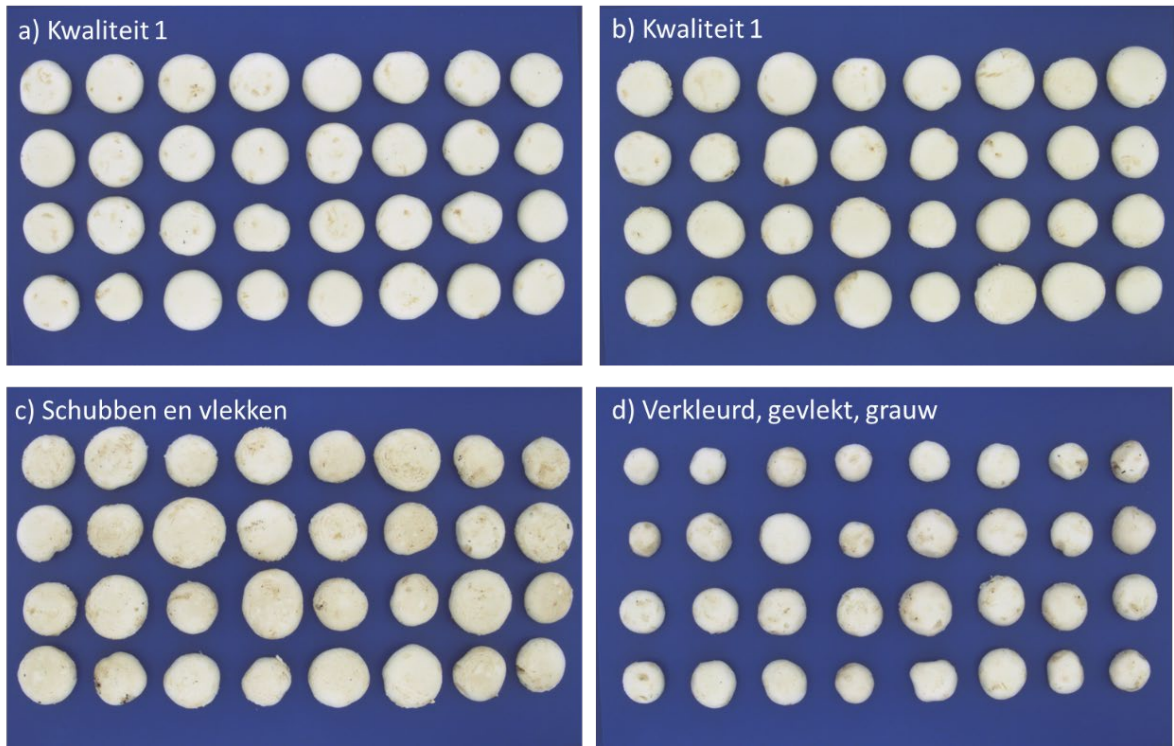
Figuur 25: Woordwolk van de kleuropmerkingen.

De partijen werden zowel los in het krat geleverd, als in bakjes in het krat. De bakjes verschilden van maat en van kleur. Figuur 26 geeft een indruk van de geleverde partijen.



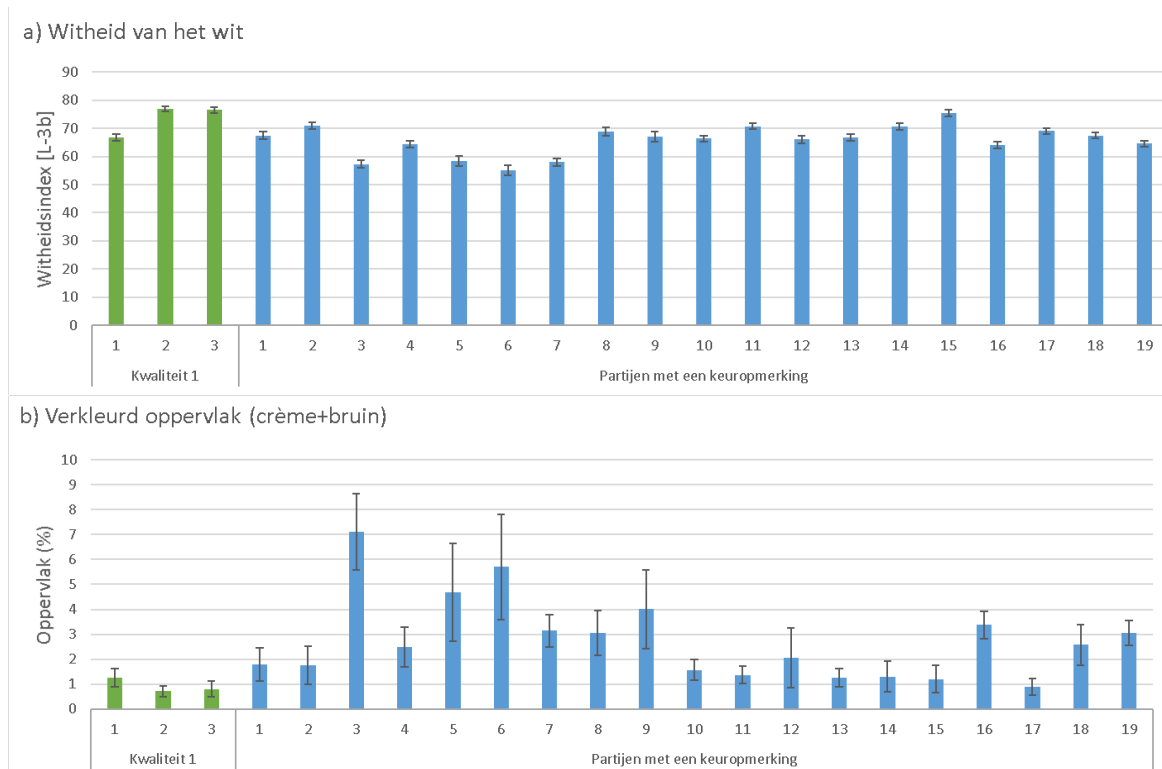
Figuur 26: Voorbeeld van aangeleverde partijen: de foto's zijn genomen onder niet-gestandaardiseerde omstandigheden. (Bron: WFBR)

In Figuur 27 is van 4 partijen de gestandaardiseerde kleuropname te zien. Ook champignons van Kwaliteit 1 champignons (a en b) hebben bruine vlekken en verkleuring van de hoed. Er zijn geen grote verschillen tussen individuele champignons zichtbaar. De champignons van c zijn over het geheel veel minder wit en bij d zijn verschillen tussen individuen waarneembaar.



Figuur 27: Gestandaardiseerde kleuropnames van monsters van 4 partijen in de kleurenkast: a) en b) Kwaliteit 1, c) en d) Met keuropmerking. (Bron: WFBR)

Figuur 28 toont de gemiddelde witheidsindex (a) en het gemiddelde percentage verkleurd oppervlak (b) van de 3 goedgekeurde en 19 afgekeurde partijen. De verschillen in witheidsindex tussen goed- en afgekeurde partijen zijn niet heel groot. Vier afgekeurde partijen hebben een duidelijk lagere witheidsindex (partij 3, 5, 6 en 7). De witheidsindex van de overige afgekeurde partijen is vergelijkbaar met die van de goedgekeurde partijen.



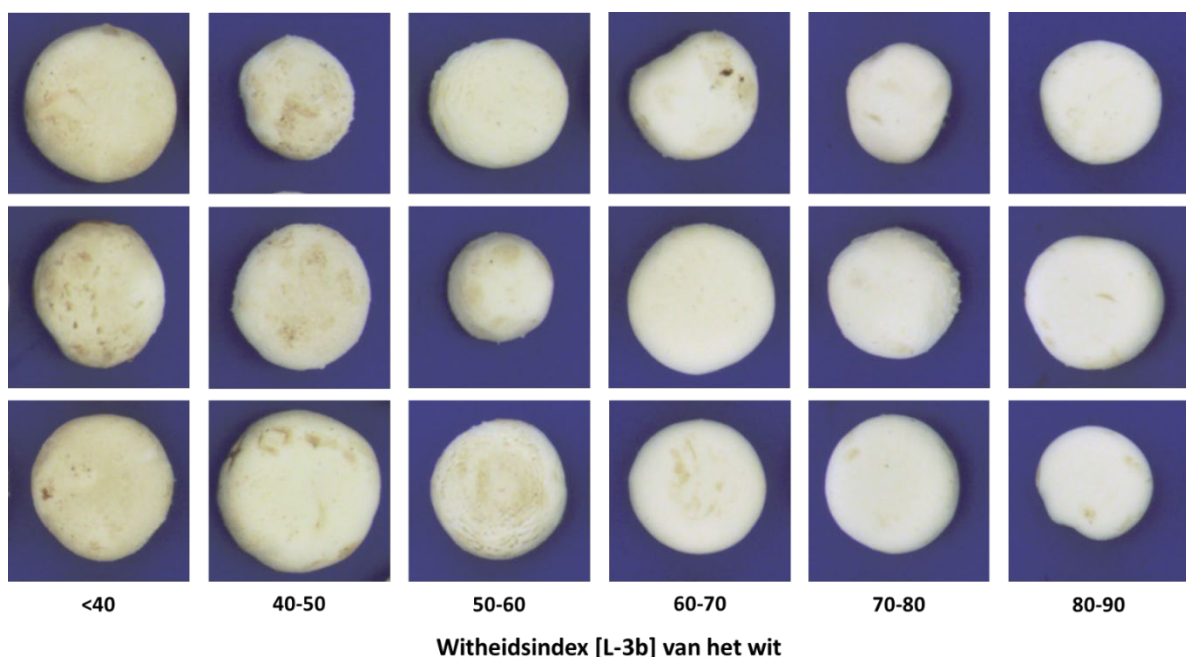
Figuur 28: Gemiddelde waarden van kleurparameters met het 95% betrouwbaarheidsinterval van goedgekeurde en afgekeurde partijen: a) witheid van het wit en b) verkleurd oppervlak.

Zoals ook aan de foto's in Figuur 27 a en b is te zien, hebben champignons van goedgekeurde partijen een laag percentage verkleurd oppervlak van de hoed (Figuur 28b). De meeste afgekeurde partijen hebben meer verkleuring van de hoed dan de goedgekeurde partijen. Er is een aantal partijen dat een vergelijkbare hoeveelheid verkleurd oppervlak heeft als de goedgekeurde partijen.

5.2 Toepassen van kleurgrenzen

Met objectieve kleurmetingen, kunnen grenswaarden worden vastgesteld voor het goed- dan wel afkeuren van partijen. Ook kan de ernst van de afwijkingen worden bepaald. Zulke grenswaarden zijn afhankelijk van het gebruik en kunnen worden aangepast aan de wensen, lees kwaliteitseisen, van de gebruiker.

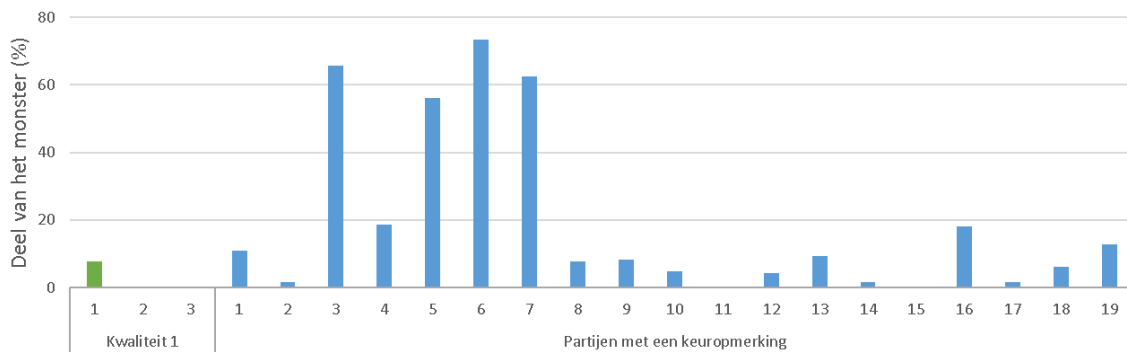
Om dit te illustreren, hebben we met de beschikbaar data van goed- en afgekeurde partijen een grens gesteld voor de witheidsindex. We hebben de grens tussen een acceptabele en onacceptabele witheidsindex op 60 gelegd (Figuur 29).



Figuur 29: Voorbeelden van champignons gemeten in de kleurenkast met een oplopende witheid, van links naar rechts. (Bron: WFBR)

Vervolgens is per partij het percentage van de individuen met een witheidsindex lager dan 60 bepaald (Figuur 30). Hierdoor zijn de verschillen tussen partijen duidelijker geworden dan bij het gebruik van alleen de gemiddelde witheid. Afgekeurde partijen 3, 5, 6 en 7 vallen nu extra op door het hoge percentage champignons dat niet wit genoeg is. Er zijn ook afgekeurde partijen waarvan het gemeten monster geen of nauwelijks champignons met een witheidsindex lager dan 60 bevatte (partij 11, 14, 15 en 17).

Deel van de champignons met een witheidsindex lager dan <60



Figuur 30: Percentage champignons in een partij met een witheidsindex lager dan 60 bij goedgekeurde en afgekeurde partijen.

5.3 Vergelijk kleuranalysemethoden

De verschillende hierboven beschreven analysemethoden kunnen met elkaar vergeleken worden om te bepalen welke methode op dit moment het meest bruikbaar zou zijn om partijen uit te kunnen selecteren op goede/slechte kwaliteit op basis van een foto van 36 individuele champignons van een partij.

Tabel 8 laat zien dat het percentage verkleurd oppervlak de meest correcte scheiding heeft gemaakt tussen afgekeurde partijen en goedgekeurde (Kwaliteit I) partijen. De twee partijen die niet goed met de methode uitgeselecteerd worden, zijn partij 15 en 17 (Figuur 31). Bij partij 15 blijken veel stelen naar boven gekeerd waardoor een rommelig beeld ontstaat in het krat, maar bij meting aan hoed geeft dit niet meer afwijkingen te zien in vergelijking met goedgekeurde partijen. Partij 17 is afgekeurd door bacterievlekken, deze waren aanwezig op een klein gedeelte van de individuen en is nog maar een klein oppervlak en wordt blijkbaar minder goed in een percentage mee genomen.

De metingen op basis van witheid van het wit komen te veel overeen met de goedgekeurde partijen (met de huidige gekozen grenzen). Het valt op dat partij 1 van de goedgekeurde partijen een lagere witheidsindex heeft dan de andere twee goede partijen. Het zou kunnen dat we hier met variatie binnen partij 1 te maken hebben of dat we een niet representatief kratje ontvangen hebben.



Figuur 31: Gestandaardiseerde kleuropnames van de twee kratjes van partij 15 (boven) en 17 (onder). Bij partij 15 zijn veel stelen naar boven gericht. Bij partij 17 zijn bacterievlekken zichtbaar. (Bron: WFBR)

Tabel 8: Overzicht van de geleverde partijen met keuropmerkingⁱ met de gemiddelden van de witheid van het wit, het percentage verkleurd oppervlak en het percentage individuen met een witheid onder 60. Gemiddelden die een lagere kwaliteit aangeven dan die van goedgekeurde partijen (Kwaliteit 1) zijn met oranje aangeduid.

| | Partij nr | Reden1 | Reden2 | Reden3 | Witheid van het wit | Verkleurd oppervlak | Percentage WI<60 |
|--------------------------------|-----------|------------|---------------|-----------|---------------------|---------------------|------------------|
| Kwaliteit 1 | 1 | | | | 66.7 | 1.3 | 7.8 |
| | 2 | | | | 76.5 | 0.8 | 0.0 |
| | 3 | | | | 76.8 | 0.7 | 0.0 |
| Partijen met een keuropmerking | 1 | kleur | schubben | vlekken | 57.3 | 7.1 | 65.6 |
| | 2 | grauw | bruine stelen | | 67.5 | 1.8 | 10.9 |
| | 3 | grauw | vlekken | | 71.0 | 1.8 | 1.6 |
| | 4 | voorloper | verkleuring | | 55.1 | 5.7 | 73.4 |
| | 5 | grauw | gevekt | | 58.3 | 4.7 | 56.3 |
| | 6 | voorloper | verkleuring | | 58.0 | 3.2 | 62.5 |
| | 7 | kleur | gevliesd | | 64.4 | 2.5 | 18.8 |
| | 8 | verkleurd | gevekt | grauw | 68.8 | 3.0 | 7.8 |
| | 9 | grauw | gevliesd | verkleurd | 66.3 | 1.6 | 4.7 |
| | 10 | voorlopers | verkleurd | | 67.0 | 4.0 | 8.3 |
| | 11 | verkleurd | | | 66.1 | 2.1 | 4.2 |
| | 12 | grauw | vlek | | 70.8 | 1.4 | 0.0 |
| | 13 | grauw | zwak | | 70.6 | 1.3 | 1.6 |
| | 14 | grauw | | | 66.7 | 1.3 | 9.4 |
| | 15 | gevekt | kleur | | 75.4 | 1.2 | 0.0 |
| | 16 | vlekken | geschubt | | 63.9 | 3.4 | 19.0 |
| 17 | bacterie | | | 69.0 | 0.9 | 1.6 | |
| 18 | grauw | vlekken | | 67.5 | 2.6 | 6.3 | |
| 19 | kleur | grauw | | 64.6 | 3.1 | 12.7 | |

5.4 Conclusie afgekeurde partijen

Doel van het nemen van foto's van kratjes met afgekeurde partijen is om een beeld te krijgen van het kwaliteitsbeeld horende bij visuele afkeurredenen (met name kleurgerelateerde afkeurredenen) met goedgekeurde partijen als referentie. Daarnaast helpen de foto's om te beoordelen of de ontwikkelde kleurmeting en -analyse potentie heeft voor gebruik in de praktijk.

De beschreven resultaten tonen aan dat op basis van de huidige foto- en kleuranalyse, met behulp van het berekende percentage verkleurd oppervlak, een goed onderscheid gemaakt kan worden tussen, door de keurmeester, goed- en afgekeurde partijen: 20 van de 22 partijen werden correct beoordeeld als goedgekeur danwel afkeur.

De resultaten bieden perspectief om foto- en kleuranalyse in de praktijk toe te passen om kleurgerelateerde eigenschappen objectief te bepalen en een oordeel te kunnen geven over afkeur. Door op structurele wijze de kleur van zowel goedgekeurde partijen als afgekeurde partijen te meten, kunnen objectieve grenswaarden vast gesteld worden voor toepassing in de keten.

Ontwikkeling van een foto-beoordeling op basis van een foto van de bovenkant van een gevuld kratje kan helpen om bij de beoordeling slechtverzorgde kratjes, bijvoorbeeld met stelen omhoog, te kunnen

ⁱ Keuropmerkingen die met de kleurmeting niet kunnen worden gemeten zijn grijs gemaakt.

onderscheiden. De eerste metingen aan gevulde kratjes zijn gedaan in het project, en zien er veelbelovend uit. Echter, verdere ontwikkeling van de methode is nodig om o.a. te kunnen corrigeren voor schaduwwerking en om vormen te herkennen, zoals de hoed, steeltjes en mogelijk ook schubben. Een extra aandachtspunt bij opnamen van een gevuld kratje, is dat er niet in een kratje gekeken kan worden, waarmee "verstopte" problemen gemist worden.

6 Resultaten volgen van een teelt (C)

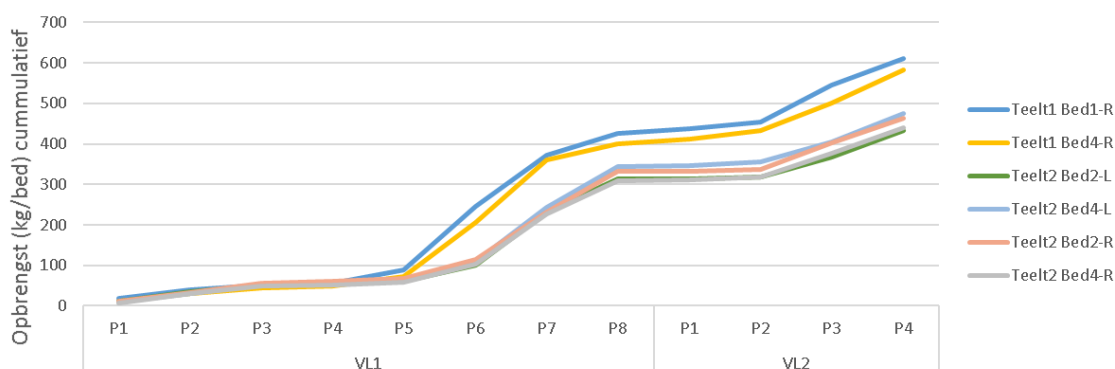
In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van het onderzoek waarbij twee keer een commerciële teelt geheel gemonitord is op kwaliteit van vers en bewaard product om beter inzicht te krijgen in de invloed van plukdag en vlucht op kwaliteit en de mate van spreiding/invloed van locatie in de cel waar de champignon geteeld is.

