



NUVÆRENDE VIDEN OM FORSKNINGSRESULTATER OG FORSKNINGSKLYNGER INDEN FOR MADSPILD OG FØDEVARETAB

ULLA KIDMOSE, ANNA BORUM, LINE PEDERSEN OG LISBETH MOGENSEN

DCA RAPPORT NR. 186 · MARTS 2021 · RÅDGIVNING



AARHUS
UNIVERSITET

DCA - NATIONALT CENTER
FOR FØDEVARER OG JORDBRUG

NUVÆRENDE VIDEN OM FORSKNINGRESULTATER OG FORSKNINGSKLYNGER INDEN FOR MADSPILD OG FØDEVARETAB

DCA RAPPORT NR. 186 · MARTS 2021 · RÅDGIVNING



Lektor Ulla Kidmose¹⁾, videnskabelig assistent Anna Borum¹⁾, videnskabelig assistent Line Pedersen¹⁾ og lektor Lisbeth Mogensen²⁾

¹⁾Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet

²⁾Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

NUVÆRENDE VIDEN OM FORSKNINGSRISULTATER OG FORSKNINGSKLYNGER INDEN FOR MADSPILD OG FØDEVARETAB

Serietitel og nummer:	DCA rapport nr. 186
Rapport-type:	Rådgivning
Udgivelsesår:	Marts 2021, 1. udgave, 1. oplag
Forfatter(e):	Lektor Ulla Kidmose, videnskabelig assistent Anna Borum og videnskabelig assistent Line Pedersen fra Institut for Fødevarer, AU og lektor Lisbeth Mogensen fra Institut for Agroøkologi, AU
Rekvirent:	Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Emilie Müller, Departementet
Finansiering:	Rapporten er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri med underliggende styrelser 2020-2023"
Fagfællebedømmelse:	Professor Jessica Aschemann-Witzel, Institut for Virksomhedsledelse, AU
Kvalitetssikring:	Stine Cecilie Mogaard Sarraf, DCA Centerenheden
Ekstern kommentering:	Ja. Se Link til kommenteringsark: LINK
Eksterne bidrag:	Nej
Kommentarer til besvarelse:	Som en del af denne opgave er der indsamlet og behandlet nye data, og rapporten præsenterer resultater, som ikke ved rapportens udgivelse har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer
Citeres som:	Kidmose, U. Borum, A. Pedersen, L. Mogensen, L. 2021. Nuværende viden om forskningsresultater og forskningsklynger inden for madspild og fødevaretab. 33 s. DCA rapport fra Institut for Fødevarer og Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet.
Layout:	Jette Ilkjær, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet
Fotos omslag:	Colourbox
Tryk:	Digisource.dk
ISBN:	Trykt version 978-87-93998-44-5, elektronisk version 978-87-93998-45-2
ISSN:	2245-1684
Sideantal:	35
Internetversion:	https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport186.pdf
Rapporter fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/publikationer/ hvor rapporterne er frit tilgængelige i pdf-format

Forord

Madspild og fødevaretab er både på nationalt og globalt plan en økonomisk belastning; både i produktionsleddet, i detailleddet og i forbrugsleddet. Samfundsmæssigt er der en stor økonomisk gevinst ved at minimere madspild og fødevaretab.

Ud over de økonomiske tab, så har spildet miljømæssige konsekvenser og bidrager til global opvarmning. Der udledes klimagasser i forbindelse med produktionen af fødevarerne, og klimaet belastes unødigt, når kasse-rede fødevarer forrådner.

Madspild er på mange planer et stort problem. På den baggrund har Fødevareministeriet bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug om at udarbejde en oversigt over danske og internationale forskningsmæssige tiltag, som kan føre til forebyggelse og/eller reduktion af madspild og fødevaretab.

I bestillingen er der bl.a. lagt vægt på, at resultaterne skal være relevante i en dansk kontekst. Herudover er det ønsket, at der er fokus på forædling, produktionsteknologi, logistik og længere holdbarhed som tiltag til at minimere og reducere madspildet og fødevaretabet, og at der fokuseres på de første fire led i fødevareværdikæden, dvs. primærproduktion, fødevareindustri, servicesektoren og detailhandlen og således i mindre grad fokus på initiativer i husholdninger.

Oversigten, som præsenteres i denne rapport, er udarbejdet af forskere fra Institut for Fødevarer og Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet.

Niels Halberg

Direktør, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Indholdsfortegnelse

Formål og baggrund	5
1. Introduktion	7
1.1. Metode, analyseramme og afgrænsning	8
2. Forskningsmæssige tiltag til forebyggelse/reduktion af madspild og fødevaretab	10
2.1. Forædling af afgrøder med henblik på at mindske madspild og fødevaretab	10
2.2. Produktionsteknologiske tiltag til reduktion og forebyggelse af madspild og fødevaretab	12
2.2.1. Sidestrømme i cerealieindustrien	12
2.2.2. Sidestrømme fra frugt - og grøntindustrien	14
2.2.3. Sidestrømme fra mejeriindustrien	16
2.2.4. Sidestrømme fra kød- og fiskeindustrien	17
2.3. Mindsket madspild i relation til holdbarhed og logistik	19
2.3.1. Emballering og forlængelse af holdbarheden	20
2.3.2. Teknologier til nedsættelse af madspild i relation til logistik	21
2.4. Mindsket madspild og lang holdbarhed i detailledet og servicesektoren	23
2.4.1. Servicesektoren, holdbarhed og logistik	24
3. Forskningsklynger inden for forebyggelse/reduktion af madspild og fødevaretab	25
3.1. Danmark	25
3.2. Øvrige Europa	25
3.2.1. Norge	26
3.2.2. Sverige	26
3.2.3. Finland	26
3.2.4. Holland	26
3.2.5. Belgien	27
3.2.6. Polen	27
3.2.7. Tyskland	27
3.2.8. Irland og Storbritannien	27
3.2.9. Italien	27
3.2.10. Spanien, Frankrig og Portugal	27
3.3. Amerika	28
3.4. Oceanien	29
3.5. Asien	29
3.6. Afrika	29
3.7. Andre aktører	29
4. Referenceliste	31

Formål og baggrund

Denne rapport har til formål at give et overblik over den nyeste danske - og internationale forskning inden for tiltag og initiativer til reduktion af madspild og fødevaretab, især i de første fire led i fødevareværdikæden: primærproduktion, industri, detailhandel og i servicesektoren. I rapporten er der især fokuseret på fire områder til reduktion af madspild og fødevaretab, og disse fire områder er *produktionsteknologi, logistik, forædling og længere holdbarhed*.

Rapporten er baseret på nyere videnskabelig litteratur, som er fremkommet ved litteratursøgning i forskellige videnskabelige databaser. Ved udvælgelse af litteratur, som indgår i rapporten, er der lagt vægt på, at resultaterne er relevante i en dansk kontekst, samt at resultaterne har bedst evidens for forebyggelse/reduktion af madspild og fødevaretab.

Inden for produktionsteknologi findes der især litteratur, som belyser udnyttelse og anvendelse af sidestrømme fra fødevareindustrien til fremstilling af rene stoffer (mælkesyre, citronsyre, etanol), ingredienser (proteiner, kostfibre, hindbærpulver) eller bestanddele af fødevarer (kartoffelpulp, bananskræl). Endvidere kan sidestrømmene også anvendes som substrat til fremstilling af forskellige mikroorganismer som f.eks. mælkesyrebakterier. Typer af sidestrømme afhænger af den enkelte fødevareindustri. Fra mejeriindustrien er det især valle, der kan bruges som sidestrøm til fremstilling af bl.a. proteiner, mens der fra cerealieindustrien kan være udnyttelse af mæsk fra bryggeriindustrien og brødrester fra brødindustrien. Frugt- og grøntindustrien har en høj produktion af sidestrømme, som kan bruges til vidt forskellige formål. Inden for kød- og fiskeindustrien bruges sidestrømme ligeledes til produktion af forskellige typer af proteiner, der kan bruges som ingredienser i forskellige typer af fødevarer. En del sidestrømme har endvidere været forsøgt anvendt som komponenter til emballagefilm eller coatningsmateriale til at forlænge forskellige fødevarers holdbarhed.

Forædling som et 'redskab' til forlængelse af holdbarheden og hermed reduktion af madspild og fødevaretab er en vanskelig størrelse, da det er svært at forædle i forhold til en given parameter. Derfor er der meget få studier, som har undersøgt muligheden for at bruge forædling til at reducere madspildet og fødevaretabet.