6.1 Opbrengst van de teeltproeven

Allereerst kijken we naar de opbrengst van de teeltproeven. We zijn met name geïnteresseerd in kwaliteitsverschillen door de tijd heen, en variaties tussen posities in de cel. Maar indicatie van verschillen in opbrengst dient hier als aanvullende informatie.

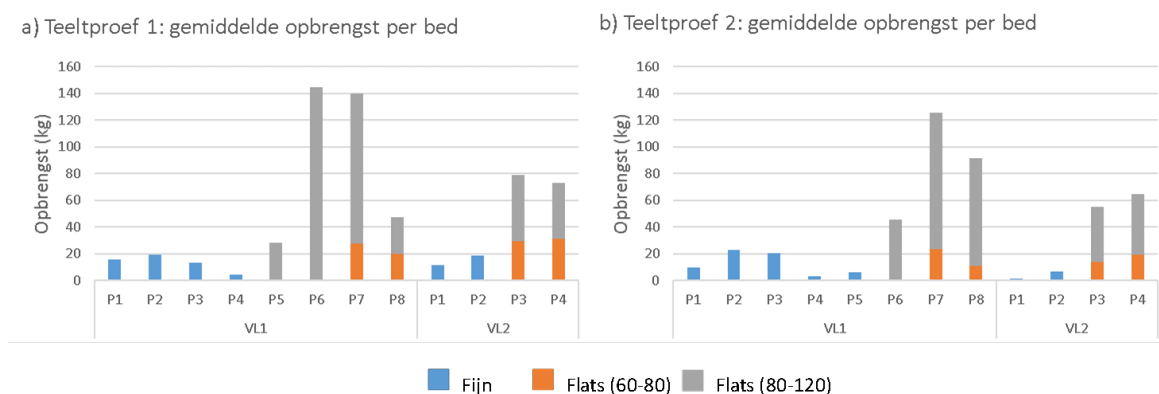
Figuur 32 laat het verloop van de productie tijdens de twee teeltproeven zien. De opbrengst lag in teeltproef 2 lager dan in teeltproef 1. Het verschil tussen de opbrengst van beide teelten is gemiddeld ongeveer 6 kg/m². Het verschil tussen beide teelten ontstaat tussen de 4^e en 5^e plukdag van vlucht 1 en is het grootst op plukdag 6.

Opbrengst per bed, in teelt 1 en 2



Figuur 32: Cumulatieve opbrengst (kg) per bed in de twee teeltproeven, op plukdag (P) van beide vluchten (VL).

De eerste plukdagen van beide vluchten worden champignons van de sortering fijn geoogst (tot 45 mm). Daarna worden flats geoogst in de sortering 60 tot 80 mm en 80 tot 120 mm. In Figuur 33 staat de opbrengst per sortering voor teeltproef 1 en 2 weergegeven. In teeltproef 1 start de oogst van flats op plukdag 5 en bij teeltproef 2 worden pas een dag later flats geoogst en blijft de productie in kilo's duidelijk achter.

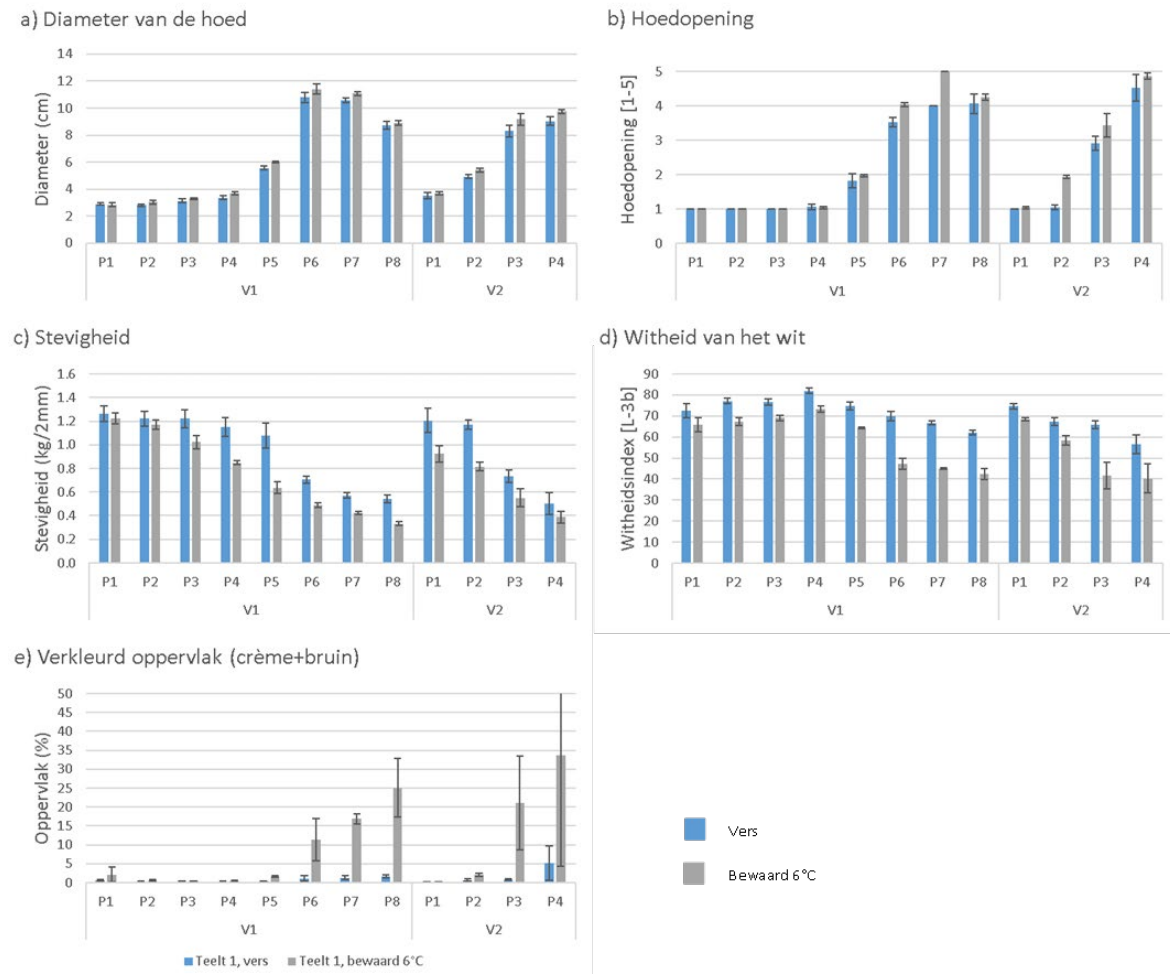


Figuur 33: Gemiddelde opbrengst (kg) per bed per plukdag per sortering: a) teeltproef 1 en b) teeltproef 2.

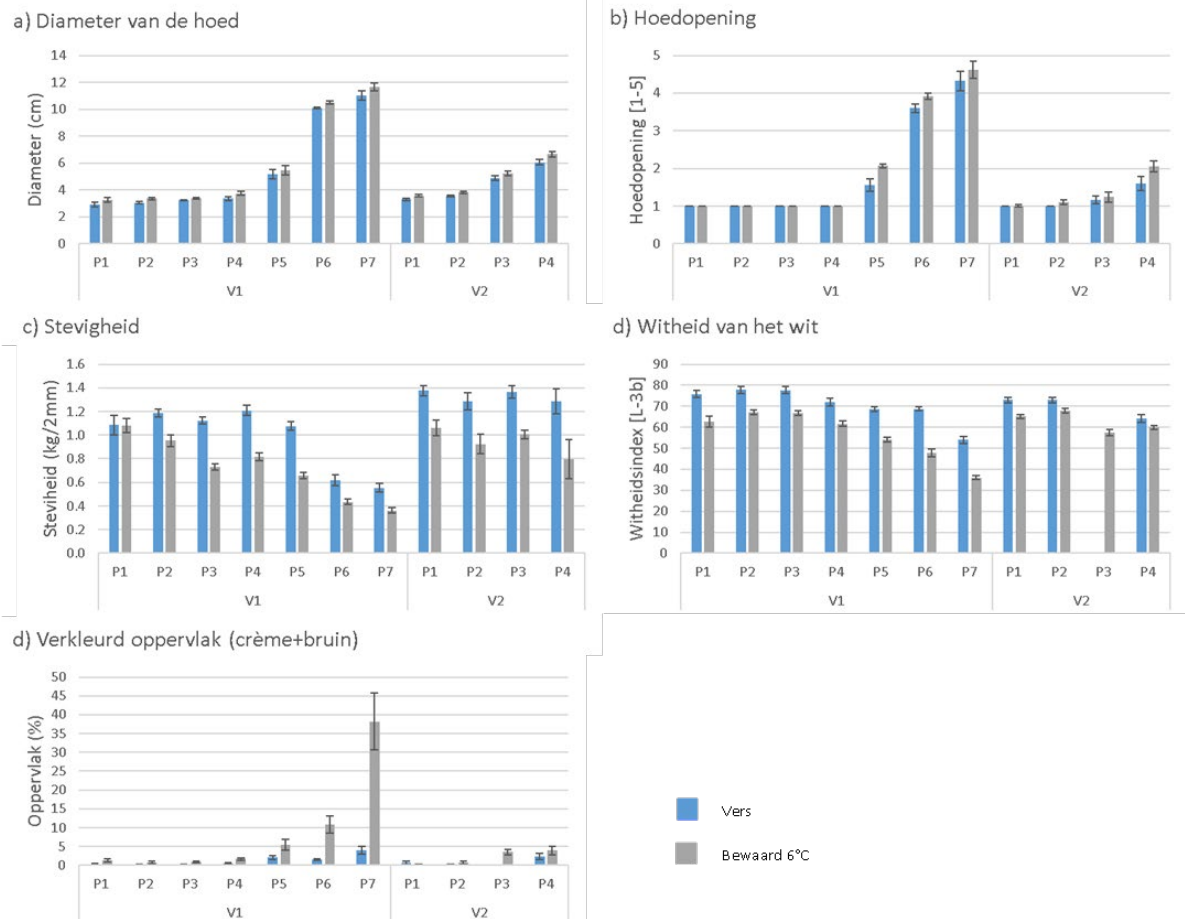
6.2 Kwaliteitsverschillen tussen plukdagen en vluchten

In beide teeltproeven is gekeken naar verschillen in kwaliteitsparameters van de champignons op verschillende plukdagen en vluchten binnen dezelfde teelt, afkomstig van dezelfde compost en dekaarde. In teeltproef 1 bestond vlucht 1 uit 8 plukdagen en vlucht 2 uit 4. In teeltproef 2 was dit 7 plukdagen voor vlucht 1 en ook 4 in vlucht 2. De partijen van plukdag 8 van de eerste vlucht zijn niet opgenomen in de kwaliteitsanalyse, door een logistiek probleem.

De kwaliteitsparameters per plukdag gedurende twee vluchten van teeltproef 1 staan weergegeven in Figuur 34 en de bijbehorende ANOVA-tabel staat in Bijlage 3 (Tabel 19 op pagina 76). Figuur 35 geeft de resultaten voor teeltproef 2, met de ANOVA-tabel op pagina 78 (Tabel 20).



Figuur 34: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters van teeltproef 1 met het 95% betrouwbaarheidsinterval van verse en bewaarde (bij 6°C) champignons, vlucht 1 en 2, per plukdag: a) diameter, b) hoedopening, c) stevigheid, d) witheid van het wit en e) verkleurd oppervlak. (Van plukdag 3 van vlucht 2 ontbreekt de kleurmeting van de verse champignons).



Figuur 35: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters van teeltproef 2 met het 95% betrouwbaarheidsinterval van verse en bewaarde (bij 6°C) champignons, vlucht 1 en 2, per plukdag: a) diameter, b) hoedopening, c) stevigheid, d) witheid van het wit en e) verkleurd oppervlak

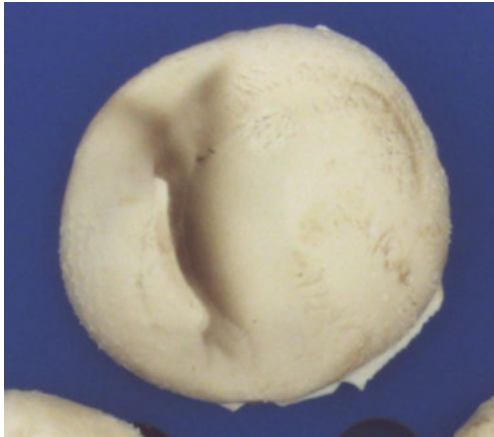
De beide teeltproeven tonen grote gelijkenissen wat betreft het verloop van de kwaliteitsparameters door de teelt heen. In beide teeltproeven neemt de diameter van de hoed tijdens de eerste vlucht vanaf plukdag 4 sterk toe. Op plukdag 6 en 7 zijn de champignons het grootst. Op plukdag 8 (alleen in teeltproef 1) zijn de champignons iets minder groot. Bij de tweede vlucht worden de champignons na plukdag 2 groter. De hoedopening laat een vergelijkbaar verloop zien. Opvallend is dat in teeltproef 2 zowel de diameter als de hoedopening tijdens vlucht 2 sterk achter blijven in vergelijking met teeltproef 1 (er zijn geen champignons met de maat "flat" geoogst). Verder is te zien dat tijdens de bewaring bij 6°C de hoedopening iets toe neemt, dit is veel sterker de tweede helft van beide vluchten.

De stevigheid van de verse champignons neemt duidelijk af in de tweede helft van beiden vluchten. Het stevigheidsverlies tijdens de bewaring is groter in het midden van vlucht 1 (P4 en P5) en aan het begin van vlucht 2 (P1 en P2) dan op de andere plukdagen. De verse champignons van vlucht 2 in teeltproef 2 zijn erg stevig in vergelijking met die van teeltproef 1, maar het stevigheidsverlies tijdens bewaring is groot.

De champignons zijn het witst aan het begin van de vlucht. Vanaf plukdag 4 in vlucht 1 neemt de witheid af. Vlucht 2 start, wat witheid betreft, op vergelijkbaar niveau als vlucht 1, maar vervolgens neemt de witheid snel af. De champignons van elke plukdag nemen tijdens de bewaring af in witheid. De afname is het grootst in de tweede helft van beide vluchten.

De verse champignons hebben over het algemeen weinig verkleurd oppervlak. Het verkleurd oppervlak van de verse champignons neemt wel toe in de tweede helft van beide vluchten. Tijdens bewaring neemt het verkleurd oppervlak van champignons in de tweede helft van beide vluchten enorm toe. Dat is te wijten aan de het vrijkomen van de sporen bij de champignons van de flats

naarmate de hoed verder opent. De sporen veroorzaken enorme vlekken op de hoed (Figuur 36). In beide proeven verstoortte het vrijkomen van de sporen de witheid en het verkleurd oppervlak van de hoed. Daarom zijn bij verdere analyse van de kleurparameters alleen partijen met een hoedopening tot en met stadium 2 gebruikt.



Figuur 36: Voorbeeld van een bewaarde champignon met vlekken van sporen op de hoed (voorbeeld uit teeltproef 1, vlucht 1 op plukdag 7). (Bron: WFBR)

6.3 Invloed van plaats in de kweekcel op de kwaliteitsparameters

De resultaten van teeltproef 1 zijn gebruikt om een indruk te krijgen van invloed van de variatie in de kweekcel op de kwaliteitsparameters tijdens de teelt. Daarvoor is variatie tussen partijen champignons van beide bedden van de rechter stelling en de variatie tussen de voor- en achterkant van het bed geanalyseerd. De resultaten van de analyse staan vermeld in Tabel 9.

Uit de analyse blijkt dat de variatie tussen de plukdagen van vlucht 1 en 2 veel groter is dan de variatie tussen deze twee bedden en de variatie tussen de voor- en achterkant van het bed. Wat grootte en ontwikkeling, diameter en hoedopening, van de champignons zijn er geen verschillen die toe te schrijven zijn aan de variatie in de ruimte.

Wat betreft stevigheid en kleur zijn er wel enige verschillen:

- De verse champignons van bed 1, het laagst gelegen bed, zijn gemiddeld significant steviger, maar het verschil is met minder dan 0.1 kg.mm^{-2} minimaal. Dat verschil is na bewaring verdwenen.
- De verse champignons van bed 1 hebben wat minder verkleuring dan van bed 4 en voor beide bedden geldt dat de voorkant van het bed iets meer verkleuring heeft dan de achterkant van het bed.
- De bewaarde champignons van bed 1 zijn iets witter gebleven dan de champignons van bed 4, maar dit verschil is erg klein.

Tabel 9: General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters per bed (bed 1 en 4) en binnen het bed (voor- en achterkant) en de significante verschillen (p-waarde en significantie) in teeltproef 1

| | | Bed 1 | Bed 4 | p-waarde | Significantie | Voor | Achter | p-waarde | Significantie |
|-----------------|--------------------------------------|-------|-------|----------|---------------|------|--------|----------|---------------|
| Vers | Diameter | 6.1 | 6.1 | 0.939 | n.s. | 6.1 | 6.2 | 0.716 | n.s. |
| | Hoedopening | 2.2 | 2.3 | 0.444 | n.s. | 2.3 | 2.2 | 0.762 | n.s. |
| | Stevigheid | 0.99 | 0.91 | <0.001 | *** | 0.96 | 0.93 | 0.094 | n.s. |
| | Witheid van het wit t/m stadium 2 | 75.3 | 74.8 | 0.496 | n.s. | 74.6 | 75.4 | 0.289 | n.s. |
| | Verkleurd oppervlak t/m stadium 2 | 0.27 | 0.42 | 0.005 | ** | 0.42 | 0.27 | 0.003 | ** |
| Bewaard bij 6°C | Diameter | 6.5 | 6.6 | 0.239 | n.s. | 6.5 | 6.5 | 0.981 | n.s. |
| | Hoedopening | 2.6 | 5.6 | 0.972 | n.s. | 2.5 | 2.6 | 0.390 | n.s. |
| | Stevigheid | 0.74 | 0.73 | 0.419 | n.s. | 0.75 | 0.72 | 0.067 | n.s. |
| | Witheid van het wit t/m stadium 2 | 67.5 | 65.8 | 0.011 | * | 66.3 | 67.0 | 0.296 | n.s. |
| | Verkleurd oppervlak t/m stadium 2 | 0.83 | 1.33 | 0.114 | n.s. | 1.21 | 0.95 | 0.396 | n.s. |

Ook in de tweede teeltproef zijn kleine maar significante verschillen in stevigheid waargenomen tussen de hoger (bed 4) en lager (bed 2) gelegen bedden (Tabel 10). De verse champignons van bed 2, het lager gelegen bed, zijn gemiddeld significant steviger, maar het verschil is met minder dan 0.05 kg.mm⁻² minimaal. De champignons van de voorzijde van het bed zijn iets steviger dan die aan de achterzijde van het bed. De verschillen zijn na bewaring verdwenen. In deze proef zijn geen verschillen grootte, ontwikkeling of kleur waargenomen die toe te schrijven zijn aan de variatie in de ruimte.