Opbevaring og transport som midler til at forlænge holdbarheden, er især relevant for frisk frugt og grønt samt fersk kød og frisk fisk. Korrekt temperatur, fugtighed, emballering og atmosfæresammensætning er nogle af de parametre, som har stor betydning for bevaring af kvaliteten og hermed holdbarheden under opbevaring og transport. Derfor vil en optimal styring af disse parametre i hele fødevareværdikæden bevirke en reduktion i madspildet og fødevaretabet.

I detailledet og i servicesektoren kan madspildet minimeres ved en effektiv ressourceoptimering. I detailledet er det ofte en balance mellem tilgængeligheden af et bredt udvalg af varer og et minimeret madspild og det samme gælder inden for servicesektoren. Dog er der en lang række tiltag, som kan reducere madspildet i både detailledet som i servicesektoren.

Forskning i tiltag til at reducere madspildet og fødevaretabet er et højaktuelt emne. Derfor findes der mange forskningsklynger både nationalt, såvel som globalt. De vigtigste forskningsklynger er således identificeret i Danmark og de enkelte lande i Europa. Endvidere er der fundet relevante forskningsklynger inden for madspild

og fødevaretab på alle kontinenter, men især er det relevant at holde sig opdateret på forskning i andre europæiske lande, da disse vurderes som særligt relevante i en dansk kontekst.

1. Introduktion

Denne rapport har til formål at give Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (MFVM) et overblik over den nyeste danske og internationale forskning inden for madspild og fødevaretab. I indeværende rapport anvendes 'Madspild' og 'Fødevaretab' i henhold til 'definitionerne' fra MFVM (www.fvm.dk/foedevare/madspild/hvad-er-madspild) og Danmark mod Madspild (www.danmarkmodmadspild.dk). Ifølge hjemmesiderne kan madaffald defineres som den fulde mængde af både spiselige og ikke spiselige dele af fødevarer. 'Madspild' er mad eller fødevarer, som er beregnet til human konsum/er spiselige, men som følge af forskellige årsager er blevet kasseret. Derfor er 'madspild' en delmængde af madaffald. 'Fødevaretab' er de fødevarer, som ikke endnu ikke er godkendt til human konsum, men som er produceret med henblik på human konsum. Dette kan f.eks. være svin, som dør under transport. Begreberne 'Madspild' og 'Fødevaretab' indgår endvidere i FN's 17 verdensmål under nr. 12.3 på flg. måde: Inden 2030 skal det globale *madspild* på detail- og forbrugerniveau pr. indbygger halveres og *fødevaretab* i produktions- og forsyningskæder, herunder tab af afgrøder efter høst, skal reduceres.

Der lægges vægt på, at resultaterne er relevante i en dansk kontekst, samt at resultaterne har bedst evidens for forebyggelse/reduktion af madspild og fødevaretab. MFVM ønsker desuden, at fokus ligger på *forædling*, *produktionsteknologi*, *logistik* og *længere holdbarhed* som tiltag til at minimere og reducere madspildet og fødevaretabet, og at der fokuseres på de første fire led i fødevareværdikæden, dvs. primærproduktion, fødevareindustri, servicesektoren og detailhandlen og således i mindre grad fokus på initiativer i husholdninger.

Rapportens struktur følger de fire hovedområder i ovennævnte rækkefølge. Det første afsnit vedrører forædling som værktøj til at reducere madspild og fødevaretab. Dette afsnit vedrører primært primærproduktionen. Derefter følger produktionsteknologi som værktøj til at reducere madspild og fødevaretab, og dette afsnit berører primært eksisterende teknologier i industrien og i mindre grad i primærproduktionen. Afsnittet omkring reduktion af madspild i relation til logistik og længere holdbarhed er et gennemgående tema i hele fødevarekædebetraktningen. Først beskrives generelle forhold omkring holdbarhed og logistik, og dette afsnit efterfølges af et specifikt afsnit omkring holdbarhed og logistik inden for detailhandlen, servicesektoren og til dels i husholdningerne.

Som bilag til denne besvarelse er udarbejdet en oversigtstabel med de forskningsartikler, som både er inkluderet i rapporten, og som er fremkommet under litteratursøgningen, men som ikke er inkluderet i selve rapporten. Tabellen indeholder artiklernes titel, forfattere og deres tilhørsforhold, publikationsår, formålet med studiet og hovedresultaterne.

Ud over overblikket over forskningsresultater inden for området ønsker MFVM en kortlægning af de vigtigste danske – og internationale forskningsklynger, der aktivt arbejder med forebyggelse og reduktion af madspild og fødevaretab. Kortlægningen skal som minimum belyse de 10 klynger, der har publiceret med den største rating samt indeholde minimum 1 forskningsklynge fra alle kontinenter.

1.1. Metode, analyseramme og afgrænsning

I nærværende rapport lægger vi vægt på at referere til den nyeste forskning og de nyeste projekter inden for initiativer til reduktion eller minimering af madspild og fødevaretab. Det betyder, at vi har lavet en afgrænsning, så de inkluderede forskningsartikler og rapporter er udgivet inden for de seneste 5 år. Der er dog inddraget artikler, som er ældre, såfremt de blev evalueret som værende relevante.

Rapporten bygger på videnskabelig litteratur, som er fremkommet ved en litteratursøgning i forskellige videnskabelige databaser. De fremsøgte forskningsbaserede artikler har været 'peer reviewed' af eksperter på området, (på dansk: fagfællebedømmelse) og er derfor baseret på videnskabelig evidens. De videnskabelige artikler er fundet ved en litteratursøgning i følgende databaser: ScienceDirect, Web of Science, og Scopus i perioden juni-december 2020 med forskellige kombinationer af søgeord. De anvendte søgeord, som har været inkluderet i litteratursøgningen er bl.a. 'reduction, prevention, initiatives, food waste, food loss, sidestreams, by-products, valorization, optimization, plant breeding, improvement, process optimization, technology, breeding, logistics, shelf life, food service' samt forskellige fødevarekategorier og specifikke fødevarer, som har været kombineret på forskellig vis, alt efter fokus i litteratursøgningen.

Flere forskningsområder kan indirekte relateres til madspild – f.eks. forskning i forbedret emballage, fødevaresikkerhed og produktionsteknologi. Det kan derfor være en udfordring at afgrænse litteratursøgningen, da der potentielt er uendeligt materiale. Vi har derfor valgt, at de fremsøgte videnskabelige artikler skal indeholde 'food waste', 'food loss' eller tilsvarende enten i titel og/eller i emnefelt, således at vi kun får inkluderet artikler, som har haft til hensigt at arbejde med forhold direkte relateret til reduktion eller forebyggelse af madspild og fødevaretab. Efterfølgende er de fundne artikler blevet sorteret efter deres titler, dernæst efter deres abstracts og til sidst ved gennemlæsning af de tilbageværende. Derudover blev der også krydstjekket manuelt ud fra referencelister på de udvalgte artikler. Vi har dernæst forsøgt at opdele de fundne forskningsartikler efter overskrifterne:

- Breeding and crop management technologies
- Industry (technology, by-products, sidestreams, valorization)
- Shelf life, logistics, catering, retail and households

En stor del af de fundne videnskabelige artikler omkring madspild kan placeres i kategorien 'Industry (technology, sidestreams, valorization)'. Til gengæld er der færre videnskabelige artikler, der falder i kategorien 'Breeding and crop management technologies'. Da mange af de fundne forskningsartikler er udgivet i 2020 eller 2019, er der endnu ikke mange af dem, som er blevet citeret i artikler, som også samtidig er blevet publiceret. Ud over søgning i databaser, har vi foretaget søgninger på søgemaskinen Google, for at få indblik i initiativer og projekter, som på nuværende tidspunkt ikke har resulteret i udgivne forskningsartikler.

Som et bilag er der udarbejdet en tabel med både de artikler, som danner grundlag for rapporten, og fundet, nyere litteratur, som ikke indgår direkte i rapporten.

Da der lægges vægt på, at resultaterne er relevante i en dansk kontekst, er der fokuseret på videnskabelige artikler, som beskriver danske fødevarer, eller forhold som kan overføres til en dansk kontekst. For f.eks. frugt har vi valgt at fokusere på frugt, som produceres i store mængder herhjemme, og disse omfatter æbler, pærer

og bær som kirsebær, solbær og jordbær. Studier, som f.eks. omfatter tropisk frugt, er derimod ikke inkluderet i rapporten, da de ikke produceres herhjemme. Hvis vi derimod ser på forarbejdede frugtprodukter, som f.eks. juice eller frugtdrikke, har vi inkluderet studier, som har set på råvarer, som anvendes i stor stil herhjemme, til fremstilling af juice, som f.eks. appelsin. Omvendt gælder det for frugt og grønsager, hvor vi ikke har en omfattende forarbejdning af herhjemme, som f.eks. forarbejdede tomatprodukter (dåsetomater, pizzasauce ect.). Disse er udeladt i rapporten.