Tabel 10: General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters per bed (bed 2 en 4) en binnen het bed (voor- en achterkant) en de significante verschillen (p-waarde en significantie) in teeltproef 2. De resultaten van de linker en rechter stelling zijn samengenomen.

| | | Bed 2 | Bed 4 | p-waarde | Significantie | Voor | Achter | p-waarde | Significantie |
|-----------------|---|-------|-------|----------|---------------|------|--------|----------|---------------|
| Vers | Diameter | 5.1 | 5.2 | 0.355 | n.s. | 5.1 | 5.2 | 0.656 | n.s. |
| | Hoedopening | 1.6 | 1.7 | 0.404 | n.s. | 1.7 | 1.7 | 0.820 | n.s. |
| | Stevigheid | 1.13 | 1.08 | <0.001 | *** | 1.12 | 1.09 | 0.027 | * |
| | Witheid van het wit t/m stadium 2 | 73.2 | 72.3 | 0.080 | n.s. | 72.6 | 72.9 | 0.628 | n.s. |
| | Verkleurd oppervlak t/m stadium 2 | 0.86 | 0.80 | 0.579 | n.s. | 0.77 | 0.89 | 0.304 | n.s. |
| Bewaard bij 6°C | Diameter | 5.6 | 5.5 | 0.310 | n.s. | 5.6 | 5.5 | 0.084 | n.s. |
| | Hoedopening | 1.8 | 1.8 | 0.762 | n.s. | 1.8 | 1.8 | 0.252 | n.s. |
| | Stevigheid | 0.81 | 0.79 | 0.289 | n.s. | 0.80 | 0.80 | 0.918 | n.s. |
| | Witheid van het wit vers t/m stadium 2 | 62.6 | 62.5 | 0.866 | n.s. | 62.4 | 62.7 | 0.620 | n.s. |
| | Verkleurd oppervlak vers t/m stadium 2 | 2.20 | 2.01 | 0.430 | n.s. | 2.14 | 2.07 | 0.754 | n.s. |

Daarnaast zijn in teeltproef 2 van bedden 2 en 4 zowel de linker als de rechter stelling bemonsterd. Uit de analyse blijkt dat er geen verschil is in de kwaliteitsparameters tussen deze bedden in de linker en rechter stelling (Tabel 11).

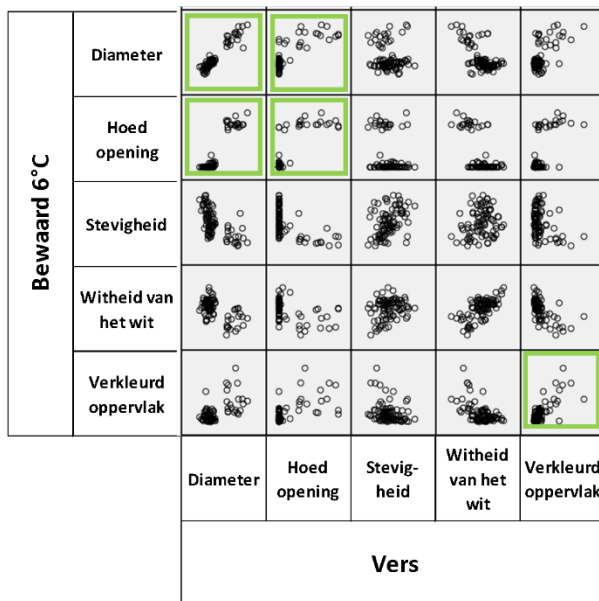
Tabel 11: General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de van de linker en rechter stelling en de significante verschillen (p-waarde en significantie) in teeltproef 2. De resultaten van bedden in de stelling zijn samengenomen.

| | | Links | Rechts | p-waarde | Significantie |
|-----------------|---|-------|--------|----------|---------------|
| Vers | Diameter | 5.2 | 5.2 | 0.908 | n.s. |
| | Hoedopening | 1.7 | 1.7 | 0.923 | n.s. |
| | Stevigheid | 1.12 | 1.09 | 0.054 | n.s. |
| | Witheid van het wit t/m stadium 2 | 72.6 | 73.0 | 0.470 | n.s. |
| | Verkleurd oppervlak t/m stadium 2 | 0.86 | 0.80 | 0.635 | n.s. |
| Bewaard bij 6°C | Diameter | 5.6 | 5.5 | 0.170 | n.s. |
| | Hoedopening | 1.8 | 1.8 | 0.480 | n.s. |
| | Stevigheid | 0.80 | 0.81 | 0.668 | n.s. |
| | Witheid van het wit vers t/m stadium 2 | 62.7 | 62.4 | 0.590 | n.s. |
| | Verkleurd oppervlak vers t/m stadium 2 | 2.09 | 2.12 | 0.883 | n.s. |

6.4 Voorspelling van houdbaarheid

De gegevens van de verse champignons van teeltproef 1 en 2 zijn gebruikt om de kwaliteit van een partij na bewaring te voorspellen. Daarvoor is het verband bepaald tussen de kwaliteitsparameters van verse en bewaarde champignons (Figuur 37). Bijbehorende correlatietabel staat in Tabel 18 in Bijlage 3 op pagina 76.

De diameter en hoedopening van verse en bewaarde champignons zijn positief gecorreleerd. Daarnaast is het verkleurd oppervlak van de hoed van verse en bewaarde champignons positief gecorreleerd.



Figuur 37: Visualisatie van het verband tussen de kwaliteitskenmerken die aan verse en bewaarde (6°C) champignons van teeltproef 1 en 2 zijn gemeten. De verbanden in het groene vlak laten de combinaties met een correlatiecoëfficiënt $R < -0.7$ of $R > 0.7$.

Vervolgens is met multiple lineaire regressie de voorspellende waarde van een combinatie van de kwaliteitsparameters onderzocht. Daarbij zijn de 5 kwaliteitsparameters gemeten aan verse champignons, de verklarende variabelen, gerelateerd aan dezelfde 5 kwaliteitsparameters na bewaring, de responsvariabelen: diameter, hoedopening, stevigheid, witheid van het wit en verkleurd oppervlak.

Van elke responsvariabele is de hoogste mogelijke R^2 met deze 5 verklarende variabelen bepaald, van teeltproef 1 en 2 apart en gecombineerd (Tabel 12). De diameter en de hoedopening na bewaring worden met 90- tot bijna 100% verklaard door de waarnemingen aan de verse champignons.

Tabel 12: De determinatiecoëfficiënt R^2 van de responsvariabelen met 5 verklarende variabelen (diameter, hoedopening, stevigheid, witheid van het wit en verkleurd oppervlak)

| Respons variabele | R^2 vers vs. bewaard bij 6°C | | |
|---------------------|--------------------------------|--------------|----------------|
| | Teeltproef 1 | Teeltproef 2 | Teeltproef 1+2 |
| Diameter | 97.8 | 92.9 | 92.9 |
| Hoedopening | 95.9 | 92.7 | 91.0 |
| Stevigheid | 86.0 | 46.3 | 54.6 |
| Witheid van het wit | 73.8 | 66.8 | 64.1 |
| Verkleurd oppervlak | 49.8 | 77.7 | 70.7 |

In teeltproef 1 kan de afname van de stevigheid tijdens bewaring met 86% beter verklaard worden dan in teeltproef 2. De kleuraspecten na bewaring kunnen voor 60 tot 70% verklaard worden door de kleuraspecten van het verse materiaal. Het verkleurde oppervlak kan met 78% in de tweede teeltproef beter worden voorspeld dan in de eerste teeltproef. Dit heeft mogelijk te maken met het lage percentage verkleurd oppervlak in teeltproef 1.

Een volgende analyse waarbij informatie van plukdag en vlucht gecombineerd wordt met kleurmetingen aan verse champignons geeft een betere verklaring voor de kleur na bewaring (Tabel 13). Met deze informatie kan de witheid van de bewaarde champignons nu voor ruim 80% worden verklaard wanneer de teeltproeven apart worden geanalyseerd. Bij de combinatie is dat net wat minder van 70%. Het verkleurd oppervlak kan ook met ongeveer 70% worden verklaard.

Tabel 13: De determinatiecoëfficiënt R^2 van de responsvariabelen met 4 verklarende variabelen (vlucht, plukdag, witheid van het wit en verkleurd oppervlak)

| Respons variabele | R^2 vers vs. bewaard bij 6°C | | |
|---------------------|--------------------------------|--------------|----------------|
| | Teeltproef 1 | Teeltproef 2 | Teeltproef 1+2 |
| Witheid van het wit | 83.5 | 84.3 | 67.3 |
| Verkleurd oppervlak | 52.8 | 78.3 | 72.1 |

6.5 Conclusie volgen van een teelt

Bij het volgen van een teelt blijkt, in tegenstelling tot het resultaat vanuit monitoring, dat er wel een verband te leggen is tussen de gemeten kwaliteitsparameters van de verse en de bewaarde champignons: diameter, hoedopening en ook het verkleurde oppervlak. Met een meting van kleur en gegevens van de partij over vluchtnummer en plukdag kan de variatie na bewaring in verkleurd oppervlak goed verklaard worden (> 80%).

Een verschil met de monitoring is dat er meer controle was op de bemonstering van de bedden. Wel blijkt dat door verschillen tussen de twee teeltproeven de verklarende waarde weer iets afneemt.

Uit het volgen van twee afzonderlijke teelten blijkt ook dat de plaats in de ruimte zorgt voor variatie in de gemeten kwaliteitsparameters. De verschillende bedden tonen echter geen grote structurele verschillen in kwaliteit. Champignons van lagere bedden zijn iets steviger dan hoger geplaatste bedden, maar de verschillen zijn minimaal en na bewaring niet meer terug te vinden. Mogelijk zijn de champignons bij de ingang van de cel iets steviger dan die van de achterkant van de cel. Echter ook dit verschil is erg klein. Het verschil tussen champignons van verschillende plukdagen en vlucht is groter dan de variatie tussen de bedden en binnen een bed.

Het onderzoek van Aguirre et al. (2008) laat zien dat random effecten tussen en binnen bedden ongeveer 22% variatie geeft in de gemeten kwaliteitsparameters na bewaring. Wanneer de champignons afkomstig zijn van verschillende telers en seizoenen, kan de variatie, veroorzaakt door random effecten oplopen naar 33%. Dit houdt in dat maximaal 65% van de spreiding in de kwaliteitsparameters verklaard kan worden door de bewaaromstandigheden.

Dit zien we ook terug in de resultaten van de monitoring en het volgen van de teelten. Het percentage verklaarde variantie in teeltproeven is hoger dan in de monitoring. Bij het volgen van de teelt zijn de random effecten afkomstig van het verschil tussen en binnen bedden. Bij de monitoring komen daarbij ook de randomeffecten veroorzaakt door verschillende herkomsten en momenten in het seizoen.

De verschillen in kwaliteit tussen plukdagen en vluchten zijn anders na het volgen van deze twee teelten dan waargenomen tijdens de monitoring. Bij de monitoring ontstond het beeld dat champignons van vlucht 2 witter zijn en minder verkleurd oppervlak hebben. Dit zien we in deze teeltproeven met "flats" niet: de witheid van champignons van vlucht 2 zijn even wit of zelfs wat minder wit dan die van vlucht 1. Dat is mogelijk verklaarbaar omdat in de teeltproeven geteeld werd voor "flats" en niet voor middel champignons. De teelt van flats zou tijdens de eerste vlucht een grotere belasting van de compost en dekaarde kunnen geven, wat de champignons van de tweede vlucht kan beïnvloeden.

7 Analyse opbrengst/teelt/kwaliteit

7.1 Introductie

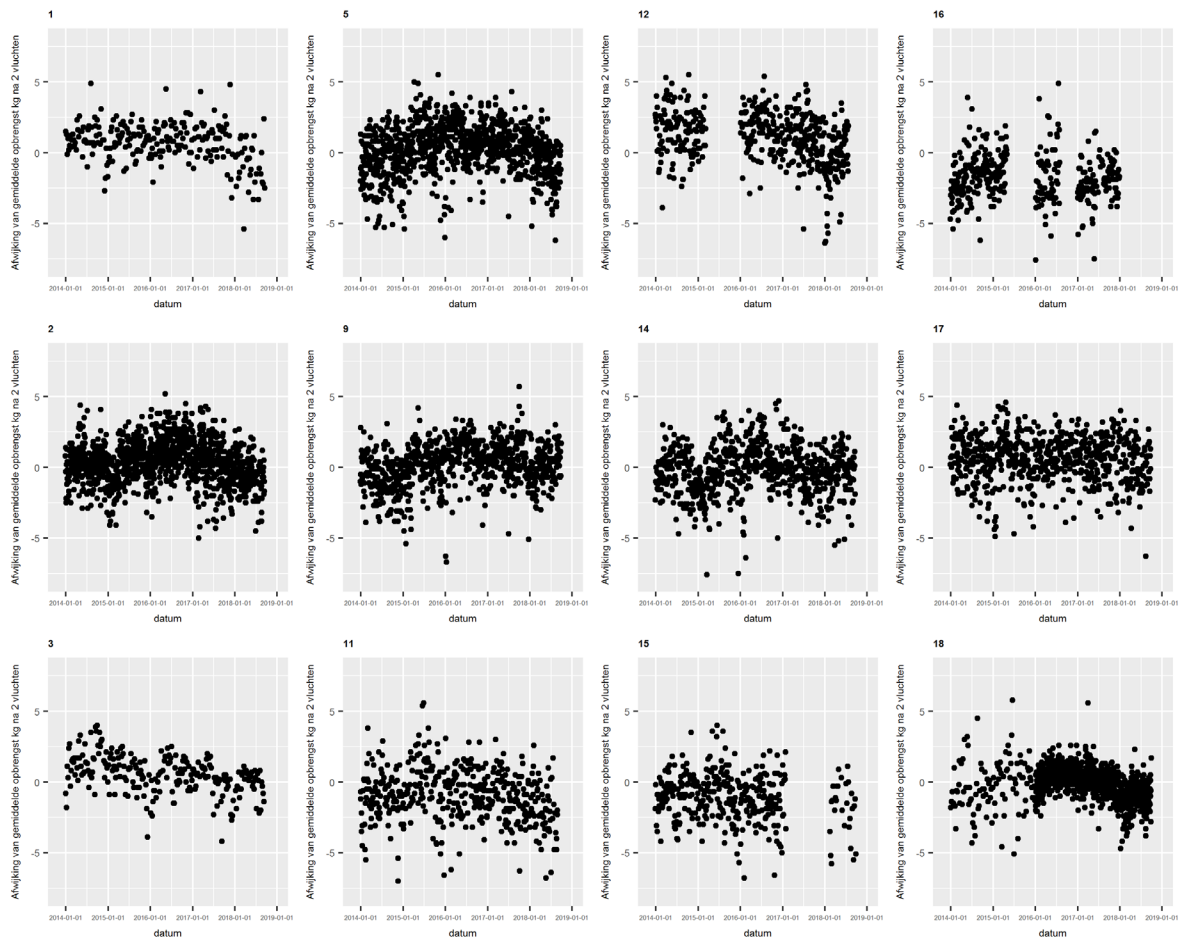
CNC heeft een grote dataset aangeleverd met procesgegevens van geleverd substraat en de opbrengstgegevens van een groep telers gedurende de periode 2014-2018. De onderzoekers van WUR hebben deze dataset gebruikt, om een beeld te krijgen van verbanden in de praktijk tussen bijgehouden compost- en opbrengstfactoren: hoe deze variëren door de tijd, tussen telers en bij telers individueel. De dataset is gebruikt om te zoeken naar verklarende variabelen in het productieproces van het substraat voor de opbrengst van champignons, maar mogelijk ook in relatie tot de kwaliteit van champignons. Gegevens van twee van de telers, uit de monitoring, zijn ook opgenomen in de dataset van CNC. Zo kunnen we de compost- en opbrengstgegevens van de cel koppelen aan de kwaliteitsmetingen in de monitoring. Hierbij moet worden aangetekend dat dit observationeel onderzoek is. Gegevens zijn verzameld zonder dat daarbij bepaalde factoren systematisch zijn gevarieerd. Het is daardoor niet mogelijk causale verbanden (oorzaak-gevolg-relaties) aan te tonen. Deze analyse kan wel waardevolle inzichten geven, die mogelijk nader onderzocht kunnen worden met experimenteel onderzoek en gerichte interventies, waarin de factoren systematisch gevarieerd worden.

7.2 Algemeen opbrengsten in de praktijk

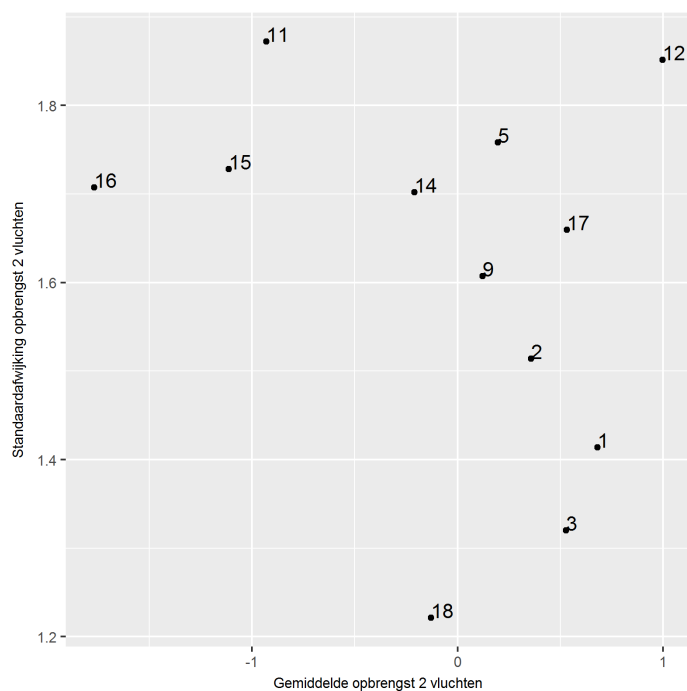
Figuur 38 toont het beeld van de opbrengsten van individuele telers gedurende bijna 5 jaren (2014-eind 2018). De data per teler (per grijs blok) is genormaliseerd door de gemiddelde opbrengst van twee vluchten (kg/m^2) over alle jaren en over alle telers in de dataset te berekenen, en op 0 te stellen. Bij een negatieve waarde was de productie lager dan het gemiddelde. Bij een positieve waarde was de productie hoger dan het gemiddelde. Het aantal datapunten wordt bepaald door de data die de teler beschikbaar heeft gesteld en bevat geen informatie over opbrengst.

De opbrengstcijfers van een teler variëren sterk binnen en tussen de jaren. Tussen de telers zitten wat niveauverschillen in de opbrengst: teler 1 en 12 over algemeen hoger dan gemiddeld; teler 15 en 16 wat lager. Door de jaren heen zien we voor een aantal telers iets variatie in opbrengst ten opzichte van het gemiddelde over 4 jaar. Teler 2, 5, 9 tonen in 2016 een hogere productie, de andere jaren wat lager. Teler 1 laat een opvallende daling in opbrengst ten opzichte van het gemiddelde zien in 2018.

De afzonderlijke plaatjes in Figuur 38 tonen ook verschil in de bandbreedte van puntenwolken. Dit zegt iets over de variatie in opbrengst van de teler in zijn eigen teelt. Dit is in Figuur 39 weergegeven als standaardafwijking van de productie van de teler tegen de genormaliseerde gemiddelde opbrengst van de teler. Het valt op dat er een aantal telers is dat een hoge variatie heeft in hun opbrengst (11, 15, 16) en dat deze gemiddeld een lagere opbrengst hebben. Toch hoeft een hoge variatie niet te betekenen een lagere gemiddelde opbrengst te betekenen (teler 12). Teler 1, 3 en 18 vertonen weinig spreiding in hun opbrengstpatroon.