Til sidst kan nævnes, at MFVM ønsker *en beskrivelse af hvilke initiativer/tiltag, som har været undersøgt rent forskningsmæssigt.*

2. Forskningsmæssige tiltag til forebyggelse/reduktion af madspild og fødevaretab

Der er flere måder at definere og betragte madspild og fødevaretab på. Ifølge FUSION¹ kan madspild defineres som fødevarer, eller uspiselige dele af fødevarer, som fjernes fra fødevarekæden for at blive genanvendt eller bortskaffet. WRAP¹ (2008) har foreslået at opdele madspild i undgåeligt og uundgåeligt madspild, hvor undgåeligt spild er spild, som kunne, eller muligvis kunne, være spist, som f.eks. skræl, og uundgåeligt madspild, som noget der ikke kan spises. Som beskrevet i introduktionen bruger vi begreberne 'Madspild' som mad eller fødevarer, som er beregnet til human konsum/er spiselige, men som følge af forskellige årsager er blevet kasseret, og 'Fødevaretab' som de fødevarer, som ikke endnu ikke er godkendt til human konsum, men som er produceret med henblik på human konsum.

Endvidere har Hartikainen et al. (2018) introduceret begrebet 'side flow', som et synonym for madspild i primærproduktionen, der oprindeligt dækker over det, som var planlagt til human brug, men som i stedet bruges på anden vis f.eks. som foder, biogas eller ender som madspild. Endvidere anvendes også termen 'by-products' ofte i relation til madspild. Dette kan oversættes til 'restprodukter'. Som indledningsvist nævnt, er der en del forskning, som direkte eller indirekte kan relateres til at mindske madspild og fødevaretab, når det handler om ressourceoptimering. I denne rapport gennemgår vi tiltag/initiativer inden for udvalgte områder: *produktionsteknologi*, *logistik* og *forædling* og *længere holdbarhed* og primært i relation til de første fire led i fødevareværdikæden: Primær produktion, fødevareindustri, detailhandlen og servicesektoren.

I de senere år har der globalt og nationalt været stor fokus på mange forskellige aspekter af madspild og fødevaretab. Der arbejdes på reduktion af madspild og fødevaretab fra myndighedernes side og i samtlige led i hele fødevarekædebetraktningen. Endvidere er der rent forskningsmæssigt også stor fokus på forskningsprojekter, som bidrager til at reducere madspild og fødevaretab, samt at anvende madspildet.

2.1. Forædling af afgrøder med henblik på at mindske madspild og fødevaretab

Forædling inden for afgrødeproduktion kan være et led i strategien om at nedbringe madspild og fødevaretab. Rå – og minimalt forarbejdede planteprodukter har ofte en kort holdbarhed og aftagende kvalitet efter høst. Holdbarhed kan defineres som *den periode*, hvor et produkt/en fødevare besidder sine specifikke kvalitetsegenskaber ved specificerede forhold og er egnet til salg og konsum (Kader 2002). Dette er tilfældet for f.eks. agurk, tomat og diverse typer salat, der produceres i Danmark, mestendels i væksthuse. Forskellige sorter kan have varierende såkaldt 'post-harvest' kvalitet (kvalitet efter høst), og man vil derfor ideelt kunne forædle med fokus på at finde sorter, som udviser en god kvalitet, er modstandsdygtige over for kvalitetsforringelser og hermed har en lang holdbarhed efter høst. En god kvalitet efter høst afgøres af flere forskellige biokemiske – og fysiologiske faktorer, der har afgørende betydning for produktets aroma, smag, tekstur, udseende, næringsværdi, mikrobiologisk nedbrydning m.m. Det betyder, at der er flere egenskaber at forædle for i arbejdet med at opnå en god post-harvest kvalitet, og det gør det til et komplekst foretagende. I sidste ende er det desuden

¹ FUSION og WRAP er beskrevet i afsnit 3.7.

afhængigt af en positiv forbrugeraccept - forstået på den måde, at hvis man forædler mod en længere holdbarhed, er det vigtigt, at andre egenskaber ved produktet, såsom udbytte, resistens, smag eller udseende, ikke bliver væsentligt forringet, således at både producenten og forbrugeren stadig finder produktet attraktivt og har lyst til at købe og spise det.

I et review af Damerum et al. (2020) gennemgås forskellige forædlingsteknologier og 'state of the art' for forbedret post-harvest kvalitet af salat, såsom salattyperne *romaine* og *lollo rosso*, der også ofte indgår i for-snittede 'ready to eat'-salatblandinger i detailhandlen. Nogle af de kvalitetsforringelser, der kan være i salat efter høst, er at bladene bliver brunfarvede, pink eller mister deres sprødhed og opfattes som slatne, hvilket kan føre til, at produktet må kasseres. En af de ting, som især kan føre til kvalitetsforringelse efter høst, er selve processeringen af salat, dvs. vask, tørring, snitning og pakning, men også eventuelle skader fra høst, hvor produktet kan have fået skader fra høstmaskinerne eller efterfølgende stød. I reviewet nævnes der derfor forskellige forskningsprojekter, der relaterer sig til disse egenskaber. Eksempelvis er nævnt forskellige salatsorters evne til at modstå brunfarvning eller vandtab efter høst, således at salatbladene bevarer deres tekstur og forbliver sprøde så længe som muligt. Det har dog i det genetiske arbejde vist sig svært at fremme bestemte egenskaber, uden at det påvirker andre egenskaber negativt, såsom ændret næringsværdi, fødevarer sikkerhed eller smag. I den nævnte artikel nævnes desuden, at forskning i forædling for at opnå forbedret post-harvest kvalitet er et område, som hidtil ikke har fået meget fokus, hvilket kan skyldes at man ikke ved meget om genetikken bag disse komplekse egenskaber (Damerum et al. 2020). Derfor er der meget indledende arbejde, som skal gøres, for at få bedre kendskab til genetikken bag egenskaber, som fører til forbedret holdbarhed.

Ovenfor har fokus været på mulighederne for at forædle for egenskaber, der er relateret til kvaliteten efter høst. Det vil også være muligt at forædle med fokus på egenskaber, der relaterer sig til forhold inden høst, f.eks. hvorvidt modne afgrøder påbegynder uønsket spiring. Herved er det muligt at reducere fødevarer tabet ved forædling. Modne afgrøder, som f.eks. høstmodent korn og spiseklare kartofler, vil, under de rette forhold i henhold til lys, temperatur og vandtilgængelighed, påbegynde spiring. Spiringen kan være påbegyndt i kornet eller i kartofflen, selvom det ikke er synligt for det blotte øje. Som processen skrider frem, vil der komme synlige tegn, som eksempelvis små, synlige spirer på en kartoffel. Fra et forbrugermæssigt perspektiv, anses det som en forringet kvalitet, hvis kartofler har spirer på, da det indikerer at kartofflen kan have ligget længe og derfor ikke er frisk-opgravet. Dette kan gøre, at partier af kartofler må kasseres, inden høst eller de bliver spist, og fører dermed til madspild og fødevarer tab. Det vil være muligt at udvælge og dyrke sorter, som ikke har tendens til hurtigt at påbegynde spiring. Dog er det for de fleste kartoffelavlere vigtigst at vælge kartofler, som har højt udbytte og god sygdomsresistens, så der opnås et godt udbytte, hvilket ikke nødvendigvis er foreneligt med kartofflens egenskaber for sen spiring.

For korn ønsker de videre forarbejdningsled i fødevarerindustrien ikke, at en for stor procent af kornet er spiret, da det påvirker kvaliteten negativt til videre forarbejdning som f.eks. bagekvaliteten for mel til brød og pasta. Desuden får kornproducenten en lavere pris for korn, som er spiret. I et review af Ali et al. (2019) gennemgås molekylære – og genetiske studier af hvedes resistensevne mod de faktorer, der kan forårsage spiring før høst, kaldt Pre-harvest sprouting (PHS), hvorved fødevarer tabet kan reduceres. PHS resistens styres af flere forskellige gener i afgrøden og er afhængig af både forhold inde i – og uden for afgrøden. Derfor er forædling for PHS,

som det også var tilfældet med forædling inden for forbedret post-harvest kvalitet, et tidskrævende og komplekst foretagende, hvorfor der for nuværende ikke er meget fremgang inden for feltet (Ali et al., 2019), sammenlignet med andre initiativer i madspilds-regi. Dette afspejles også i antallet af artikler fundet i litteratursøgningen, da der er fundet 2 artikler inden for kategorien 'Breeding and crop management technologies'.

2.2. Produktionsteknologiske tiltag til reduktion og forebyggelse af madspild og fødevaretab

Mange af de produktionsteknologiske tiltag eller initiativer, som findes i fødevareindustrien til at nedbringe madspild eller fødevaretab, handler om udnyttelse af sidestrømme (side-streams) eller biprodukter/restprodukter (by-products) til at udvinde komponenter eller materiale, som kan anvendes af fødevareindustrien eller andre typer af industrier. Med sidestrømme menes restprodukter fra fødevareproduktion, som ellers vil ende som dyrefoder eller madaffald, men som kan have potentiale mht. at udvinde eller bruge hele produkter som ingredienser i fødevarer. Herved øges den økonomiske værdi af sådanne restprodukter i væsentlig grad. Endvidere er der også mange tiltag inden for fødevareindustrien, hvor overskudproduktion eller rester anvendes som tilsætning til andre typer af fødevarer. Inden for de forskellige fødevareindustrier findes der forskellige sidestrømme, som hver især kan anvendes til forskellige formål, og hvor der bruges forskellige produktionsteknologiske tiltag. Disse er beskrevet under hver fødevarekategori herunder.

2.2.1. Sidestrømme i cerealieindustrien

Cerealier omfatter korn som hvede, byg, havre og rug, samt hirse, sorghum, majs, ris og triticale. Derudover omfatter cerealier også de såkaldte pseudocerealier såsom boghvede, quinoa og amaranth. I Danmark er det primært hvede, byg, havre og rug, som dyrkes og anvendes til human konsum eller foder. Generelt for cerealierne gælder, at de indeholder stivelse, protein og de ydre lag, skaldelene, som har et meget højt indhold af kostfibre, f.eks. cellulose, hemicellulose, pektin og lignin. Under formaling af korn til mel i møllerierne fjernes skaldelene ofte, da de har en negativ effekt på meleets bagekvalitet. Endvidere frasorteres kornkerner under formalingen, som ikke lever op til den ønskede kvalitet. Inden for cerealieproduktion bidrager især mølleriindustrien til madspild og fødevaretab. Dette kan reduceres, hvis det er muligt med alternativ anvendelse af disse sidestrømme. Derudover bidrager bryggeriindustrien og brødisindustrien også med en stor andel af madspild og fødevaretab (Skendi et al., 2020).

Sidestrømme fra cerealieindustrien kan anvendes til at udvinde forskellige komponenter. Disse komponenter omfatter især kostfibre, men også komponenter som protein, kulhydrater, sukker, mineraler og antioxidanter. Disse komponenter kan udvindes, modificeres og gøres anvendelige på forskellig vis, ved brug af forskellige teknologiske teknikker, som f.eks. brug af enzymer, fermentering, superkritisk ekstraktion, varmebehandling eller ultralyd, hvilket resulterer i nye produkter/ingredienser til fødevare- og foderindustrien samt til emballage-, kosmetik- og farmaceutisk industrier (Skendi et al., 2020). Anvendelse af kostfibre, udvundet af sidestrømme i cerealieindustrien, har en lang række egenskaber, som gør dem velegnet som ingredienser i sammensatte fødevarer. Disse egenskaber omfatter bl.a. deres vandbindingsevne og deres fortykkelsesevne, hvilket kan påvirke fødevarens teknologiske egenskaber, som f.eks. dens tekstur og sensoriske egenskaber. Derudover har tilsætning af cerealiekostfibre en sundhedsgavnlig effekt ved human indtag, da de har en positiv effekt på

mave-tarmsystemet. Et eksempel på et cerealiekostfiber med kendt sundhedsgavnlig effekt er β -glucaner, som kan reducere blod-glucose niveauet og som har anti-carcinogen effekt (Maheshwari et al. 2019). Andre stoffer fra sidestrømme fra cerealieindustrien omfatter forskellige fytokemikalier, som f.eks. tocopherol, karotenoider samt mono- og polyumættede fedtsyrer, som kan anvendes som ingredienser med antioxidativ, antimikrobiel eller anti-inflammatorisk effekt. De fleste cerealer har endvidere et højt indhold af proteiner, som ligeledes kan udvindes som sidestrømme fra fødevarerspild i cerealieindustrien. Cheetangdee & Benjakul (2015) viste muligheden for at anvende hydrolysater af risklid proteiner i olieemulsioner, som følge af deres antioxidative egenskaber, og samtidig var disse proteiner hypoallergiske, hvilket gjorde dem velegnet som proteiner i gluten-frie fødevarer. Ud over ingredienser i fødevarer har havre-husk som fødevaretab fra cerealieindustrien også været omdannet til cellulose nanofibre, som kan anvendes som et forstærkende element i emballager (Nikkilä 2020).

I brødindustrien forekommer der en væsentlig andel af potentiel madspild fra forskellige led i processen: under fremstilling, ved 'forfinelse' af brødprodukter f.eks. ved fjernelse af skorpe fra sandwichbrød, samt ved usolgt, overskudsbrød ('surplus' bread). Tidligere har brødrester fra brødindustrien været anvendt som foder, bortkastet eller brugt til at producere kemikalier, aromaforbindelse, enzymer eller som biobrændsel. I nyere tid har rester fra brødindustrien været anvendt til forskellige andre formål. Nionelli et al. (2020) undersøgte muligheden for at bruge brødrester til produktion af proteinhydrolysater, som havde anti-fungiale egenskaber, ved brug af enzymer og mælkesyrebakterier. Herved blev holdbarheden af brød, som indeholder disse proteinhydrolysater, betydeligt forlænget. Riaukaite et al. (2019) har undersøgt muligheden for at anvende brødrester til fremstilling af glucose sirup, en meget anvendt ingrediens i kage- og slikindustrien, ved hjælp af enzymatisk hydrolyse. Endvidere er en kryddersauce, fremstillet ud fra brødrester, blevet patenteret (Mueller, Patent). Til muffins forsøgte Soto-Maldonado et al. (2018) at tilsætte bananpulver, fremstillet af bananskræl, med lovende resultater i forhold til den sensoriske kvalitet af muffins med bananpulver (lugt, farve, smag og tekstur) i forhold til referencen.

Human anvendelse af byg er primært i ølproduktionen. Ved fremstilling af øl anvendes malt, som er spiret byg, i mæskningsprocessen. Efter mæskning adskilles mæsken i en flydende del (urten) og i en fast del (masken). Masken kaldes ofte 'Brewers spent grains' (BSG) og udgør op til 85 % af sidestrømme fra bryggeriindustrien. Ofte anvendes masken som foder eller kasseres (Verni et al., 2019). Derfor er der et stort udforsket potentiale for at bruge BSG og herved reducere madspildet fra bryggeriindustrien. Ifølge Lynch et al. (2016) er det nødvendigt med en forbehandling af BSG, inden det er anvendeligt i fødevarer af høj kvalitet. Forbehandlingen kan omfatte formaling eller bioprocessering, som f.eks. fermentering. I et studie af Plessas et al. (2007) kunne BSG virke som prebiotica, idet det stimulerede væksten af mælkesyrebakterier. Der har været udført bageforsøg, hvor 10 % af hvedemelet har været erstattet med fermenteret BSG. De sensoriske egenskaber ved brødet blev bedømt positivt og samtidig var brødet sundere, da det havde et højt indhold af proteiner, fiber og lysin, samt lavere indhold af fytinsyre i forhold til et kontrolbrød (Ktenioudaki et al. 2015). I et forsøg af Spinelli et al. (2016), blev der tilsat 5 % ekstrakt af BSG til fiskeburgere, hvilket bevirkede en god sensorisk kvalitet, samt et højt indhold af fenoliske forbindelser i forhold til kontrolburegen.

I bryggeriindustrien kan restprodukter fra brødindustrien endvidere anvendes og hermed medvirke til reduktion af madspild fra brødindustrien. Mindre bryggerier i Storbritannien har vist det muligt at anvende tørrede brødrester fra brødindustrien i deres opskrifter som erstatning for 25-28 % af den oprindelige byg malt. Herved kan brødresterne erstatte malten som en sukkerressource for gæringen (Connolly et al. 2014). I Danmark har ingeniørstuderende ved Aarhus Universitet ligeledes arbejdet med at fremstille en øl baseret på brødrester, hvilket anvendes kommercielt til produktion af øl.