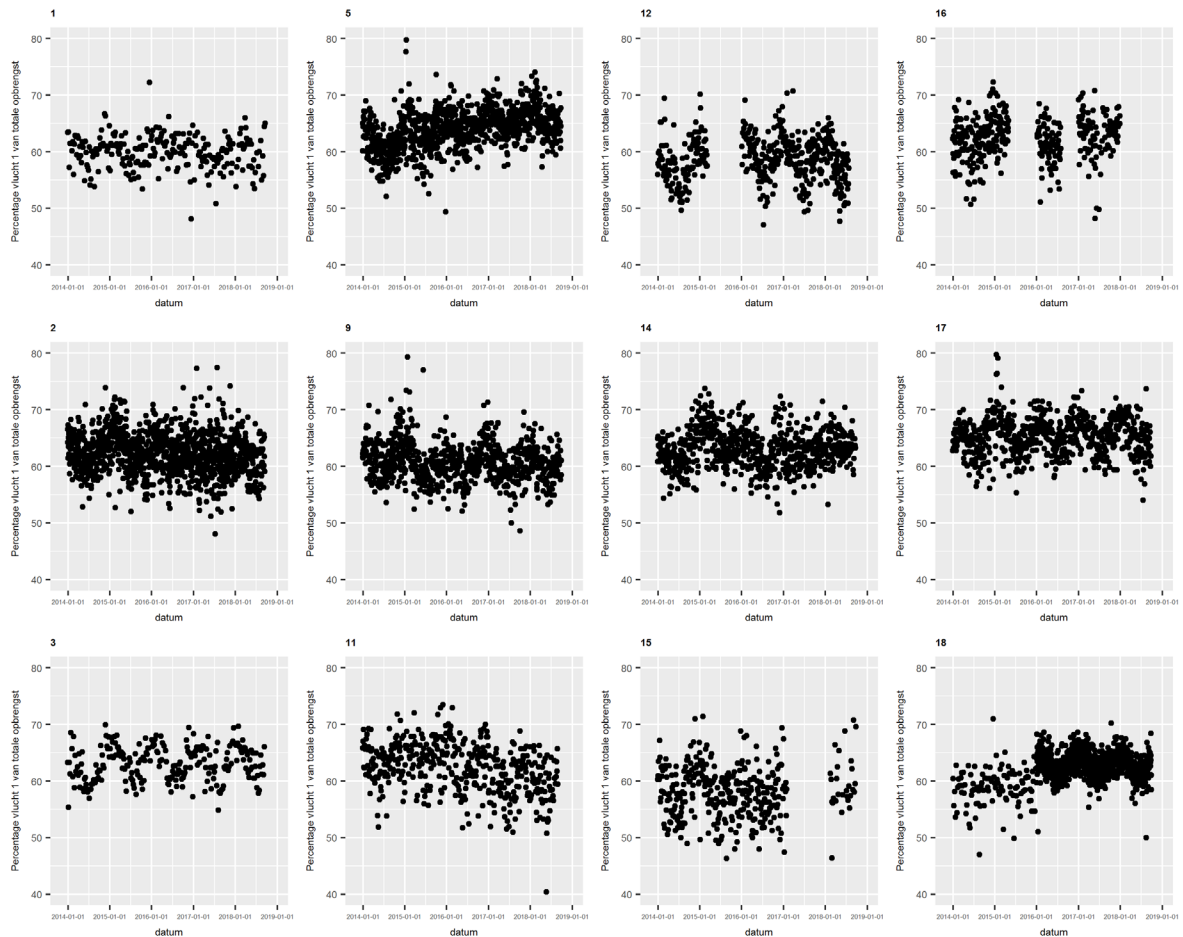


Figuur 38: Opbrengsten na twee vluchten, per teler, gedurende een periode van bijna 5 jaar. Opbrengsten zijn gepresenteerd als afwijking in kg/m^2 ten opzichte van genormaliseerde gemiddelde opbrengst van twee vluchten (kg/m^2) over alle telers in de CNC-database (2014-eind 2018). Elke grijs blok met datapunten staat voor 1 teler met voldoende data over deze 5 jaren. Van boven naar onder, links naar rechts zijn dit telers met nummers 1, 2, 3, 5, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18.



Figuur 39: Standaardafwijking van de productie per teler, afgezet tegen de gemiddelde opbrengst van de teler (genormaliseerd ten opzichte van de totaal gemiddelde opbrengst van alle telers (over 2 vluchten) gedurende de periode 2014-2018).

De opbrengstgegevens per teler over de jaren tonen bij sommige telers een patroon in de verhouding tussen de opbrengst van vlucht 1 en vlucht 2 (Figuur 40). Waar de totale opbrengst geen vaste trend laat zien binnen een jaar en bij meerdere telers, zien we in onderstaande figuur dat telers 1, 12, 17, 18 een relatief hogere opbrengst van vlucht 1 hebben in de winterperiode en een lagere opbrengst van vlucht 1 in de zomer. Bij anderen komt dit minder sterk naar voren. Redenen voor deze fluctuatie zijn niet uit de data te halen. Mogelijk is de oorzaak een verschillend teeltklimaat, gedreven door veranderend buitenklimaat, en/of een andere markt vraag. Over het algemeen wordt er gezegd dat bij goede compost, een lagere of hogere opbrengst vlucht 1 gecompenseerd kan worden door opbrengst van vlucht 2 (pers. comm. C. van der Horst, CNC).



Figuur 40: Percentage vlucht 1 van de totale opbrengst vlucht 1 en 2 samen door de tijd heen.

Conclusie van deze analyse van opbrengstgegevens is dat opbrengsten variëren tussen telers en binnen de jaren. De hoogte van de opbrengst, maar ook de variatie in opbrengst per twee vluchten per teler is verschillend. Er is geen duidelijk seizoenpatroon terug te vinden, behalve in de opbrengstverhouding vlucht 1 en 2, bij een aantal van de telers.

7.3 Relaties tussen opbrengst/compostfactoren in de praktijk

In de Quickscan database van CNC worden de compostfactoren bijgehouden die in theorie van invloed zijn op de opbrengst. De belangrijkste factoren zijn o.a.:

- Vochtpercentage
- Hoeveelheid droge stof (als maat voor beschikbare hoeveelheid organische stof)
- Stikstofpercentage
- Aantal dagen myceliumgroei

Deze factoren zijn geanalyseerd en gemodelleerd om te onderzoeken of deze relatie in de praktijk ook bestaat. De data wordt per strojaar apart geanalyseerd om een mogelijk effect van het stro te vinden.

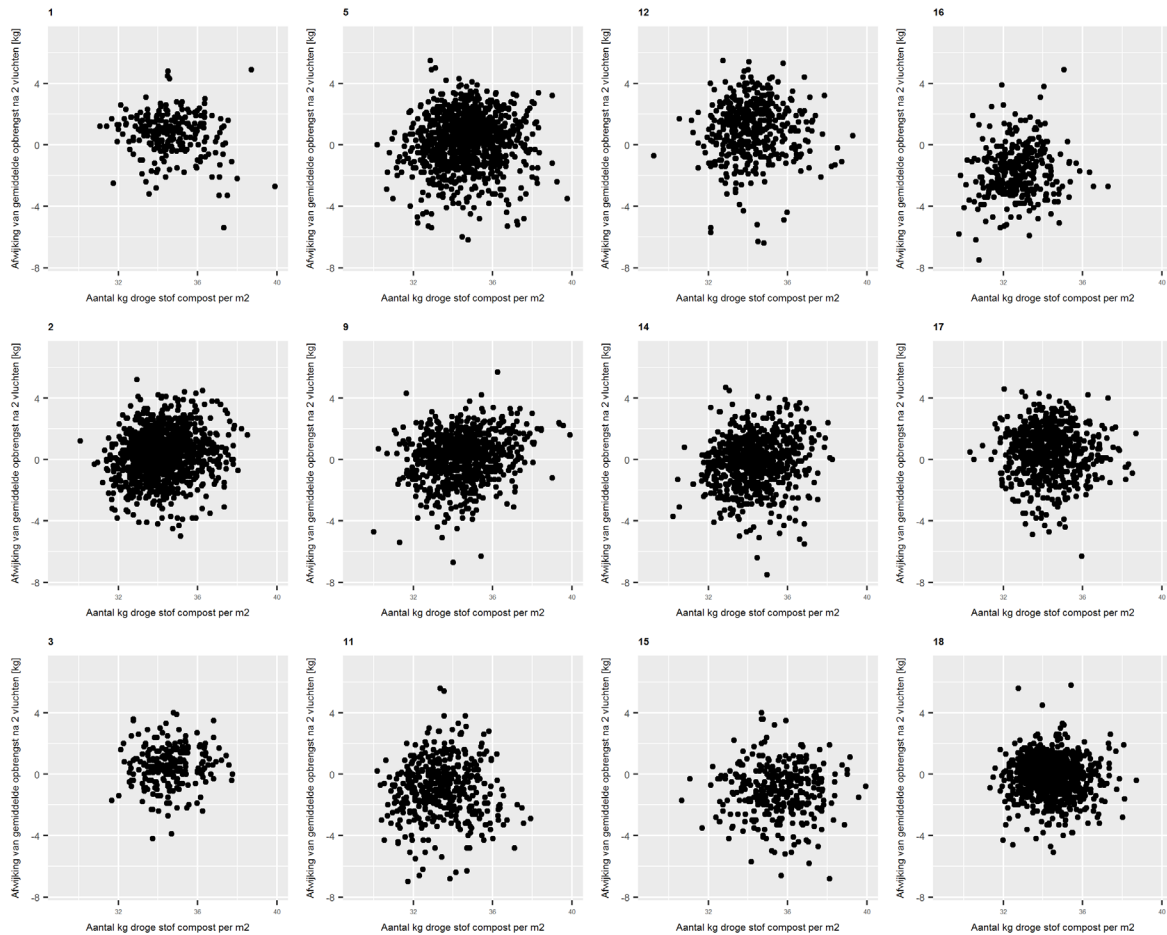
Relatie vochtpercentage (en droge stof) van het compost met opbrengst

Figuur 41 toont een negatieve relatie tussen het vochtpercentage en opbrengst: hoe hoger het vochtpercentage, hoe lager de opbrengst. Het is echter een zeer zwakke relatie. Het is namelijk een puntenwolk die een trend omlaag laat zien.



Figuur 41: De relatie tussen opbrengst over twee vluchten en het vochtpercentage in de compost, per strojaar weergegeven: a) 2014-2015, b) 2016-2017, c) 2015-2016 en d) 2017-2018.

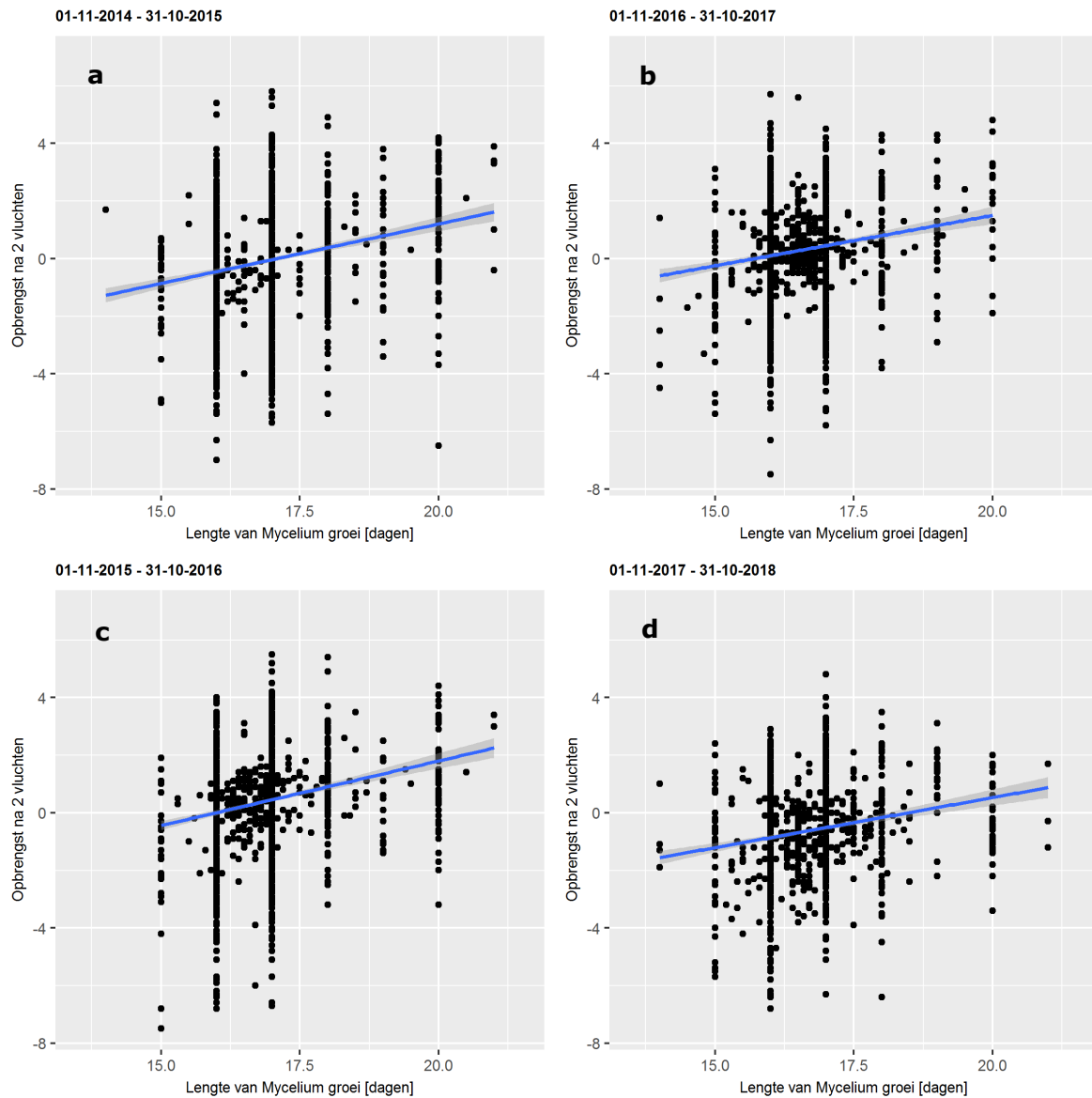
Naast vochtpercentage bestaat het idee dat de beschikbare hoeveelheid droge stof in een bed ook iets zegt over de opbrengstpotentie. Per teler en vuldatum weten we vulgewicht, vochtpercentage van de compost en kunnen dus totale hoeveelheid droge stof berekenen en correleren aan de bijbehorende opbrengst. De figuren per teler in Figuur 42 tonen puntenwolken zonder enige trend: een hogere hoeveelheid droge stof/organische stof resulteert niet in extra of juist minder opbrengst. Er zijn mogelijk andere factoren die de opbrengst sterker beïnvloeden waardoor het theoretische verband niet tot uiting komt.



Figuur 42: Opbrengst van 2 vluchten per teler afgezet tegen aantal kilo droge stof compost per vierkante meter (Opbrengst is genormaliseerd, de gemiddelde productie over alle telers/jaren = 0)

Relatie tussen aantal dagen myceliumgroei in het compost en opbrengst

Figuur 43 toont een positieve relatie tussen het aantal dagen myceliumgroei en opbrengst: hoe meer doorgroei van de compost, des te hoger de productie. Ook hier is er flinke variatie, maar de trendlijn is wel vergelijkbaar over de jaren heen.

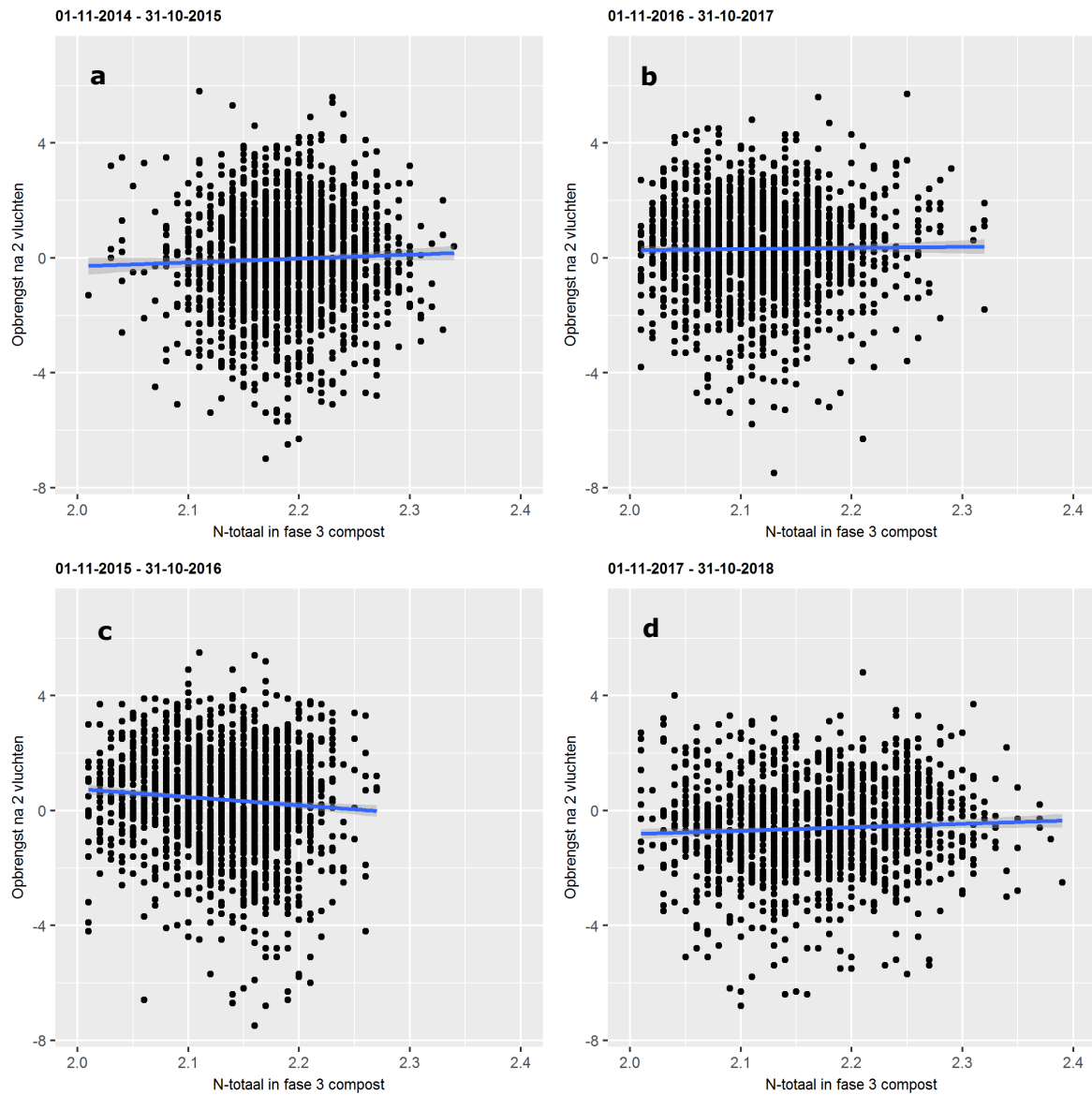


Figuur 43: De relatie tussen opbrengst over twee vluchten en het aantal berekende dagen myceliumgroei in de compost, per strojaar weergegeven: a) 2014-2015, b) 2016-2017, c) 2015-2016 en d) 2017-2018.

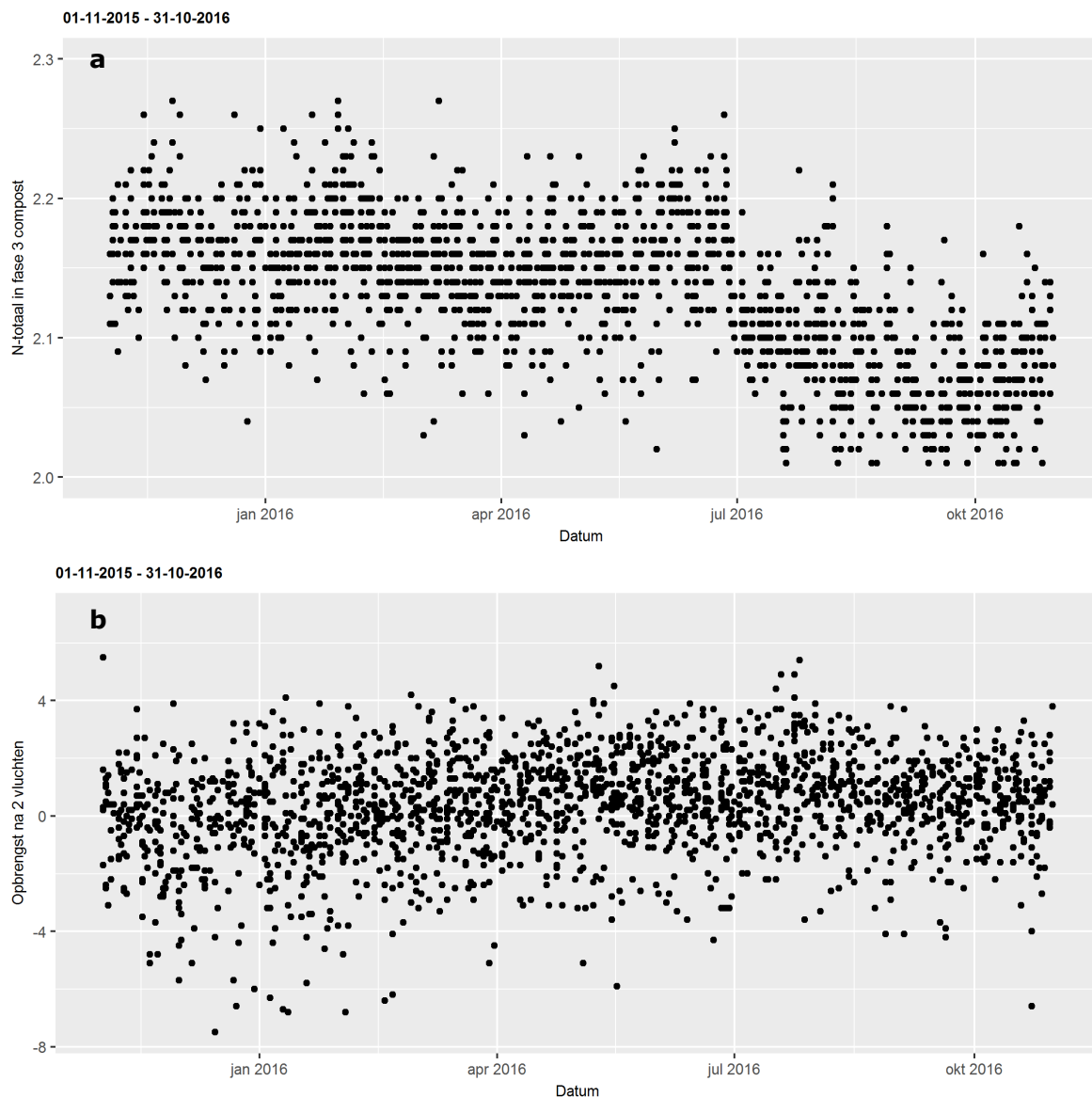
Relatie tussen stikstofgehalte in het compost en opbrengst

De relatie tussen het stikstofgehalte in het compost en de opbrengst komt niet duidelijk en eenduidig naar voren uit de data. Gedurende drie jaren is een zwak positief correlatie te zien, maar in het strojaar 2015-2016 zien we een negatief verband (Figuur 44). Als we inzoomen op dat jaar (Figuur 45), zien we dat er midden 2016 een vrij plotselinge daling in stikstofgehalten te vinden is, waarbij de opbrengsten gelijk blijven. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor het negatieve verband dat in dat jaar gevonden wordt.

Er werd verwacht vanuit de theorie dat er een duidelijker positief verband terug te vinden zou zijn. Het feit dat dit niet sterk terugkomt in deze praktijkdata kan meerdere redenen hebben. Het kan zijn dat er, binnen de geleverde bandbreedte concentraties stikstof, geen significante invloed waar te nemen is. Andere factoren hebben blijkbaar een sterkere invloed op opbrengst dan het stikstofgehalte, in dit bereik. Het kan ook zo zijn dat de stikstofmeting (totaal stikstof) die gedaan wordt, niet goed het "beschikbare" stikstof weergeeft, waardoor de relatie niet goed tot uiting komt.



Figuur 44: De relatie tussen opbrengst over twee vluchten en het gemeten stikstofgehalte (N) in de compost, per strojaar weergegeven: a) 2014-2015, b) 2016-2017, c) 2015-2016 en d) 2017-2018



Figuur 45: Stikstofgehalten per geleverde partij compost (a) en gemiddelde opbrengst per twee vluchten (genormaliseerd, b) gedurende oktober 2015-oktober 2016

Modelleren van opbrengst met behulp van compostfactoren

Op basis van bovenstaande verbanden is het mogelijk een model op te stellen dat de verwachte opbrengst kan berekenen.

We zien in Tabel 14 dat de regressiecoëfficiënt voor het vochtgehalte alle seizoenen negatief is. Dat betekent dat per procentpunt extra vocht in de compost ongeveer 0.10 kg minder opbrengst wordt behaald over de twee vluchten. Voor het stikstofgehalte zien we een sterk wisselend beeld, met een negatief verband in 2015/2016 en een positief verband in de andere groeiseizoenen. Tenslotte is er voor de lengte van de myceliumgroei een heel constant patroon te zien. Wanneer het mycelium in het compost 1 dag extra kan groeien levert dit ongeveer 0.35 kg meer opbrengst op over de twee vluchten.

Tabel 14 Geschatte regressiecoëfficiënten van het multiple lineair regressie model met als respons variabele de opbrengst van 2 vluchten [kg/m²] en als verklarende variabelen: lengte van mycelium groei [dagen], vocht [%] en stikstofgehalte van de compost [%]

| Variabele | 2014/2015 | 2015/2016 | 2016/2017 | 2017/2018 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Vochtgehalte | -0.19 | -0.06 | -0.1 | -0.05 |
| Stikstofgehalte | 0.58 | -2.15 | 0.96 | 1.62 |
| Myceliumgroei | 0.35 | 0.39 | 0.35 | 0.32 |

7.4 Relatie kwaliteitsmonitoring met compost- en opbrengstfactoren

Een van de vragen in dit onderzoek is of de compost- en opbrengstgegevens van de partijen die gemonitord zijn op kwaliteit te correleren zijn aan het kwaliteitsbeeld. Met andere woorden toont de relatieve opbrengst van twee vluchten een relatie met stevigheid of kleurgerelateerde eigenschappen van dezelfde partij. Deze relaties zijn niet gevonden in de beschikbare data (Bijlage 4).

Er zijn wel verschillen tussen de telers met betrekking tot relatieve opbrengst (teler A<B,D), myceliumgroei (teler A<B) en hoeveelheid droge stof (kg/m²; teler A<B) (Bijlage 4). Echter, er wordt tussen de twee telers of binnen een teler geen enkel verband gezien tussen opbrengst- danwel teeltfactoren en de kwaliteitsmetingen aan vers of bewaard product.

7.5 Conclusie

Analyse van de aangeleverde opbrengstdata (Quickscan dataset (2014-2018)) toont grote variatie in opbrengsten afkomstig van een teler en tussen telers. De hoogte van de opbrengst, maar ook de variatie in opbrengst van twee vluchten per teler is verschillend. Er is geen duidelijk seizoenpatroon terug te vinden, behalve in de opbrengstverhouding vlucht 1 en 2, bij een aantal telers. Er is een verband gevonden in de aangeleverde praktijkdata tussen een aantal compostfactoren (myceliumgroei, vocht) en de opbrengst. Er is echter geen relatie tussen compost en/of opbrengst en kwaliteit van de champignons gevonden bij de telers die hebben meegewerkt aan de kwaliteitsmonitoring. De resultaten wijzen in de richting dat binnen de gangbare specificaties van de geleverde compost er geen invloed is op de kwaliteit van de champignon.

8 Algemene conclusie en discussie

8.1 Algemeen

Ketencondities zijn belangrijk voor kwaliteit!

- Let altijd op bewaarduur en bewaartemperatuur. Een week bewaring bij 2°C of 6°C resulteert in sterke achteruitgang van stevigheid en witheid van het wit en een groter verkleurd oppervlak. Deze effecten van ketencondities zijn vaak een sterker effect dan andere voor-oogstfactoren (teler, compost, vlucht, plukdag, weer).

Meetmethoden

- In het onderzoek is een meetopstelling voor kleurbepalingen aan champignons ontwikkeld. Op basis van een foto's onder standaardomstandigheden en beeldanalyse kan een objectieve meting van kleur wit en oppervlak verkleuring gedaan worden aan individuele champignons. Hiermee kunnen verschillende partijen op verschillende momenten met elkaar vergeleken worden.
- Naast de kleurmetingen zijn ook de meetmethoden, die in het project ontwikkeld of gebruikt zijn voor de bepaling van stevigheid, hoedopening en dichtheid, bruikbaar voor inschatting van kwaliteit. De methoden zijn uitgebreid beschreven in dit rapport om gebruik in de praktijk mogelijk te maken.

Relaties tussen kwaliteitsmetingen

- De kwaliteitseigenschappen die te maken hebben met kleur zijn onafhankelijk van factoren die gerelateerd zijn aan stevigheid en hoedopening.
- Kwaliteit verschilt tussen partijen champignons. De volgende inzichten zijn opgedaan vanuit monitoring en het volgen van de 2 teelten over de bijdrage van verschillende factoren:
 - **Teler:**

De kwaliteit van de champignons, geleverd door de bij de monitoring deelnemende telers, verschilt wekelijks van elkaar. Deze verschillen zijn echter niet structureel in het voor- of nadeel van 1 van de telers, gemiddeld over een heel jaar. In de praktijk wordt gedacht dat er grote verschillen in champignonkwaliteit van verschillende telers zijn. In de monitoring had elke partij een andere kwaliteit, maar gemiddeld over een jaar is deze kwaliteit van beide telers gelijk. Telers weten blijkbaar met hun expertise goed in te spelen op veranderingen om een gemiddeld goede kwaliteit af te leveren. Er zijn overigens wel verschillen in de geleverde compost en opbrengstcijfers bij deze telers, maar deze hebben geen relatie tot de kwaliteitsparameters.
 - **Vlucht:**

Er is verschil in kwaliteit tussen vlucht 1 en 2 waargenomen tijdens de monitoring, maar dezelfde verschillen zijn niet gevonden bij het volgen van twee teelten van 'flats'. Teeltstrategie is mogelijk een verklaring voor het al dan niet vinden van verschillen in kwaliteit tussen vluchten. Meest opvallend was dat champignons van vlucht 1 in vergelijking tot vlucht 2 iets groter waren tijdens de monitoring, met een hoger droge stofgehalte, iets minder stevig, minder wit en hoger percentage verkleurd oppervlak zowel vers als na bewaring. Tijdens het volgen van de twee teelten (voor flats) is dit verschil in kwaliteit tussen vlucht 1 en 2 niet gevonden. In de praktijkinterviews werd de verwachting aangegeven dat vlucht 1 beste kwaliteit champignons zou hebben.
 - **Plukdag:**

Effect van plukdag kon bij de teelt van "midden" champignons niet bepaald worden door een onevenwichtige verdeling van de plukdagen. Opvallend was dat met name plukdag 5 na bewaring meer verkleurde champignons resulteerde (in beide vluchten). Dit is een bevestiging van wat in interviews naar voren was gekomen dat naar het eind van een vlucht, de kwaliteit slechter wordt. Een latere plukdag binnen de vlucht blijkt bij teelt van "flats" duidelijk invloed op kwaliteitsfactoren te hebben (ook als er

alleen champignons geselecteerd worden met hoedopening tot en met stadium 2). Problemen met voorlopers, genoemd tijdens interviews, zijn tijdens het onderzoek niet naar voren gekomen.

- **Periode in het jaar:**
In voor- en najaar is er volgens de praktijk meer kans op partijen met slechte kwaliteit. De onderzoeksresultaten (op basis van beperkt aantal partijen) zijn in lijn hiermee: in het voor- en najaar waren er incidenteel partijen met meer verkleuring.
- **Variatie binnen cel:**
Het verschil tussen kwaliteit van champignons van verschillende plukdagen en vlucht blijkt groter dan de variatie tussen de bedden en binnen een bed (blijkt uit de twee teeltproeven met "flats").
- Het is mogelijk om partijen verse champignons te onderscheiden naar verwachte kwaliteit na bewaring (verkleurd oppervlak, diameter, hoedopening) met behulp van kleurmetingen gecombineerd met gegevens van plukdag en vlucht. Dit gaat het best als er gewerkt wordt met champignons van hetzelfde bed. Worden partijen gebruikt afkomstig van verschillende teelten of locaties dan wordt de voorspelling minder goed.

Relaties tussen compost, opbrengst en kwaliteit

- Er is een relatie gevonden tussen aantal dagen myceliumgroei en opbrengst (hoe langer doorgroeit, hoe hoger de opbrengst) en in beperkte mate tussen het vochtgehalte van de compost met opbrengst, gebaseerd op praktijkgegevens van een grotere groep telers, gemonitord gedurende 4 jaren door CNC.
- Er is geen verband gevonden tussen de kwaliteit van de champignons gemeten tijdens de monitoringsonderzoek en koppeling aan data van desbetreffende compost en opbrengst. De resultaten wijzen in de richting dat binnen de gangbare specificaties van de geleverde compost er geen sterke invloed op kwaliteit is.

8.2 Toepassing in praktijk

Bovenstaande inzichten kunnen door de praktijk op verschillende manieren worden toegepast. Hier volgt een aantal ideeën en voorbeelden:

- Aangezien ~ 80% van de klachten kleurgerelateerd is, is het de moeite waard om een objectieve meting van startkwaliteit van een partij champignons in het handelsproces op te nemen, middels een camera-opstelling met standaardinstellingen. Bij een eventueel klacht van een klant, later in de keten, is dan objectieve informatie beschikbaar over startkwaliteit. Er zijn mogelijkheden voor optimalisatie van de meetmethode voor de praktijk, zoals het meten van gevulde kratjes. Andere kwaliteitsmetingen uit ons onderzoek (stevigheid en hoedopening) geven geen informatie over de verkleuring.
- Het is belangrijk ketenomstandigheden goed te meten en vast te leggen (loggen). Hoge temperaturen hebben sterk negatieve invloed op kwaliteit.
- Informatie over plukdag en vlucht (en type teelt midden/flats) van een partij kan bruikbaar zijn om het kwaliteitverloop in te schatten en op deze manier kan een geschikte markt geselecteerd worden voor specifieke partijen. Bijvoorbeeld:
 - Bij vraag naar "midden" champignons met hoger drogestofgehalte (minder vocht) lijken champignons uit vlucht 1 meer geschikt, vanwege een gemiddeld paar tiende procent hoger drogestofgehalte.
 - Voor een snelle afzet van "midden" champignons in het hogere segment zijn champignons van vlucht 2 mogelijk meer geschikt door het gemiddeld wittere voorkomen, met name direct na oogst.
 - Voor gesneden champignons zijn stevige champignons gewenst. Champignons van vroege plukdagen blijken gemiddeld steviger. Mogelijk heeft ook de vlucht invloed, maar dat zou afhankelijk kunnen zijn van het type teelt.
 - Toevoeging van informatie over vlucht en plukdag aan een objectieve kleurmeting van een partij biedt kansen voor een betere inschatting van de verwachte kwaliteit met betrekking tot kleurbehoud van deze partij in de keten. Mogelijk kunnen

toevoeging van andere factoren als segment (bijvoorbeeld midden of flats) dit nog verbeteren.

- Gemeten eigenschappen van de gangbare compostsamenstelling in de praktijk en ook de opbrengst hebben geen meetbare relatie tot de kwaliteit van de champignons, bij monitoring in de praktijk. Doorontwikkeling van kwaliteitsgerichte compostconcepten lijkt daarmee niet relevant. Echter, het effect van compostsamenstelling was tijdens monitoring mogelijk niet meetbaar door alle oncontroleerbare variabelen. Dat wil niet zeggen dat er geen effect is op de kwaliteit. Bij ontwikkeling van nieuwe concepten is het belangrijk om experimenteel onderzoek en gerichte interventies uit te voeren, waarin de factoren systematisch gevarieerd worden, om mogelijke effecten op kwaliteit te toetsen, alsmede opbrengst.
- Wat betreft de gevonden relatie tussen composteigenschappen en opbrengst (Tabel 14) is het belangrijk om te realiseren dat deze getallen een gemiddeld beeld geven welke invloed deze parameters op de opbrengst hebben. Precieze voorspellingen van opbrengsten per teelt met behulp van dit model is niet realistisch, gezien de grote variaties van opbrengsten in de praktijk.

8.3 Aanbevelingen vervolgonderzoek

Vervolgonderzoek compostsamenstelling en kwaliteit champignons

Een belangrijke doelstelling van het project was om opheldering te verschaffen over de vraag welke invloed de compostsamenstelling heeft op kwaliteitsverlies van champignons in de keten. Er is een relatie tussen compost (aantal dagen myceliumgroei) en opbrengst gevonden op basis van de database, maar uiteindelijk niet tussen composteigenschappen en champignonkwaliteit met de resultaten van de monitoring. Tijdens de monitoring hebben we telkens slechts 1 dag van een vlucht en dus 2 punten per levering van substraat per teler. Waarschijnlijk is het onmogelijk door de variatie in kwaliteit binnen een teelt (vlucht/plukdag/bed/teeltwijze) om een link te leggen tussen de kwaliteit van de gehele teelt op het substraat en de eigenschappen van de geleverde compost. Experimenten met variaties in samenstellingen zullen hier meer inzicht in geven. Er is een start gemaakt in het project via de teeltproeven (stageverslag A. Passera, November 2018, CNC).

Vervolgonderzoek invloed plukdag/vlucht/teeltwijze op kwaliteit champignons

Het volgen van de gehele teelt vulde het monitoringsonderzoek goed aan met informatie over invloed van plukdag. Het zou interessant zijn om dit te herhalen bij een aantal teelten van "midden" champignons om zo effecten van plukdag op kleurbehoud na oogst en in de keten scherper te krijgen.

Vervolgonderzoek met gestandaardiseerde kleurmetingen en -analyse van hele champignons

De nadruk binnen het uitgevoerde onderzoek in dit project heeft grotendeels gelegen op ontwikkeling van een goede meet- en analysemethode van kleur van champignons. De ervaringen en uitkomsten uit de verschillende onderdelen van het onderzoek (monitoren, volgen van de teelten en opnamen van afgekeurde partijen), bieden kansen om dit door te ontwikkelen voor praktijkgebruik, maar ook voor vervolgonderzoek. Er kan bijvoorbeeld gericht op specifieke bacterieproblemen, schubben of andere problemen danwel klachten, onderzoek gedaan worden.

Vervolgonderzoek relaties teelt- en klimaatfactoren in relatie tot kwaliteit

Oorspronkelijk wilden we in het project ook een link leggen tussen teeltklimaat, buitenklimaat en het effect op opbrengst, en kwaliteit en ook in relatie met substraat. Door de geringe deelname van telers aan het monitoringsonderzoek bleek dit onmogelijk. We hebben wel op verschillende manieren buitenklimaat data (KNMI) gelinkt aan de opbrengst en compostgegevens van verschillende telers, maar hier kwam geen duidelijke relatie naar voren. Er liggen voldoende onderzoeksvragen, maar dit vraagt meer medewerking van telers. Uitkomsten zouden wellicht in een model verder verwerkt kunnen worden. Een voorbeeld van een recent model dat ontwikkeld is om teelt/klimaatfactoren in relatie te brengen tot opbrengst van champignons werd recentelijk gepubliceerd door Panayi et al. (2017).