2.2.2. Sidestrømme fra frugt - og grøntindustrien

Anvendelse af sidestrømme fra frugt - og grøntindustrien i en dansk kontekst er især relevant for æbler og pærer, samt jordbær, solbær og surkirsebær, da dette er de frugter, som produceres i størst mængde i Danmark (Borum et al. 2018). I en dansk kontekst er anvendelse af sidestrømme inden for grønsager relevant for gulerod, løg, kål, salat, tomat og agurk samt kartofler, hvorved det er muligt at reducere madspildet og fødevaretabet inden for disse afgrøder (Borum et al. 2018).

I Danmark er der en betydelig produktion af æbler, som, udover at blive solgt som hele æbler, også anvendes til fremstilling af æblemost. Herved fremkommer en stor mængde af rester, som kaldes presseresten. Presseresten består hovedsageligt af æbleskræl og -kød, samt kerner og stilk. Tørstofandelen af presseresten består typisk af især kulhydrater, inklusiv stivelse, sukker og kostfibre som pektin, samt en mindre mængde af fedt, protein og mineraler (Perussello et al. 2017). Der har været mange forskningsmæssige tiltag, hvor muligheden for at ekstrahere forskellige komponenter fra presseresten ved brug af forskellige produktionsteknologier har været undersøgt (Perussello et al. 2017). Som følge af det høje næringsindhold i presseresten, har den været anvendt til at få forskellige typer af mikroorganismer til at producere forskellige rene stoffer. Disse stoffer omfatter citronsyre, mælkesyre og forskellige enzymer, såsom cellulase og pectinase (Dhillon et al. 2011, 2012, 2013, Perussello et al. 2017) samt forskellige biopolymere, som f.eks. chitosan eller aromastoffer (Dhillon et al. 2013). Ifølge Perussello et al. (2017) kan presserester fra æbler også anvendes til ekstraktion af potentielle sundhedsgavnige komponenter som polyfenoler og kostfibre. Disse komponenter kan efterfølgende anvendes som ingredienser til fødevarer som f.eks. yoghurt, hvor der ved tilsætning kan opnås en fortykkende effekt (Wang et al. 2019). Til ekstraktion af polyfenoler og kostfibre har nyere ekstraktionsteknologier været afprøvet. Disse ekstraktionsmetoder omfatter bl.a. enzymbehandling, ultralyd, mikrobølgeopvarmning og superkritisk ekstraktion (Perussello et al. 2017).

Som for æble-presseresten kan rester fra andre frugter og bær anvendes til ekstraktion af komponenter, som kan bruges som ingredienser til fødevarer eller kosmetiske produkter. Mange bær har et højt indhold af de røde og violette pigmenter, anthocyaninerne. De samme teknologier, som kan anvendes til ekstraktion af komponenter fra æble-presseresten har været afprøvet til at ekstrahere anthocyaniner fra bær. Disse anthocyaniner kan anvendes som naturlige farvestoffer eller antioxidanter, eller blot som en bestanddel i forskellige fødevarer (Renard 2018). Górecka et al. (2010) viste, at tilsætning af tørret hindbær-presserest, anvendt som mel, kunne erstatte op mod 50 % af hvedemel i småkager med et øget fiberindhold, uden at have en negativ effekt på den sensoriske kvalitet.

For mange af de almindelige grønsager i Danmark kan de samme teknologier, som beskrevet ovenfor, anvendes til at udvinde forskellige komponenter fra sidestrømme. Clementz et al. (2019) demonstrerede, at det

var muligt at ekstrahere størstedelen af det fermenterbare sukker i gulerødderne i tre samtidige ekstraktionsprocesser af kasserede gulerødder, som herefter kunne anvendes som substrat til bioetanolproduktion. Bioetanolen kunne efterfølgende anvendes til ekstraktion af fiber og karotener, som er de orange pigmenter i gulerødder. De udvundne karotener kan herefter anvendes som naturlige farvestoffer i forskellige fødevarer.

Andre bioaktive komponenter, som kan udvindes af frugt og grøntspild, er terpenener, fedtsyrer, saponiner, pektiner, glucosinolater og phytoestrogener. Efter ekstraktion kan disse stoffer anvendes i kosmetik eller som ingredienser i fødevarer (Mirabella et al. 2014). Grønsager, som tilhører *Brassica* familien, dvs. broccoli, hvid- og rødkål, blomkål og grønkål, er kendetegnet ved at have et højt indhold af glucosinolater, som er en gruppe af stoffer med mange sundhedsgavnige effekter. Disse stoffer kan ekstraheres fra frasorterede dele - eller produkter af kål og anvendes som tilsætning til fødevarer, som kosttilskud eller som anti-mikrobielt stof (Mirabella et al. 2014). I et forsøg af Gawlik-Dziki et al. (2015) blev hvedebrød beriget med 1 – 5 % pulver af løgskræller, som har et højt indhold af sundhedsgavnige stoffer, hvilket gav en tilfredsstillende forbrugeraccept. Lucera et al. (2018) anvendte 5 % tomatpulver, fremstillet af tomatrester, som tilsætning til smøreoste, uden at det havde betydning for den sensoriske kvalitet, men med et signifikant højere indhold af fenoliske komponenter.

Calderón-Oliver & López-Hernández (2020) har i et review undersøgt forskellige anvendelser af frugt- og grøntrester som tilsætning til kødprodukter. De anvendte spildprodukter stammede fra vindrue, granatæblekerner, avocado og citrus. Ved tilsætning af disse restprodukter var det muligt, til en vis grad, at inhibere lipid- og proteinoxidationen, samt vækst af patogene - og kvalitetsforringende bakterier, uden at det ændrede på forbrugernes accept af produkterne.

Christiaens et al. (2014) ekstraherede pektin fra fem forskellige typer grønsagsspild og -tab: frasorterede gulerødder, gulerods- og selleriskræl samt afskæringsspild fra grønne bønner og porrer. Afhængigt af hvilken type af grønsagsspild, som blev anvendt som råmateriale, blev der ekstraheret forskellige typer af pektin med forskellige funktionelle egenskaber. Ud over at ekstrahere stoffer fra grønsagsspild, så kan grønsagsspild anvendes som substrat for mikroorganismer til fremstilling af rene stoffer ved fermentering (Sabater et al. 2020). Ricci et al. (2019) anvendte således grønsagsspild til produktion af mælkesyre af høj renhedsgrad ved fermentering af grønsagsspild ved brug af mælkesyrebakterier.

Kartofler er en af de mest spiste grønsager i verden – inklusiv i Danmark. I Danmark findes der en stor produktion af kartofler, som enten sælges som et rå produkt eller som anvendes til at fremstille forskellige forarbejdede kartoffelprodukter af. Disse forarbejdede kartoffelprodukter omfatter f.eks. vacuumpakke, kogte kartofler, pommes frites og kartoffelchips. Derudover er der i Danmark en omfattende produktion af kartoffelstivelse, som anvendes som ingrediens i mange fødevarer, eller inden for andre industrier. Ud over stivelse indeholder kartofler andre kulhydrater, kostfibre, proteiner, vitaminer, mineraler og fytokemikalier som f.eks. karotenoider og fenolske forbindelser (Mirabella et al. 2014). Under forarbejdning af kartofler genereres der store mængder af restprodukter i form af kartoffelskræl og de ydre lag af kartoffelknolden. Samtidig er der en stor frasortering af kartofler, som ikke opfylder de opstillede kvalitetskriterier. Ved stivelsesproduktion skabes der mængder af spildevand med et højt indhold af bioaktive komponenter, samt restprodukter i form af kartoffelskræl og andre dele af kartofflen (Torres & Domínguez 2020). De seneste år har der både globalt og nationalt været stort fokus

på at anvende restprodukter fra kartoffel- og stivelsesproduktion som sidestrømme, for herved at kunne fremstille proteiner, kostfibre, karotenoider og fenolske forbindelser fra kartoffelproduktionen. Kartoffelpulp, som ud over vand består af stivelse, fibre, inklusiv cellulose, pektin og hemicellulose samt protein og aminosyrer, kan anvendes til ekstrahering og separering af pektin og stivelse samt cellulose og hemicellulose ved forskellige teknikker. De separerede fraktioner kan herefter anvendes som ingredienser i bl.a. fødevareproduktionen. I forskningsprojektet ProPotato har forskere ved Aarhus Universitet i samarbejde med kartoffelstivelsesindustrien undersøgt muligheden for at udnytte kartoffelprotein fra sidestrømme fra kartoffelstivelsesindustrien samt undersøgt forbrugerholdninger hertil (<https://pure.au.dk/portal/en/projects/propotato>). Udover at sidestrømme fra kartoffelindustrien kan anvendes til at fremstille rene komponenter, kan de store mængder af kartoffelpulp fra stivelsesproduktionen også anvendes direkte (Mayer 1998). Den ubehandlede pulp kan anvendes som vækstsustrat for gær til produktion af B12-vitamin, mens den tørrede pulp kan anvendes som træfibersubstitut i papirindustrien (Slominska & Starogardzka 1987). Endvidere har kartoffelpulp været forsøgt tilsat som en ingrediens til gluten-fri kiks (Batista et al. 2016). Da kartoffelpulp er et næringsrigt produkt har kartoffelpulp endvidere været anvendt som substrat til produktion af forskellige mikroorganismer, f.eks. gær og bakterier, til fødevareindustrien (Fritsch et al. 2017).

Et andet restprodukt fra kartoffel- og stivelsesproduktionen er kartoffelskræller. Kartoffelskræl har vist sig anvendeligt til produktion af polyfenoler og aromastoffer, samt som substrat til produktion af andre stoffer, f.eks. ethanol, som følge af dets høje sukkerindhold. I modsætning til kartoffelknolden har kartoffelskræller et højt indhold af polyfenoler, som kan ekstraheres fra kartoffelskræller efter at disse er gjort flydende. Ifølge Fritsch et al. (2017) er den traditionelle produktionsmetode 'solid-liquid extraction', mens nyere teknikker omfatter anvendelse af mikrobølger, ultralyd og pulseret elektrisk felt. Forskellige typer af aromastoffer kan ligeledes ekstraheres fra kartoffelskræller ved bl.a. alkoholekstraktion, centrifugering og vacuum dampdestillation (Fritsch et al. 2017).

Et tredje restprodukt fra kartoffelproduktionen er 'kartoffel-frugtjuice' (potato fruitjuice), som indeholder ca. 5 % tørstof, bestående primært af proteiner, sukker og mineraler (Knorr et al. 1977). Kartoffel-frugtjuice kan separeres ved dekantering eller proteinerne kan ekstraheres ved bundfældning efter dampinjektion og justering af pH. Herved opnås et proteinkoncentrat med et udbytte på ca. 50 %, hvor proteinkoncentratet dog har en lav funktionalitet som følge af denaturering af proteinerne (Knorr 1978). Nyere produktionsteknologier uden varmebehandling omfatter forskellige former for membranfiltrering, som f.eks. omvendt osmose, ultrafiltrering eller diafiltrering, eller frysetørring, hvorved der kan opnås en højere kvalitet af proteinerne (Edens et al. 1997). En efterfølgende enzymatisk modificering af de ekstraherede proteiner kan endvidere bidrage til at øge deres funktionelle og ernæringsmæssige egenskaber (Kamnerdpetch et al. 2007). Tilsvarende kartoffel-frugtjuice, kan de samme komponenter ekstraheres fra kartoffel processpildevand.

2.2.3. Sidestrømme fra mejeriindustrien

Mejeriindustrien producerer store mængder af 'væske', hvor sammensætningen afhænger af de produkter, som produceres (mælk, kærnemælk, surmælksprodukter, ost, is m.m.) samt af råvarens kvalitet, dvs. om det er komælk eller alternativt gede- eller fåremælk, som anvendes. Herhjemme produceres alle de nævnte produkter af mejeriindustrien. Store mængder af 'væsken' i mejeriindustrien kommer fra osteproduktionen i form

af valle. Valle fås ved tilsætning af osteløbe til mælk, hvorved proteinerne i ost koagulerer, og efter en fysisk behandling vil ostemasse afgive væske i form af ostevalle. Ostevalle og andet 'væske' fra mejerisektoren består hovedsageligt af ca. 50 % vand og ca. 50 % tørstof i form af mælkeproteiner (8-15 % af tørstof), laktose (mælkesukker, 66 – 77 % af tørstoffet) og lipider samt andre opløste stoffer/næringsstoffer som nitrogen og fosfor (Prazeres et al. 2012). Ved fremstilling af 1 kg ost afgives der ca. 9 L valle, hvilket er estimeret til 50 millioner m³ valle fra EU's osteproduktion (Kosseva 2011). Derfor har der været stor fokus på udnyttelse og anvendelse af valle som en sidestrøm. Ifølge Prazeres et al. (2012) er der forskellige anvendelsesmuligheder af valle som sidestrøm: Produktion af ostevallepulver eller udvindelse af sunde og/eller funktionelle komponenter fra vallen. Fremstilling af ostevallepulver, eller ingredienser fra valle, giver nogle teknologiske udfordringer, hvor adskillige teknologiske, fysisk-kemiske eller biologiske metoder har været afprøvet (Lappa et al. 2019). Til opkoncentrering af vallen har forskellige filtreringsmetoder, som f.eks. mikrofiltrering, ultrafiltrering og diafiltrering, alene eller i kombination, været testet (Lappa et al. 2019). Ved brug af passende enzymatiske, mikrobielle og fysisk-kemiske teknologier er det muligt at fremstille valleproteiner, peptider og/eller aminosyrer, laktose og monosakkarider som glucose og galactose ud fra valle. Valleproteiner fremstilles enten som valleproteinkoncentrater eller valleproteinisolater. De har forskellige teknologiske funktioner og anvendes som ingredienser til fødevarer, idet de virker som emulgatorer, fortykkelsesmidler, geleringsmidler og skumdannere, hvorved de påvirker fødewarens struktur og tekstur (Cinelli et al. 2014; Tarhan et al. 2016). Ud over at anvende disse vallekomponenter som fødearengredienser kan komponenterne også modificeres til andre komponenter, som kan bruges i fødevarer eller kosmetik. Ved anvendelse af enzymatisk katalyse eller mikrobiel fermentering er det således muligt at producere mælkesyre, etanol, enzymer eller endo-polysakkarider ud fra vallelaktose (Banaszewska et al. 2014; Pescuma et al. 2015; Terpou et al. 2017). 'Scotta', som er det flydende 'mælkevalle' fra ricotta-fremstilling, har i et forsøg af Giogi (2018) vist sig at være et godt substrat til fremstilling af lactobionsyre (LBA) ved mikrobiel fermentering. LBA er en ingrediens som anvendes i udpræget grad i fødeare-, kemisk-, kosmetik- og farmaceutisk industrier.

Endvidere har forskellige valleprodukter vist sig velegnet som substrat for produktion af mælkesyrebakterier, som er meget anvendte i bl.a. mejerisektoren til fremstilling af syrnede produkter og ost. Ved brug af valle som substrat, er det muligt at fremstille en biomasse af mælkesyrebakterier, som efterfølgende tørres. Maragkoudakis et al. (2010) undersøgte muligheden for at bruge 'scotta' som substrat for kommercielle starterkulturer, som efterfølgende kunne bruges til at fremstille en probiotisk fermenteret drik.