Literatuur

- Aguirre L, Frias JM, Barry-Ryan C, Grogan H** (2008) Assessing the effect of product variability on the management of the quality of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology* **49**: 247-254
- Beelman RB, Okereke A, Guthrie B, Wuest PJ, Royse DJ, Beelman RB** (1987) Evaluation of Textural Changes Related to Postharvest Quality and Shelf Life of Fresh Mushrooms. *In* *Developments in Crop Science*, Vol 10. Elsevier, pp 251-258
- Borgdorff AM** (2012) veelzijdigheid van de champignon : consumentenonderzoek in Nederland, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk,
- Braaksma A** (2000) Postharvest development of the common mushroom (*Agaricus bisporus*). 745-749
- Burton K** (2004) Cultural factors affecting mushroom quality – causes and control of bruising,
- Burton K, Sreenivasaprasad S, Eastwood D, Rama T, Beecher T, Molloy S** (2000) The science of mushroom quality. *Mushroom Sci* **15**: 715-720
- Burton KS, Noble R** (1993) The influence of flush number, bruising and storage temperature on mushroom quality. *Postharvest Biology and Technology* **3**: 39-47
- Gaston E** (2010) Visible and Hyperspectral Imaging Systems for the Detection and Discrimination of Mechanical and Microbiological Damage of Mushrooms. Doctoral Thesis. Dublin Institute of Technology
- Hammond JB, Nichols R** (1976) Carbohydrate metabolism in *Agaricus bisporus* (Lange) Sing: changes in soluble carbohydrates during growth of mycelium and sporophore. *J Gen Microbiol* **93**: 309-320
- Hammond JBW, Nichols R** (1975) Changes in respiration and soluble carbohydrates during the post-harvest storage of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* **26**: 835-842
- Hutchings JB, Ronnier Luo M, Ji W** (2013) Food appearance quality assessment and specification. *In* D Kilcast, ed, *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality*. Woodhead Publishing, pp 29-53e
- Jolivet S, Arpin N, Wichers HJ, Pellon G** (1998) *Agaricus bisporus* browning: a review. *Mycological Research* **102**: 1459-1483
- Juan JAd, Pardo A, Pardo JE** (2003) Effect of different casing materials on production and quality of the cultivated mushroom. *Advances in Horticultural Science* **17**: 141-148
- Kalberer P** (1991) Water relations of the mushroom culture (*Agaricus bisporus*): Influence on the crop yield and on the dry matter content of the fruit bodies. *Mushroom Sci* **13**: 269-274
- Loon PCCv, Sonnenberg ASM, Swinkels HATI, Griensven LJLDv, Heijden GWAMvd** (1995) Objective measurement of developmental stage of white button mushrooms (*Agaricus bisporus*). 703-708
- Manolopoulou E, Philippoussis A, Lambrinos G, Diamantopoulou P** (2007) Evaluation of productivity and postharvest quality during storage of five *Agaricus bisporus* strains. *Journal of Food Quality* **30**: 646-663
- McGarry A, Burton KS** (1994) Mechanical properties of the mushroom, *Agaricus bisporus*. *Mycological Research* **98**: 241-245
- Mendoza F, Dejmek P, Aguilera JM** (2006) Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology* **41**: 285-295
- Panayi E, Peters GW, Kyriakides G** (2017) Statistical modelling for precision agriculture: A case study in optimal environmental schedules for *Agaricus Bisporus* production via variable domain functional regression. *PLOS ONE* **12**: e0181921
- Pascale D** (2006) RGB coordinates of the Macbeth color checker, BabelColor Company, Montreal, Quebec, Canada.(2006, Jun.). *In*,
- Pathare PB, Opara UL, Al-Said FA-J** (2013) Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology* **6**: 36-60
- Rama T, Burton KS, Vincent JFV** (2000) Relationship between sporophore morphology and mushroom quality. 725-731
- Tarlak F, Ozdemir M, Melikoglu M** (2016a) Computer vision system approach in colour measurements of foods: Part I. development of methodology. *Food Science and Technology* **36**: 382-388
- Tarlak F, Ozdemir M, Melikoglu M** (2016b) Computer vision system approach in colour measurements of foods: Part II. validation of methodology with real foods. *Food Science and Technology* **36**: 499-504
- Weijn A, Tomassen MMM, Bastiaan-Net S, Wigham MLI, Boer EPJ, Hendrix EAHJ, Baars JJP, Sonnenberg ASM, Wichers HJ, Mes JJ** (2012) A new method to apply and quantify bruising sensitivity of button mushrooms. *Food Science and Technology = Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* **47**: 308 - 314

Bijlage 1 Vragenlijst kennisinventarisatie

Onderwerp: de kwaliteit van champignons

1. Wat versta je onder de kwaliteit van champignons?
2. Hoe bepaal je de kwaliteit van champignons?
3. Welke factoren hebben invloed op de kwaliteit van champignons? Denk aan zowel intrinsieke factoren (dus van de champignon zelf; ras, teelt etc.) als externe factoren (zoals tijd, temperatuur, verpakking, RV, transport type etc.)
4. Welke stappen doorlopen de champignons bij jouw bedrijf?
5. Op welke punten worden de champignons op kwaliteit gecontroleerd?
6. Hoe bepaal je de kwaliteit van de champignons op die controlepunten?
7. Hoe betrouwbaar en nauwkeurig zijn de kwaliteitsmetingen?
8. Hoe maak je een voorspelling van de ontwikkeling van de kwaliteit van de champignons over de tijd?
9. Wat is haalbaar om te meten in de praktijk?
10. Wat zijn de mogelijke waarden van de parameters die gemeten worden?
11. Welke gegevens worden bijgehouden van de champignons? In welke systemen? Wat wordt er gedaan met deze gegevens?
12. Welke specifiek kennis ontbreekt nog?
13. Wat doe je als de kwaliteit tegenvalt?

Bijlage 2 Aanvulling monitoring 2017 (A)

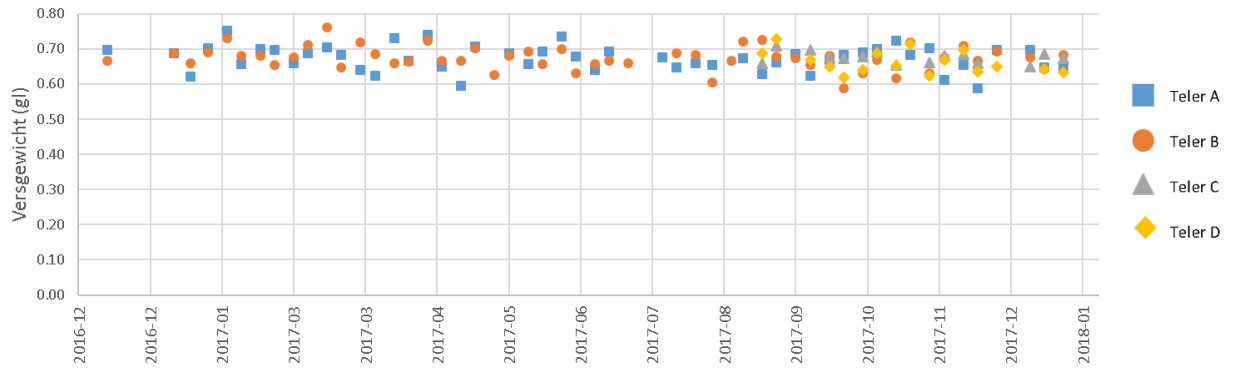
Tabel 15: General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters per teler en de significante verschillen (p-waarde en significantie); gemiddelden zonder of met een gelijke letter zijn niet significant verschillend (Tukey post hoc test, 5%)

| | | Teler A | Teler B | Teler C | Teler D | p-waarde | Significatie |
|-----------------|---------------------|-------------|------------|-------------|------------|----------|--------------|
| Vers | Versgewicht | 27.5 | 28.2 | 28.8 | 29.5 | 0.766 | n.s. |
| | Dichtheid | 0.67 | 0.67 | 0.68 | 0.66 | 0.571 | n.s. |
| | Droge stof | 8.3 | 8.2 | 8.5 | 8.3 | 0.480 | n.s. |
| | O2-opname | 129 b | 123 ab | 131 b | 114 a | <0.001 | *** |
| | Diameter | 4.01 | 4.09 | 3.97 | 4.12 | 0.561 | n.s. |
| | Hoedopening | 1.31 | 1.25 | 1.24 | 1.39 | 0.293 | n.s. |
| | Stevigheid | 1.03 | 1.09 | 1.04 | 1.02 | 0.065 | n.s. |
| | Witheid van het wit | 55.7 | 54.3 | 56.0 | 55.6 | 0.225 | n.s. |
| | Verkleurd oppervlak | 7.8 | 9.6 | 7.7 | 8.4 | 0.514 | n.s. |
| Bewaard bij 2°C | Diameter | 4.10 | 4.25 | 4.08 | 4.21 | 0.151 | n.s. |
| | Hoedopening | 1.37 | 1.27 | 1.24 | 1.40 | 0.172 | n.s. |
| | Stevigheid | 0.89 ab | 1.00 ac | 0.97 abc | 0.88 a | 0.007 | ** |
| | Witheid van het wit | 51.3 ab | 49.9 a | 51.7 ab | 52.7 b | 0.004 | ** |
| | Verkleurd oppervlak | 16.4 abc | 21.5 b | 14.9 ab | 14.6 a | 0.006 | ** |
| Bewaard bij 6°C | Diameter | 4.31 | 4.48 | 4.29 | 4.32 | 0.179 | n.s. |
| | Hoedopening | 2.00 b | 1.81 ab | 1.57 a | 1.89 ab | 0.009 | ** |
| | Stevigheid | 0.58 a | 0.66 b | 0.64 ab | 0.58 ab | 0.002 | ** |
| | Witheid van het wit | 45.8 | 45.3 | 45.7 | 46.2 | 0.707 | n.s. |
| | Verkleurd oppervlak | 35.8 | 35.4 | 36.6 | 35.4 | 0.99 | n.s. |

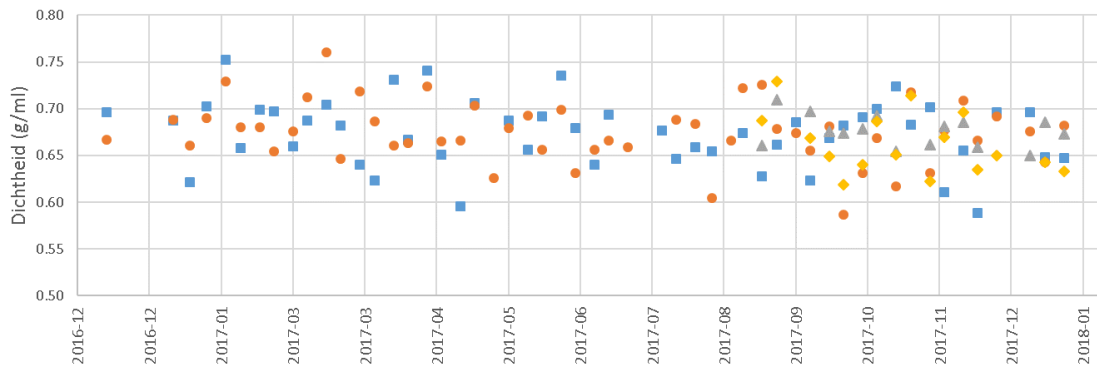
Tabel 16: Unbalanced ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters van vlucht 1 en 2 van teler A en B en de significante verschillen (p-waarde en significantie); gemiddelden zonder of met een gelijke letter zijn niet significant verschillend (Fisher's unprotected LSD post hoc test, 5%)

| | | Teler A | | Teler B | | Herkomst | | Vlucht | |
|-----------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|----------|---------------|----------|---------------|
| | | Vlucht 1 | Vlucht 2 | Vlucht 1 | Vlucht 2 | p-waarde | Significantie | p-waarde | Significantie |
| Vers | Versgewicht | 30.5 a | 23.4 b | 31.5 a | 24.8 b | 0.703 | n.s. | <0.001 | *** |
| | Dichtheid | 0.67 | 0.68 | 0.67 | 0.68 | 0.878 | n.s. | 0.05 | n.s. |
| | Droge stof | 8.5 b | 8.0 a | 8.4 b | 8.0 a | 0.306 | n.s. | <0.001 | *** |
| | O2-opname | 131 b | 126 ab | 122 a | 125 ab | 0.043 | * | 0.748 | n.s. |
| | Diameter | 4.22 b | 3.72 a | 4.27 b | 3.91 a | 0.387 | n.s. | <0.001 | *** |
| | Hoedopening | 1.34 | 1.28 | 1.27 | 1.22 | 0.196 | n.s. | 0.321 | n.s. |
| | Stevigheid | 0.99 a | 1.09 b | 1.07 b | 1.12 b | 0.018 | * | 0.012 | * |
| | Witheid van het wit | 54.1 b | 57.5 c | 52.3 a | 56.4 c | 0.094 | n.s. | <0.001 | *** |
| | Verkleurd oppervlak | 10.5 b | 4.3 a | 14.5 c | 4.8 a | 0.160 | n.s. | <0.001 | *** |
| Bewaard bij 2°C | Diameter | 4.26 b | 3.87 a | 4.45 b | 4.06 a | 0.044 | * | <0.001 | *** |
| | Hoedopening | 1.39 | 1.37 | 1.31 | 1.24 | 0.077 | n.s. | 0.467 | n.s. |
| | Stevigheid | 0.87 a | 0.91 a | 0.95 a | 1.05 b | 0.003 | ** | 0.045 | * |
| | Witheid van het wit | 51.1 b | 51.6 b | 49.4 a | 50.3 ab | 0.017 | * | 0.194 | n.s. |
| | Verkleurd oppervlak | 17.3 ab | 14.3 a | 22.4 b | 20.6 b | 0.006 | ** | 0.225 | n.s. |
| Bewaard bij 6°C | Diameter | 4.56 b | 4.04 a | 4.72 b | 4.25 a | 0.135 | n.s. | <0.001 | *** |
| | Hoedopening | 1.97 | 2.09 | 1.80 | 1.83 | 0.049 | n.s. | 0.492 | n.s. |
| | Stevigheid | 0.54 a | 0.62 b | 0.59 ab | 0.74 c | <0.001 | *** | <0.001 | *** |
| | Witheid van het wit | 44.8 ab | 46.9 c | 44.5 a | 46.1 bc | 0.524 | n.s. | 0.002 | ** |
| | Verkleurd oppervlak | 38.9 b | 32.0 ab | 39.4 b | 31.5 a | 0.805 | n.s. | 0.008 | ** |

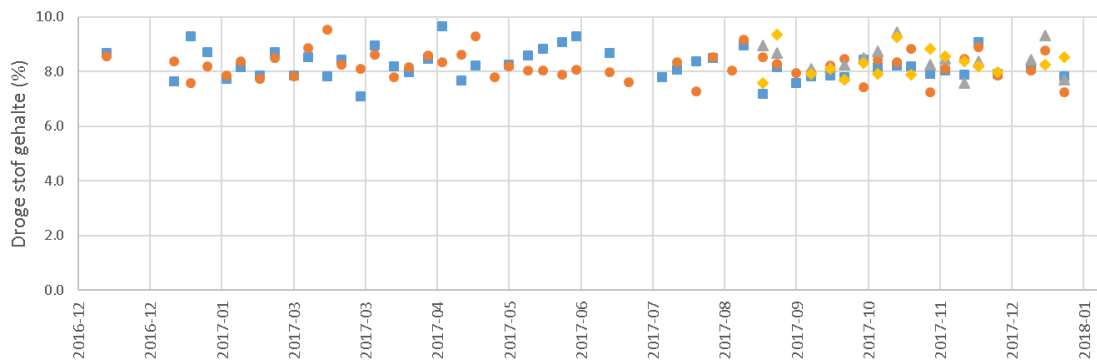
a) Versgewicht



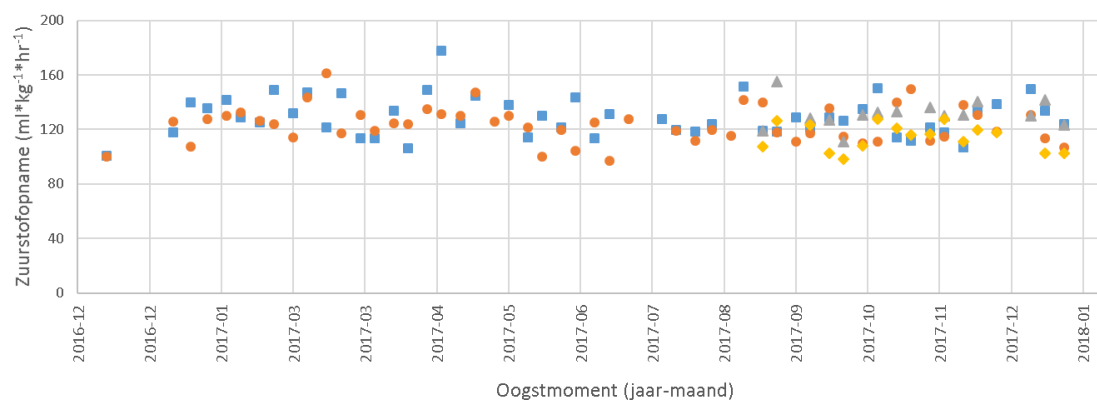
b) Dichtheid



c) Gehalte droge stofgehalte

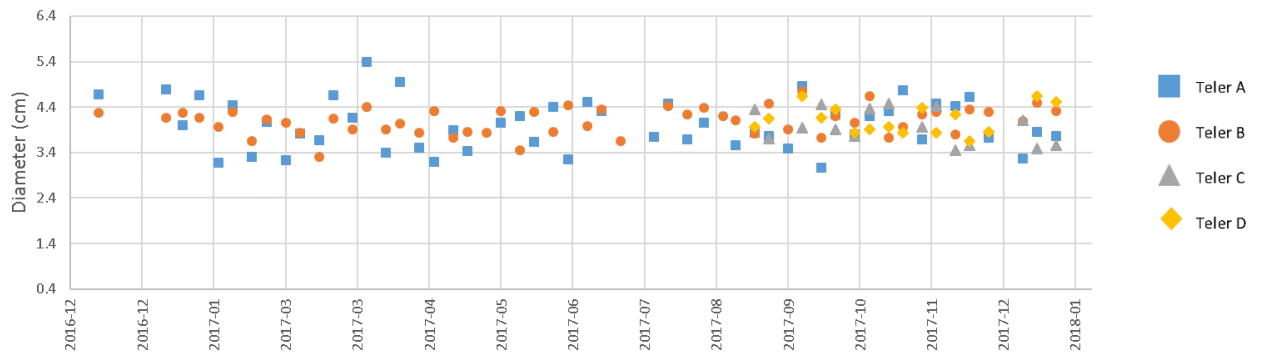


d) Ademhaling

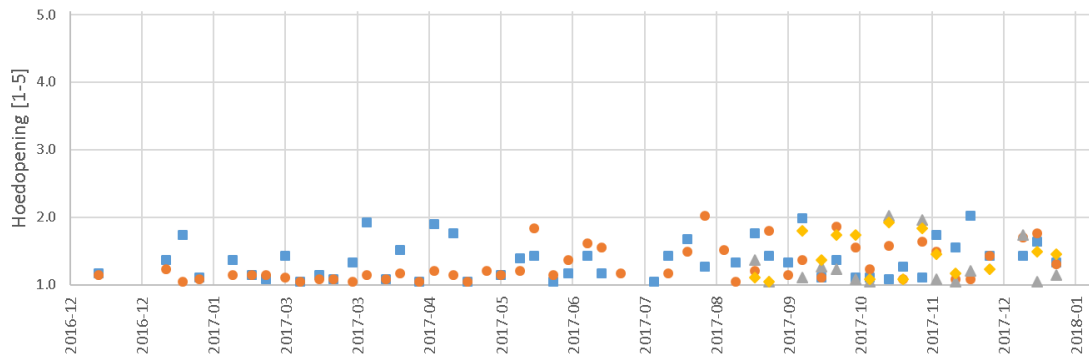


Figuur 46: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters per partij van verse champignons van 4 herkomsten (A, B, C en D) gedurende het jaar 2017: a) versgewicht, b) dichtheid, c) gehalte droge stof en d) ademhaling.

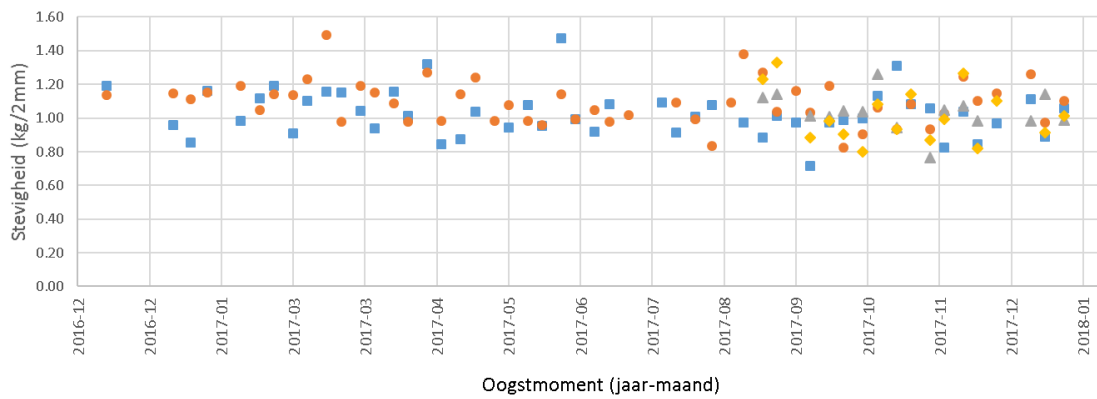
a) Diameter van de hoed



b) Hoedopening



c) Stevigheid



Figuur 47: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters per partij van verse champignons van 4 herkomsten (A, B, C en D) gedurende het jaar 2017: a) diameter van de hoed, b) hoedopening en c) stevigheid.

Tabel 17: Correlatietabel op basis van gemiddelden per partij, vers en bewaard bij 2°C en 6°C. Vlakken met een voorspellende waarde zijn met blauw aangegeven. Correlaties met $R > 0.7$ en $R < -0.7$, zijn met groen gemarkeerd.

| | Vers | | | | | | | Bewaard bij 2°C | | | | Bewaard bij 6°C | | | | | | | |
|---------------------|-------------|-----------|--------------------|------------|----------|-------------|------------|---------------------|---------------------|----------|-------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------|-------------|------------|---------------------|---------------------|
| | Versgewicht | Dichtheid | Gehalte droge stof | Ademhaling | Diameter | Hoedopening | Stevigheid | Witheld van het wit | Verkleurd oppervlak | Diameter | Hoedopening | Stevigheid | Witheld van het wit | Verkleurd oppervlak | Diameter | Hoedopening | Stevigheid | Witheld van het wit | Verkleurd oppervlak |
| Vers | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dichtheid | -0.176 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gehalte droge stof | 0.048 | 0.113 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ademhaling | -0.392 | 0.395 | 0.450 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diameter | 0.858 | -0.318 | 0.015 | -0.509 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Hoedopening | 0.145 | -0.706 | 0.042 | -0.237 | 0.306 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Stevigheid | 0.016 | 0.784 | 0.188 | 0.208 | -0.111 | -0.705 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Witheld van het wit | -0.477 | 0.014 | -0.332 | 0.003 | -0.453 | -0.063 | -0.084 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Verkleurd oppervlak | 0.496 | -0.051 | 0.330 | 0.048 | 0.408 | 0.097 | -0.019 | -0.853 | 1 | | | | | | | | | | |
| Diameter | 0.643 | -0.218 | 0.143 | -0.339 | 0.690 | 0.163 | -0.030 | -0.394 | 0.408 | 1 | | | | | | | | | |
| Hoedopening | 0.057 | -0.597 | 0.102 | -0.146 | 0.162 | 0.543 | -0.494 | 0.072 | -0.062 | 0.198 | 1 | | | | | | | | |
| Stevigheid | 0.021 | 0.586 | 0.072 | 0.241 | -0.144 | -0.417 | 0.638 | -0.067 | 0.048 | -0.061 | -0.713 | 1 | | | | | | | |
| Witheld van het wit | -0.140 | -0.119 | -0.204 | -0.067 | -0.122 | 0.114 | -0.231 | 0.297 | -0.292 | -0.288 | 0.113 | -0.249 | 1 | | | | | | |
| Verkleurd oppervlak | 0.134 | 0.088 | 0.085 | 0.011 | 0.096 | -0.128 | 0.185 | -0.232 | 0.282 | 0.241 | -0.072 | 0.164 | -0.818 | 1 | | | | | |
| Diameter | 0.649 | -0.111 | 0.071 | -0.285 | 0.723 | 0.177 | -0.026 | -0.395 | 0.419 | 0.723 | 0.126 | -0.073 | -0.210 | 0.197 | 1 | | | | |
| Hoedopening | -0.030 | -0.415 | -0.071 | -0.213 | 0.142 | 0.426 | -0.351 | 0.037 | -0.072 | 0.031 | 0.633 | -0.588 | 0.049 | -0.066 | 0.185 | 1 | | | |
| Stevigheid | 0.049 | 0.504 | -0.141 | 0.094 | -0.108 | -0.435 | 0.610 | 0.024 | -0.072 | 0.028 | -0.573 | 0.792 | -0.224 | 0.219 | -0.095 | -0.635 | 1 | | |
| Witheld van het wit | -0.185 | 0.089 | -0.278 | -0.002 | -0.192 | -0.074 | 0.086 | 0.350 | -0.345 | -0.263 | -0.049 | 0.049 | 0.646 | -0.435 | -0.254 | -0.125 | 0.110 | 1 | |
| Verkleurd oppervlak | 0.091 | -0.091 | 0.227 | 0.027 | 0.065 | 0.066 | -0.145 | -0.324 | 0.343 | 0.157 | 0.080 | -0.139 | -0.499 | 0.415 | 0.131 | 0.176 | -0.227 | -0.854 | 1 |
| Bewaard bij 2°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bewaard bij 6°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

In de correlatietabel zijn R-waarden groter dan 0.7 of kleiner dan -0.7 aangegeven met groen. Deze waarden geven een positief of negatief verband aan.

In de tabel is te zien dat alleen de diameter van de verse champignons een relatie heeft met de diameter na bewaring bij 6°C.

De kleurparameters gemeten aan verse champignons hebben geen relatie tot de kleur na bewaring. Ook de andere kwaliteitsparameters, gemeten aan het verse product, laten geen verband zien met de kwaliteitsparameters na bewaring bij zowel 2 als 6°C.

Een correlatietabel geeft bij elk verband de waarde voor de correlatie coëfficiënt R. R kan variëren tussen -1 en +1 en geeft daarmee aan hoe sterk het verband is en de richting van de relatie, positief of negatief (https://en.wikipedia.org/wiki/Correlation_coefficient).

Bijlage 3 Aanvulling volgen teelt (C)

Tabel 18: Correlatietabel op basis van gemiddelden teelt 1 en 2 per monster van verse en bewaarde champignons (bij 6°C)^j. Vlakken met een mogelijk voorspellende waarde zijn met blauw aangegeven. Correlaties met $R > 0.7$ en $R < -0.7$ zijn met groen gemarkeerd.

| | | Vers | | | | | Bewaard bij 6°C | | | | |
|-----------------|---------------------|----------|--------------|------------|---------------------|---------------------|-----------------|--------------|------------|---------------------|---------------------|
| | | Diameter | Hoed-opening | Stevigheid | Witheid van het wit | Verkleurd oppervlak | Diameter | Hoed-opening | Stevigheid | Witheid van het wit | Verkleurd oppervlak |
| Vers | Diameter | 1 | | | | | | | | | |
| | Hoedopening | 0.803 | 1 | | | | | | | | |
| | Stevigheid | 0.005 | -0.236 | 1 | | | | | | | |
| | Witheid van het wit | -0.672 | -0.450 | -0.203 | 1 | | | | | | |
| | Verkleurd oppervlak | 0.674 | 0.609 | 0.013 | -0.729 | 1 | | | | | |
| Bewaard bij 6°C | Diameter | 0.963 | 0.805 | 0.012 | -0.666 | 0.685 | 1 | | | | |
| | Hoedopening | 0.884 | 0.800 | -0.181 | -0.635 | 0.667 | 0.888 | 1 | | | |
| | Stevigheid | -0.536 | -0.541 | 0.439 | 0.215 | -0.361 | -0.545 | -0.588 | 1 | | |
| | Witheid van het wit | -0.625 | -0.462 | 0.053 | 0.689 | -0.644 | -0.633 | -0.618 | 0.254 | 1 | |
| | Verkleurd oppervlak | 0.665 | 0.596 | -0.112 | -0.597 | 0.780 | 0.686 | 0.654 | -0.347 | -0.826 | 1 |

^j Alleen hoedopening 1 en 2

Tabel 19 General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters per plukdag van teelt 1 en de significante verschillen (p-waarde en significantie); gemiddelden zonder of met een gelijke letter zijn niet significant verschillend (Tukey post hoc test, 5%)

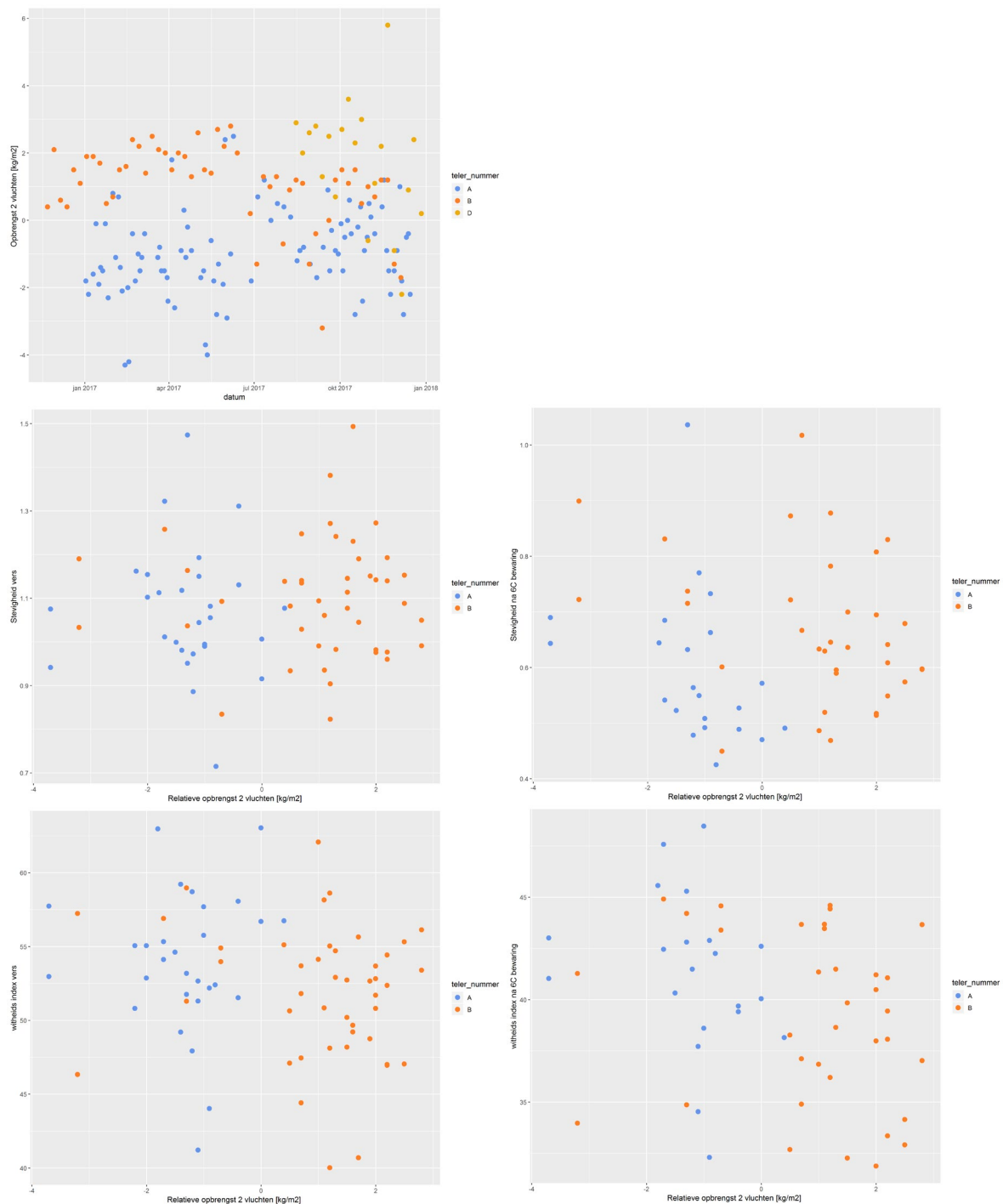
| | Vlucht 1 | | | | | | | | | | | | Vlucht 2 | | | | Significatie |
|-----------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|-----|--|--------------|
| | Vlucht 1 | | | | | | | | | | | | Vlucht 2 | | | | |
| | Plukdag 1 | Plukdag 2 | Plukdag 3 | Plukdag 4 | Plukdag 5 | Plukdag 6 | Plukdag 7 | Plukdag 8 | Plukdag 1 | Plukdag 2 | Plukdag 3 | Plukdag 4 | | | | | |
| Vers | Diameter | 2.9 a | 2.8 a | 3.1 ab | 3.4 ab | 5.6 d | 10.8 g | 10.6 g | 8.7 ef | 3.5 b | 4.9 c | 8.3 e | 9.0 f | <0.001 | *** | | |
| | Hoedopening | 1.0 a | 1.0 a | 1.0 a | 1.1 a | 1.8 b | 3.5 d | 4.0 e | 4.1 e | 1.0 a | 1.1 a | 2.9 c | 4.5 f | <0.001 | *** | | |
| | Stevigheid | 1.26 e | 1.22 de | 1.22 de | 1.15 de | 1.08 d | 0.70 bc | 0.57 abc | 0.54 ab | 1.21 de | 1.17 de | 0.73 c | 0.50 a | <0.001 | *** | | |
| | Witheid van het wit t/m stadium 2 | 72.5 b | 77.1 c | 76.7 bc | 82.0 d | 74.9 bc | | | | 74.6 bc | 67.4 a | | | <0.001 | *** | | |
| | Verkleurd oppervlak t/m stadium 2 | 0.62 bc | 0.21 a | 0.23 ab | 0.22 d | 0.37 abc | | | | 0.13 a | 0.64 c | | | <0.001 | *** | | |
| | Diameter | 2.8 a | 3.1 a | 3.3 ab | 3.7 b | 6.0 d | 11.4 g | 11.1 g | 8.9 e | 3.7 b | 5.4 c | 9.2 e | 9.8 f | <0.001 | *** | | |
| Bewaard bij 6°C | Hoedopening | 1.0 a | 1.0 a | 1.0 a | 1.0 a | 2.0 b | 4.0 d | 5.0 e | 4.3 d | 1.0 a | 1.9 b | 3.4 c | 4.9 e | <0.001 | *** | | |
| | Stevigheid | 1.22 g | 1.17 g | 1.02 f | 0.85 e | 0.64 d | 0.49 bc | 0.42 ab | 0.33 a | 0.92 ef | 0.82 e | 0.55 cd | 0.39 ab | <0.001 | *** | | |
| | Witheid van het wit t/m stadium 2 | 65.9 bc | 67.3 bc | 69.0 cd | 73.2 d | 64.3 b | | | | 68.3 bc | 58.4 a | | | <0.001 | *** | | |
| | Verkleurd oppervlak t/m stadium 2 | 2.16 b | 0.61 ab | 0.35 ab | 0.48 ab | 1.67 ab | | | | 0.20 a | 2.08 ab | | | 0.005 | ** | | |

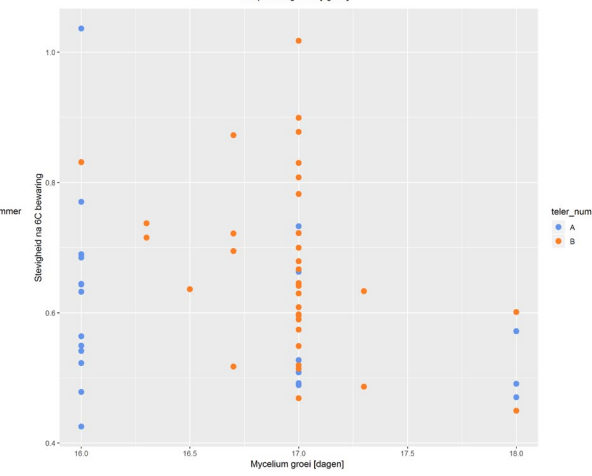
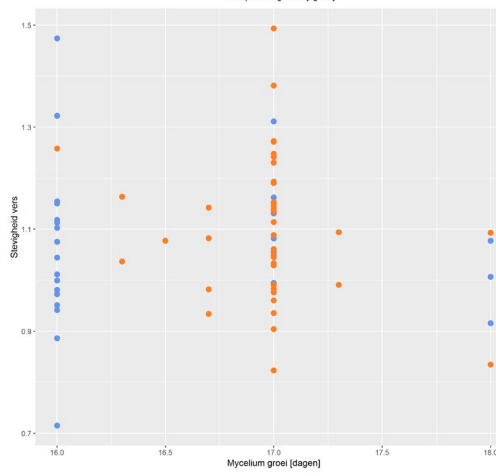
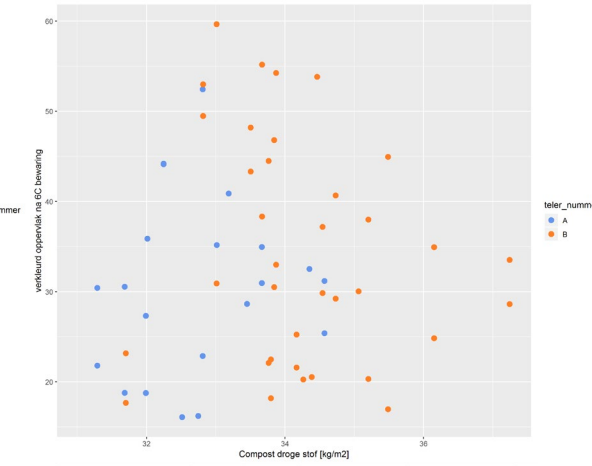
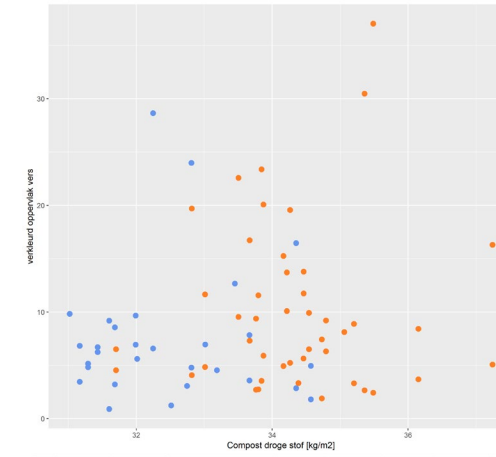
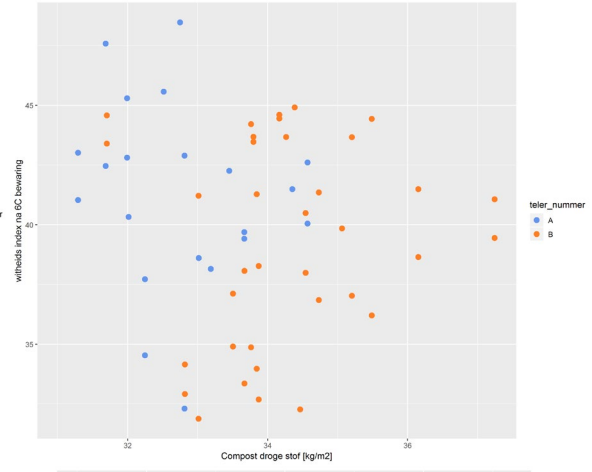
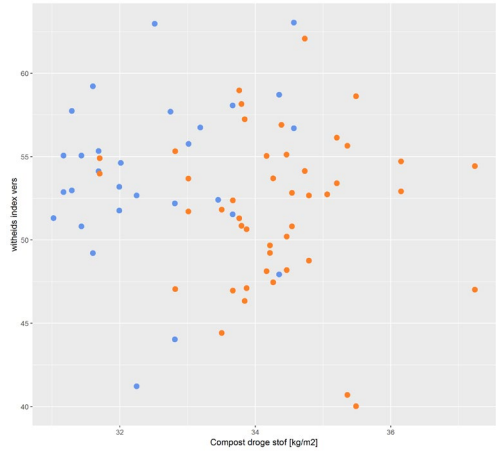
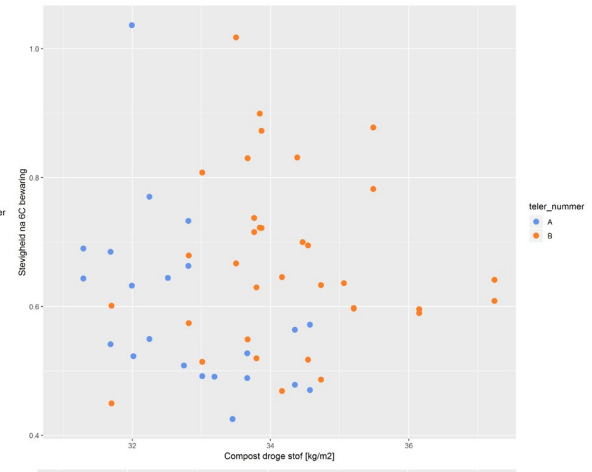
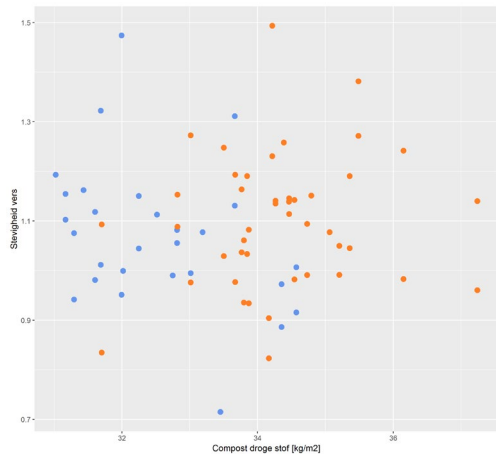
Tabel 20: General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters per plukdag van teelt 2 en de significante verschillen (p-waarde en significantie); gemiddelden zonder of met een gelijke letter zijn niet significant verschillend (Tukey post hoc test, 5%)