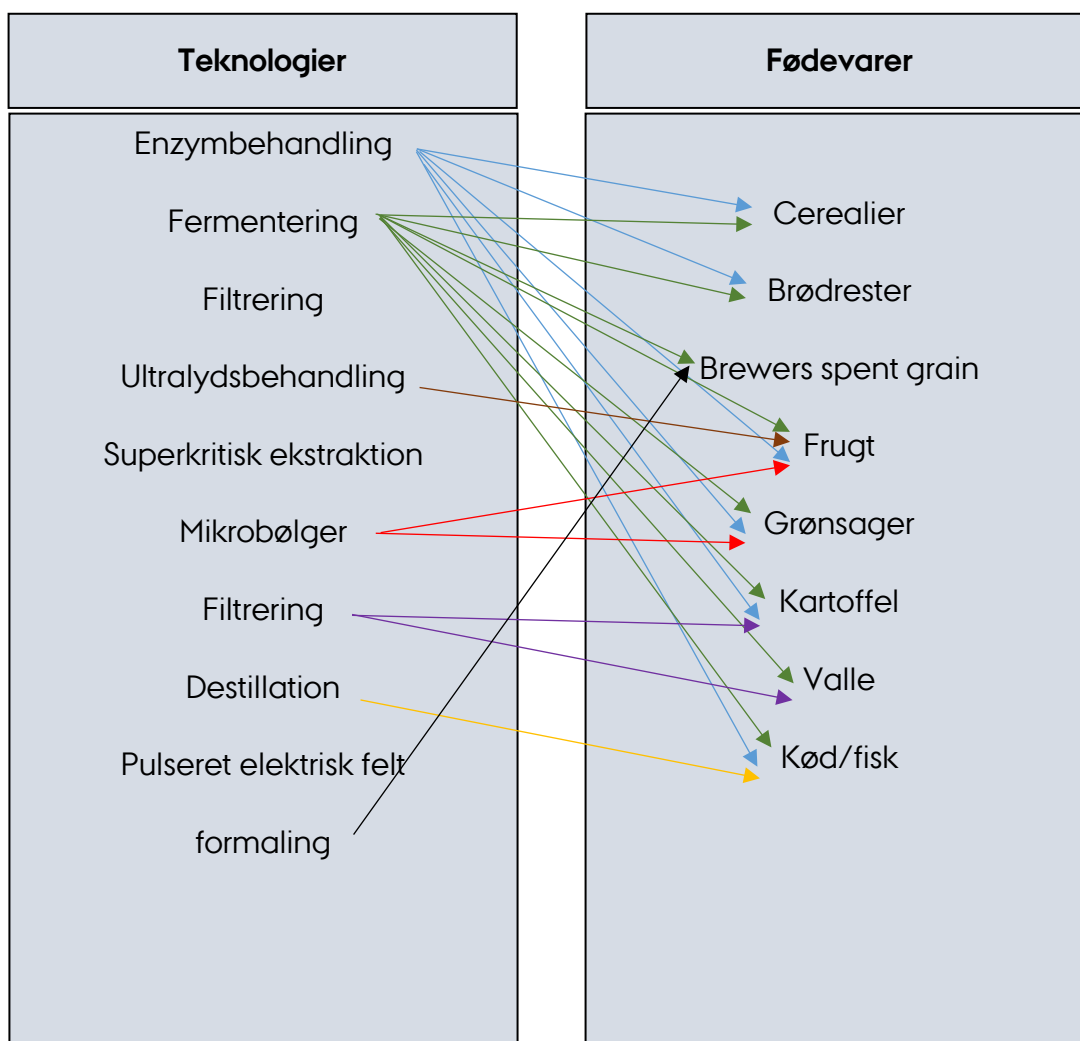
2.2.4. Sidestrømme fra kød- og fiskeindustrien

Kød- og fiskeindustrien producerer store mængder sidestrømme/biprodukter. I Danmark omfatter kødindustrien primært svine- og okse- eller kalvekød og fjerkræskød, og derudover produceres der en mindre mængde af fåre- og lammekød. Fisk omfatter mange forskellige arter og endvidere produceres der skaldyr i form af f.eks. rejer og muslinger. I kødindustrien omfatter de 'spiselige' sidestrømme blod, kød fra knogler og spiseligt fedt (Mirabella et. al. 2014). Specielt for kødindustrien gælder det, at anvendelse af sidestrømme er omfattet af meget strikse hygiejneregler og lovgivning, som følge af potentielle sygdomme som kogalskab. Derfor kan fødevaretab ofte ikke bruges. Inden for fiskeriindustrien udgør 'spiselige' sidestrømme skind, ben, afskæringer, indvolde, olier og blod. Der er mange eksempler på anvendelse af sidestrømme fra både kød- og fiskeindustrien til fremstilling af forskellige komponenter og ingredienser, som kan anvendes som produkt

eller ingrediens til fødevarer eller farmaceutiske produkter, eller som råvarer til den bioteknologiske industri. Da både kød og fisk er proteinholdige fødevarer med proteiner af høj kvalitet, drejer en del studier sig om udnyttelse af sidestrømme fra kød- og fiskeindustrien til fremstilling af proteiner til bl.a. human brug med specifikke sundhedsgavnige eller teknologiske formål. Som for valleproteiner er udfordringen at anvende de mest optimale produktionsmæssige metoder for at opnå den mest optimale kvalitet af proteinerne. Nogle af de teknologier, som har været testet, er mikrobiel fermentering eller kemisk/enzymatisk hydrolyse med proteolytiske enzymer fra dyr, mikroorganismer eller planter (Korhonen and Pihlanto 2006). Tahergorabi et al. (2012) viste, at funktionelle proteiner således kunne udvindes fra restprodukter fra kyllinger ved hjælp af isoelektrisk opløselighed/fældning. Endvidere kan proteinerne collagen og gelatine også udvindes fra sidestrømme fra kyllingproduktion (Gormez-Guillen et al. 2011). For metoder, som er baseret på enzymatisk behandling, er slutproduktet ofte proteinhydrolysater, som er delvist nedbrudte proteiner, peptider og aminosyrer m.m., eller rene peptider. Mange af de peptider, som udvindes af animalske sidestrømme, besidder forskellige bioaktiver, som f.eks. antihypertensive, antioxidative, antidiabetiske, antimikrobielle, immunomodulerende og antiosteopotiske effekter. Endvidere besidder mange af dem velegnede teknologiske egenskaber, som f.eks. skumdannende og emulgerende egenskaber, hvilket gør dem velegnet som ingredienser i fødevarer (He et al. 2013, Lafarga & Hayes 2013). Tilbage i 2007 fremstillede Bhaskar et al. (2007) et proteinhydrolysat fra forbehandlede fåremaver med fungale enzymer. Disse proteinhydrolysater havde et højt indhold af essentielle aminosyrer, og de kunne bruges som funktionelle - eller næringsmæssige ingredienser til produkter med en lav proteinkvalitet (Bhaskar et al. 2007). Endvidere har bioaktive peptider været fremstillet ud fra svinelungevæv (O'Sullivan et al. 2016) og ud fra svineblod ved brug af enzymet papain (Lafarga et al. 2016). Tilsvarende sidestrømme fra kødindustrien, har sidestrømme fra fiskeproduktionen været anvendt til fremstilling af proteiner og peptider. Proteinet collagen kan udvindes fra fiskeskind, ben og finner ved syrebehandling. Proteinet gelatine kan fremstilles ud fra collagen, som har været varmebehandlet, eller ud fra fiskeskind ved enzymatisk hydrolyse (Sousa et al. 2017). Ifølge Vázquez et al. (2020) kan fiske-proteinhydrolysater fremstilles ved enzymatisk behandling af hoved - og mave fra havtaske eller fra sidestrømme fra skaldyr (Pal & Suresh 2016).

Ud over proteiner og peptider fra fiskesidestrømme, så kan fiskemaveaffald anvendes til at udvinde fiskeolier med et højt indhold af polyumættede fedtsyrer, ved brug af destillering (Kim & Mendis 2006; Khawli et al. 2019).

Figur 1 giver en oversigt over de anvendte teknologier til udnyttelse af sidestrømme.



Figur 1. Oversigt over anvendte teknologier til udnyttelse af sidestrømme fra forskellige fødevarer.

2.3. Mindsket madspild i relation til holdbarhed og logistik

Et effektivt tiltag til forebyggelse og reduktion af madspild er at øge modstandsdygtigheden over for kvalitetsforringelser under opbevaring og transport. Ud fra overstående definition på holdbarhed (Kader 2002), så er holdbarhed netop et udtryk for den periode, hvor man kan bevare produktets kvalitet eller undgå kvalitetsforringelser. Ved at undgå kvalitetsforringelser i længst mulig tid, er det muligt at reducere madspild, da produktet/fødevareren herved kan nås at distribueres, transporteres, forarbejdes, sælges eller spises. Derfor er tiltag, som relaterer sig til forlængelse af holdbarheden eller minimering af kvalitetsforringelser af fødevareren/produktet gennem hele fødevareræddikæden, - fra primærproduktion, under transport og opbevaring efter høst og før forarbejdning, i servicesektoren og detailhandlen samt i husholdningerne – vigtige parametre for at kunne reducere madspildet.

De fødevarer, hvor de største kvalitetsændringer på kortest tid ses, er de rå eller de ferske fødevarer, som frisk frugt og grønsager samt fersk kød og frisk fisk, eller hvor disse produkter indgår i en sammensat fødevarer eller en ret. Ved forarbejdning eller konservering af fødevarer minimeres kvalitetsændringerne signifikant, hvorved

holdbarheden forlænges i betydelig grad. Eksisterende teknologier, som er velegnet til at minimere kvalitetsændringer i fødevarer, hvorved holdbarheden forlænges og madspild reduceres, omfatter bl.a. varmebehandling, kuldebehandling, sænkning af vandaktivitet og pH, som man anvender i udpræget grad til fødevarer som f.eks. mælk, frosne grønsager, tørrede produkter og syrnede mejeriprodukter. Derfor vil de efterfølgende afsnit fokusere på forlængelse af holdbarheden af frisk frugt og grønsager samt fersk kød og frisk fisk.