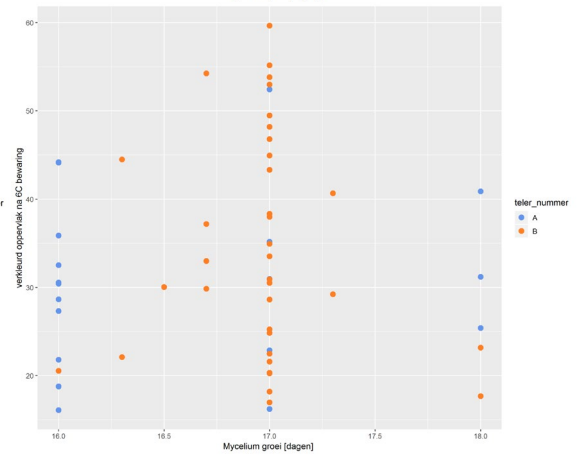
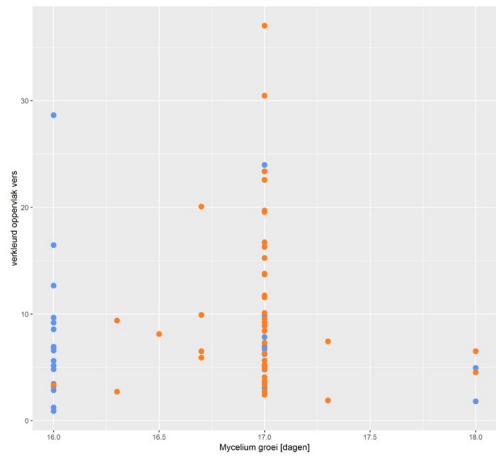
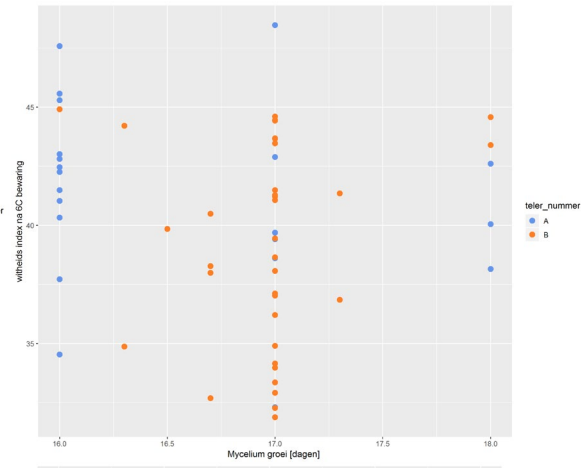
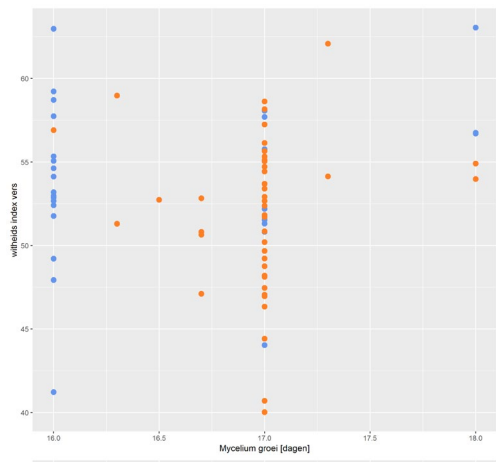
| | Vlucht 2 | | | | | | | | | | | | | | Significantie |
|-----------------|--|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|------------|----------|-----|---------------|
| | Vlucht 1 | | | | | | | Vlucht 2 | | | | | | | |
| | Plukdag 1 | Plukdag 2 | Plukdag 3 | Plukdag 4 | Plukdag 5 | Plukdag 6 | Plukdag 7 | Plukdag 1 | Plukdag 2 | Plukdag 3 | Plukdag 4 | Plukdag 4 | p-waarde | | |
| Vers | Diameter | 2.9 a | 3.1 a | 3.2 ab | 3.4 ab | 5.2 c | 10.1 e | 11.0 f | 3.3 ab | 3.6 b | 4.9 c | 6.1 d | <0.001 | *** | |
| | Hoedopening | 1.0 a | 1.0 a | 1.0 a | 1.0 a | 1.6 b | 3.6 c | 4.3 d | 1.0 a | 1.0 a | 1.2 a | 1.6 b | <0.001 | *** | |
| | Stevigheid | 1.09 bc | 1.19 bcd | 1.12 bc | 1.21 cd | 1.08 b | 0.62 a | 0.55 a | 1.38 e | 1.29 de | 1.37 e | 1.29 de | <0.001 | *** | |
| | Witheid van het wit t/m sta dium 2 | 75.9 de | 77.9 e | 77.7 e | 72.0 bc | 68.6 b | | | 73.0 cd | 73.0 cd | 72.8 cd | 64.1 a | <0.001 | *** | |
| | Verkleurd oppervlak t/m sta dium 2 | 0.31 a | 0.16 a | 0.25 a | 0.59 a | 2.07 b | | | 0.62 a | 0.30 a | 0.82 a | 2.28 b | <0.001 | *** | |
| | Diameter | 3.3 a | 3.4 ab | 3.4 abc | 3.7 bc | 5.5 d | 10.5 f | 11.7 g | 3.6 abc | 3.8 c | 5.2 d | 6.7 e | <0.001 | *** | |
| Bewaard bij 6°C | Hoedopening | 1.0 a | 1.0 a | 1.0 a | 1.0 a | 2.1 c | 3.9 d | 4.6 e | 1.0 a | 1.1 ab | 1.2 b | 2.1 c | <0.001 | *** | |
| | Stevigheid | 1.08 g | 0.95 ef | 0.73 bc | 0.82 cd | 0.66 b | 0.43 a | 0.36 a | 1.06 fg | 0.93 de | 1.01 efg | 0.80 c | <0.001 | *** | |
| | Witheid van het wit vers t/m sta dium 2 | 62.6 cd | 67.2 e | 66.7 e | 61.7 c | 54.3 a | | | 65.1 de | 67.9 e | 57.4 ab | 59.9 bc | <0.001 | *** | |
| | Verkleurd oppervlak vers t/m sta dium 2 | 1.41 a | 0.75 a | 0.94 a | 1.74 a | 5.44 c | | | 0.30 a | 0.76 a | 3.55 b | 3.98 bc | <0.001 | *** | |

Bijlage 4 Relaties opbrengst-, compost- en kwaliteitsgegevens van gemonitorde partijen

Onderstaande figuren tonen de resultaten van de opbrengsten en bijgehouden eigenschappen van de geleverde compost in relatie tot de gemiddelde kwaliteit van de gemonitorde partijen per teler (Teler A= blauw, B= oranje, D= geel). Er zijn wel verschillen tussen de telers met betrekking tot relatieve opbrengst (teler A<B,D) , myceliumgroei (teler A<B) en hoeveelheid droge stof (kg/m²; teler A<B). Echter, er wordt tussen de twee telers of binnen een teler geen enkel verband gezien tussen opbrengst/teeltfactoren en kwaliteitsmetingen aan vers of bewaard product.







Bijlage 5 Overzicht figuren

| | |
|--|----|
| Figuur 1: Redenen voor afkeur van geleverde champignons door keurmeesters bij Banken Champignons van juli t/m december 2014 | 13 |
| Figuur 2: Individuele champignons op een blauwe achtergrond in de kleurenkast met LED-panelen rondom en een RGB-camera aan de bovenzijde | 19 |
| Figuur 3: Impressie van de kleurclassificatie van individuele champignons in drie kleurklassen na bewaring bij 6°C. De buitenste rand van 5 pixels (licht blauwe lijn) is uitgesloten van analyse om de invloed van reflectie van de achtergrond te verminderen..... | 20 |
| Figuur 4: Meting limited compression van de zijkant van de hoed..... | 22 |
| Figuur 5: Voorbeelden van de vijf stadia van hoedopening van de champignon..... | 23 |
| Figuur 6: Meting van het onderwatergewicht: de champignon moet geheel onderwater zijn, zonder dat hij de wanden of bodem van het bekerglas raakt. | 24 |
| Figuur 7: Voorbeeld van verse (links) en gedroogde (rechts) champignons in een aluminium weegbakje. | 24 |
| Figuur 8: Monstername voor meting van de respiratie | 25 |
| Figuur 9: Kweekcel voor teeltproef 1 gezien vanaf de buitendeur, voorzien van twee stellingen met elk vijf bedden. De bedden zijn hier leeg. | 28 |
| Figuur 10: Schematische weergave van de kweekcel met de linker en rechter stelling, elk met 5 bedden: a) bovenaanzicht en b) vooraanzicht..... | 28 |
| Figuur 11: Schematische indeling van een bed in 10 vakken, en de verdeling in het voorste en achterste deel (groen). Van de vakken 1 en 10 (grijs) werd niet geoogst voor de kwaliteitsmetingen | 29 |
| Figuur 12: Schematische weergave van de indeling van de bedden in beide teeltproeven. De bedden in de proeven zijn met groen aangegeven: a) teeltproef 1 en b) teeltproef 2. | 30 |
| Figuur 13: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheids-interval van verse champignons per teler: a) versgewicht, b) dichtheid, c) gehalte droge stof en d) ademhaling.. | 33 |
| Figuur 14: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheids-interval van verse en bewaarde (bij 2°C en 6°C) champignons per teler: a) diameter, b) hoedopening, d) stevigheid, d) witheid van het wit en e) verkleurd oppervlak..... | 33 |
| Figuur 15: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheids-interval van verse champignons van vlucht 1 en 2 van teler A en B: a) versgewicht, b) dichtheid, c) gehalte droge stof en d) ademhaling | 34 |
| Figuur 16: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheids-interval van verse en bewaarde (bij 2°C en 6°C) champignons van vlucht 1 en 2 van teler A en B: a) diameter, b) hoedopening, c) stevigheid, d) witheid van het wit en e) verkleurd oppervlak | 35 |
| Figuur 17: De gemiddelde waarde van de witheid van de geleverde partijen per herkomst gedurende het seizoen: a) vers en b) bewaard bij 6°C | 36 |
| Figuur 18: De gemiddelde waarde van het verkleurd oppervlak van de geleverde partijen per herkomst gedurende het seizoen: a) vers en b) bewaard bij 6°C (nb schaalverdeling y-as van beide figuren is niet gelijk)..... | 36 |
| Figuur 19: Het aantal partijen per vlucht (VL) en per plukdag (P) in de monitoring van teler A en B. De getallen boven de balk geven het percentage van het totaal (n=96). | 37 |
| Figuur 20: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheids-interval van verse champignons van vlucht 1 en 2, per plukdag, van teler A en B: a) versgewicht, b) dichtheid, c) gehalte droge stof en d) ademhaling | 37 |
| Figuur 21: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters met het 95% betrouwbaarheids-interval van verse en bewaarde (bij 2°C en 6°C) champignons van vlucht 1 en 2, per plukdag, van teler A en B: a) diameter, b) hoedopening, c) stevigheid, d) witheid van het wit en e) verkleurd oppervlak | 38 |
| Figuur 22: Biplot van verschillende kwaliteitsmetingen van alle partijen tijdens de monitoring. De partijen zijn per vlucht gelabeld. | 39 |
| Figuur 23: Visualisatie van het verband tussen de kenmerken die aan de verse champignons zijn gemeten. De verbanden gemarkeerd met een groen vak hebben een correlatiecoëfficiënt $R < -0.7$ of $R > 0.7$. Kleuren van de symbolen geven de herkomst weer..... | 40 |
| Figuur 24: Visualisatie van het verband tussen de kenmerken die zowel aan verse als aan bewaarde champignons zijn gemeten: a) vers vs. bewaard bij 2°C en b) vers vs. bewaard bij 6°C. De verbanden | |

| | |
|--|----|
| gemarkeerd met een groen vak hebben een correlatiecoëfficiënt $R < -0.7$ of $R > 0.7$. Kleuren van de symbolen geven de herkomst weer. | 40 |
| Figuur 25: Woordwolk van de kleuropmerkingen..... | 43 |
| Figuur 26: Voorbeeld van aangeleverde partijen: de foto's zijn genomen onder niet-gestandaardiseerde omstandigheden | 43 |
| Figuur 27: Gestandaardiseerde kleuropnames van monsters van 4 partijen in de kleurenkast: a) en b) Kwaliteit 1, c) en d) Keuropmerking | 44 |
| Figuur 28: Gemiddelde waarden van kleurparameters met het 95% betrouwbaarheids-interval van goedgekeurde en afgekeurde partijen: a) witheid van het wit en b) verkleurd oppervlak..... | 44 |
| Figuur 29: Voorbeelden van champignons gemeten in de kleurenkast met een oplopende witheid, van links naar rechts. | 45 |
| Figuur 30: Percentage champignons in een partij met een witheidsindex lager dan 60 bij goedgekeurde en afgekeurde partijen | 46 |
| Figuur 31: Gestandaardiseerde kleuropnames van de twee kratjes van partij 15 (boven) en 17 (onder). Bij partij 15 zijn veel stelen naar boven gericht. Bij partij 17 zijn bacterievlekken zichtbaar.46 | |
| Figuur 32: Cumulatieve opbrengst (kg) per bed in de twee teeltproeven, op plukdag (P) van beide vluchten (VL)..... | 49 |
| Figuur 33: Gemiddelde opbrengst (kg) per bed per plukdag per sortering: a) teeltproef 1 en b) teeltproef 2. | 49 |
| Figuur 34: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters van teeltproef 1 met het 95% betrouwbaarheidsinterval van verse en bewaarde (bij 6°C) champignons, vlucht 1 en 2, per plukdag: a) diameter, b) hoedopening, c) stevigheid, d) witheid van het wit en e) verkleurd oppervlak. (Van plukdag 3 van vlucht 2 ontbreekt de kleurmeting van de verse champignons). | 50 |
| Figuur 35: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters van teeltproef 2 met het 95% betrouwbaarheidsinterval van verse en bewaarde (bij 6°C) champignons, vlucht 1 en 2, per plukdag: a) diameter, b) hoedopening, c) stevigheid, d) witheid van het wit en e) verkleurd oppervlak..... | 51 |
| Figuur 36: Voorbeeld van een bewaarde champignon met vlekken van sporen op de hoed (voorbeeld uit teeltproef 1, vlucht 1 op plukdag 7)..... | 52 |
| Figuur 37: Visualisatie van het verband tussen de kwaliteitskenmerken die aan verse en bewaarde (6°C) champignons van teeltproef 1 en 2 zijn gemeten. De verbanden in het groene vlak laten de combinaties met een correlatiecoëfficiënt $R < -0.7$ of $R > 0.7$ | 54 |
| Figuur 38: Opbrengsten na twee vluchten, per teler, gedurende een periode van bijna 5 jaar. Opbrengsten zijn gepresenteerd als afwijking in kg/m^2 ten opzichte van genormaliseerde gemiddelde opbrengst van twee vluchten (kg/m^2) over alle telers in de CNC-database (2014-eind 2018). Elke grijs blok met datapunten staat voor 1 teler met voldoende data over deze 5 jaren. Van boven naar onder, links naar rechts zijn dit telers met nummers 1, 2, 3, 5, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18..... | 58 |
| Figuur 39: Standaardafwijking van de productie per teler, afgezet tegen de gemiddelde opbrengst van de teler (genormaliseerd ten opzichte van de totaal gemiddelde opbrengst van alle telers (over 2 vluchten) gedurende de periode 2014-2018). | 58 |
| Figuur 40: Percentage vlucht 1 van de totale opbrengst vlucht 1 en 2 samen door de tijd heen. | 59 |
| Figuur 41: De relatie tussen opbrengst over twee vluchten en het vochtpercentage in de compost, per strojaar weergegeven: a) 2014-2015, b) 2016-2017, c) 2015-2016 en d) 2017-2018. | 60 |
| Figuur 42: Opbrengst van 2 vluchten per teler afgezet tegen aantal kilo droge stof compost per vierkante meter (Opbrengst is genormaliseerd, de gemiddelde productie over alle telers/jaren = 0). 61 | |
| Figuur 43: De relatie tussen opbrengst over twee vluchten en het aantal berekende dagen myceliumgroei in de compost, per strojaar weergegeven: a) 2014-2015, b) 2016-2017, c) 2015-2016 en d) 2017-2018..... | 62 |
| Figuur 44: De relatie tussen opbrengst over twee vluchten en het gemeten stikstofgehalte (N) in de compost, per strojaar weergegeven: a) 2014-2015, b) 2016-2017, c) 2015-2016 en d) 2017-2018 . 63 | |
| Figuur 45: Stikstofgehalten per geleverde partij compost (a) en gemiddelde opbrengst per twee vluchten (genormaliseerd, b) gedurende oktober 2015-oktober 2016..... | 64 |
| Figuur 46: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters per partij van verse champignons van 4 herkomsten (A, B, C en D) gedurende het jaar 2017: a) versgewicht, b) dichtheid, c) gehalte droge stof en d) ademhaling | 73 |
| Figuur 47: Gemiddelde waarden van kwaliteitsparameters per partij van verse champignons van 4 herkomsten (A, B, C en D) gedurende het jaar 2017: a) diameter van de hoed, b) hoedopening en c) stevigheid | 74 |

Bijlage 6 Overzicht tabellen

| | |
|---|----|
| Tabel 1: Indicatoren voor champignonkwaliteit, gesorteerd van meer genoemd naar minder | 11 |
| Tabel 2: Factoren die de kwaliteit van champignon beïnvloeden | 14 |
| Tabel 3: Overzicht van keuropmerkingen per geleverde partij | 27 |
| Tabel 4: Overzicht van de kwaliteitsmetingen per onderdeel in het project..... | 30 |
| Tabel 5: Aantal partijen per teler in de monitoring, van vlucht 1 en 2. N/A: informatie niet beschikbaar | 32 |
| Tabel 6: De determinatie coëfficiënt R^2 van de respons variabelen met 9 verklarende variabelen | 41 |
| Tabel 7 Effecten bewaring, herkomst, vlucht, plukdag en perioden in het jaar op kwaliteitsfactoren .. | 42 |
| Tabel 8: Overzicht van de geleverde partijen met keuropmerking met de gemiddelden van de witheid van het wit, het percentage verkleurd oppervlak en het percentage individuen met een witheid onder 60. Gemiddelden die een lagere kwaliteit aangeven dan die van goedgekeurde partijen (Kwaliteit 1) zijn met oranje aangeduid. | 47 |
| Tabel 9: General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters per bed (bed 1 en 4) en binnen het bed (voor- en achterkant) en de significante verschillen (p-waarde en significantie) in teeltproef 1 | 53 |
| Tabel 10: General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters per bed (bed 2 en 4) en binnen het bed (voor- en achterkant) en de significante verschillen (p-waarde en significantie) in teeltproef 2. De resultaten van de linker en rechter stelling zijn samengenomen..... | 53 |
| Tabel 11: General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de van de linker en rechter stelling en de significante verschillen (p-waarde en significantie) in teeltproef 2. De resultaten van bedden in de stelling zijn samengenomen. | 54 |
| Tabel 12: De determinatiecoëfficiënt R^2 van de responsvariabelen met 5 verklarende variabelen (diameter, hoedopening, stevigheid, witheid van het wit en verkleurd oppervlak) | 55 |
| Tabel 13: De determinatiecoëfficiënt R^2 van de responsvariabelen met 4 verklarende variabelen (vlucht, plukdag, witheid van het wit en verkleurd oppervlak)..... | 55 |
| Tabel 14 Geschatte regressiecoëfficiënten van het multiple lineair regressie model met als respons variabele de opbrengst van 2 vluchten [kg/m^2] en als verklarende variabelen: lengte van mycelium groei [dagen], vocht [%] en stikstofgehalte van de compost [%] | 64 |
| Tabel 15: General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters per teler en de significante verschillen (p-waarde en significantie); gemiddelden zonder of met een gelijke letter zijn niet significant verschillend (Tukey post hoc test, 5%) | 71 |
| Tabel 16: Unbalanced ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters van vlucht 1 en 2 van teler A en B en de significante verschillen (p-waarde en significantie); gemiddelden zonder of met een gelijke letter zijn niet significant verschillend (Fisher's unprotected LSD post hoc test, 5%) | 72 |
| Tabel 17: Correlatietabel op basis van gemiddelden per partij, vers en bewaard bij 2°C en 6°C. Vlakken met een voorspellende waarde zijn met blauw aangegeven. Correlaties met $R > 0.7$ en $R < -0.7$, zijn met groen gemarkeerd. | 75 |
| Tabel 18: Correlatietabel op basis van gemiddelden teelt 1 en 2 per monster van verse en bewaarde champignons (bij 6°C). Vlakken met een mogelijk voorspellende waarde zijn met blauw aangegeven. Correlaties met $R > 0.7$ en $R < -0.7$ zijn met groen gemarkeerd. | 76 |
| Tabel 19 General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters per plukdag van teelt 1 en de significante verschillen (p-waarde en significantie); gemiddelden zonder of met een gelijke letter zijn niet significant verschillend (Tukey post hoc test, 5%)..... | 77 |
| Tabel 20: General ANOVA-tabel met de gemiddelde waarden van de kwaliteitsparameters per plukdag van teelt 2 en de significante verschillen (p-waarde en significantie); gemiddelden zonder of met een gelijke letter zijn niet significant verschillend (Tukey post hoc test, 5%)..... | 78 |

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Food & Biobased Research
Bornse Weilanden 9
6708 WG Wageningen
www.wur.nl/wfbr
info.wfbr@wur.nl

Rapport 1953

V

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