2.3.1. Emballering og forlængelse af holdbarheden

Emballering er en effektiv teknologi til at undgå kvalitetsforringelser af fødevarer og minimere risikoen for, at de inficeres med skadelige mikroorganismer under opbevaring, under transport og ude i detailhandlen. Her beskrives to tiltag, der bidrager både med reduktion af madspild fra sidestrømme og med en forlængelse af holdbarheden. Disse to tiltag er anvendelse af coating af friske eller ferske produkter eller anvendelse af komponenter udvundet af sidestrømme i filmemballage.

Ekstraherede komponenter eller stoffer fra madspild eller fødevaretab kan anvendes til coating af fødevarer eller tilsætning til emballagen for på denne måde at bidrage til en længere holdbarhed og en reduktion af madspildet under opbevaring og transport. Dette er et af de forskningsområder, hvor der er stor aktivitet og stor fokus på som bidrag til at reducere madspild. En spiselig coating er et tyndt lag af spiselig materiale, som danner et beskyttende lag på fødevareren og som herved forlænger holdbarheden og som kan spises sammen med produktet. Disse coatingslag påføres fødevareren i flydende tilstand til fødevarerens overflade oftest ved en neddykning. De mest anvendte coatingsmaterialer er kulhydrater, som stivelse og cellulose; pektin, chitosan eller carrageenan eller proteiner, som proteiner fra soyabønner, gelatine, valle eller hvede (Hassan et al. 2018; Galus et al. 2020). Dette er alle stoffer eller komponenter, som kan udvindes fra madspild og fødevaretab i form af sidestrømme som beskrevet ovenfor.

Ved hjælp af forskellige teknologier har det fornyligt vist sig muligt at fremstille bioaktive peptider og udvikle spiselig film og coatings ved brug af valleproteiner (Lappa et al. 2019). Med hensyn til coating af kød til forlængelse af holdbarheden har Gallego et al. (2020) undersøgt muligheden for at coate svinekoteletter med gelatine, beriget med et antioxidativt tomathydrolysat, som kan udvindes fra rester (skind, kerner og frugtkød) fra tomat-forarbejdningsindustrien efter enzymbehandling. Gelatine kan ligeledes stamme fra sidestrømme fra kød- og friskeindustrien som beskrevet ovenfor. Coating af svinekoteletter resulterede i, at pH og vandaktiviteten, som er vigtige parametre for holdbarheden, blev bibeholdt under køleopbevaring, og endvidere forbyggede coating lipidoxidation. I et andet forsøg af Peiretti et al. (2020), hvor presserest fra blåbærproduktion blev tilsat til svinefrikadeller, viste, at tilsætning af blåbærpresserester til frikadellerne bidrog positivt til kvaliteten af de stegte frikadeller efter opbevaring på køl. Endvidere bidrog blåbærpresseresterne endvidere til at forsinke lipidoxidationen, som er vigtigt i forbindelse med forringelse af kvaliteten under opbevaring.

Forlængelse af holdbarheden af frisk frugt og grønsager eller minimalt forarbejdede frugt og grønsager ved coating har været undersøgt i flere studier (Patel & Panigrahi, 2019; Vignesh & Nair, 2019, Galus et al. 2020). Agurker blev coatet med forskellige koncentrationer af stivelsesglucose for at forlænge holdbarheden under køleopbevaring. En coating på 1,5 μM stivelse og 2,5 μM glukoseopløsning af agurker viste en forbedret farve

på skrællen og en bedre sensorisk kvalitet samt mindst reduktion i vægt og en række indholdsstoffer i forhold til en kontrol efter 30 dages køleopbevaring (Patel & Panigrahi, 2019). Vignesh & Bindu (2019) coatede hele tomater med 'mucilage', som indeholdt varierende koncentration af gelatine, chitosan og cassavastivelse og undersøgte kvaliteten af tomaterne op til 10 dages opbevaring. Mucilage-baseret coatning af tomater havde et mindre vægttab og bibeholdt deres udseende og forbrugeraccept gennem hele lagringsperioden i forhold til kontrollen, hvorfor coatning så ud til at være effektiv til at forlænge holdbarheden af tomaterne. Et andet stof, som har været brugt som coating af bl.a. fødevarer, er chitosan, som kan dannes ved en modificering af stoffet chitin. Chitin er en komponent, som kan ekstraheres fra skallerne fra krebsdyr, som krabber, rejer og languster. Chitin og chitosan er biopolymere, som kan anvendes som coating af hele og udskåret frugt og grønsager, og herved forlænge holdbarheden som følge af en reduktion i respirationshastigheden og vandtab (Shiekh et al. 2013).

Ud over coating af fødevarer med forskellige coatings udvundet fra madspild og fødevaretab har der i det seneste år været fokus på forskning i udvikling af bæredygtig emballagemateriale, hvor der er anvendt komponenter fra madspild og fødevaretab. I modsætning til coating, som bliver en integreret del af fødevareren, så er emballagefilm selvstændige strukturer (Galus et al. 2020). Ifølge Dilucia et al. (2020) kan frugt- og grøntrest-produkter ved aktiv emballering anvendes til at ændre films egenskaber. Disse egenskaber omfatter de antioxidative egenskaber, de antimikrobielle egenskaber eller de fysiske og mekaniske egenskaber. Som nævnt i afsnittet omkring sidestrømme fra frugt og grøntindustrien er madspild og fødevaretab fra frugt og grønsager, inklusiv skræl/skind, frø, presserester og kerner, rige på forskellige komponenter, som f.eks. fenoliske komponenter. Mange af de fenoliske forbindelser har gode antioxidative egenskaber, så tilsætning af disse komponenter eller sidestrømme fra frugt og grøntspild kan øge emballagefilms antioxidative egenskaber og herved forbedre det indpakkede produkts kvalitet, inklusiv holdbarhed. I et studie af Peretto et al. (2014) blev jordbær aktivt emballeret i en spiselig film af jordbærpuré, som indeholdt carvacrol, som er det aktive stof i oregano, og stoffer fra kanel. Efter lagring af jordbærrene ved 10°C i 10 dage sås en signifikant forsinkelse og reduktion i flere kvalitetsforringende parametre, bl.a. fasthed og farve, af de jordbær, som har været udsat for antimikrobielle dampe fra carvacrol og kanel, i forhold til jordbær, emballeret i en ubehandlet film.

I et studie fra Shanghai (Mei et al., 2020) undersøgte de, om en alginatfilm, indeholdende bakteriocin fra bakterien *Enterococcus faecalis*, kunne forlænge holdbarheden af laksefilet (ved 4°C). Bakteriocin er et toksin produceret af bakterier for at hæmme væksten af andre nærtbeslægtede eller lignende bakterier. Toksinet fra den førnævnte bakterie ville kunne bruges til at hæmme væksten af uønskede bakterier såsom *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* og *Staphylococcus aureus*, da de alle typisk findes i fordærvet fisk. I studiet fandt de, at alginatfilmen, indeholdende bakteriosinet, kunne forlænge holdbarheden af laksefilet.

2.3.2. Teknologier til nedsættelse af madspild i relation til logistik

Fødevarer, som især er udsat for kvalitetsforringelse eller mikrobiel kontamination under lagring og transport er som tidligere nævnt især frisk frugt og grønt og desuden fersk kød og frisk fisk. Både under lagring og under transport kan der forekomme en stor andel af madspild som følge af disse produkter er meget modtagelige for mekaniske skader, mikrobielle angreb og andre biokemiske ændringer. Derfor vil der være en stor andel af ubrugelige produkter efter endt lagring, opbevaring og transport (Raak et al, 2014).

Teknologiske faktorer, som er afgørende for holdbarheden af friske og ferske produkter, er temperaturen, emballering, relativ luftfugtighed og tilstedeværelsen af ilt og lys under opbevaring og transport. Alle bio-kemiske og biologiske processer nedsættes betydeligt, når temperaturen sænkes. For frisk frugt og grønt vil reaktioner som respiration og transpiration derved nedsættes ved lave temperaturer, - begge reaktioner har stor betydning for produktets kvalitet og holdbarhed efter opbevaring og transport. Køling er den mest anvendte opbevaringsmetode til frisk frugt og grønt. Korrekt køling forlænger holdbarheden, kvaliteten og giver mindre spild og svind på lager. Mange af de frugter og grønsager, som produceres i Danmark, kræver en meget lav opbevaringstemperatur for at have en lang holdbarhed. Dette gælder bl.a. for æbler og pærer. Manzocco et al. (2017) undersøgte kvaliteten af fresh-cut iceberg salat efter opbevaring i 7 dage ved 4, 8 og 12 °C. Opbevaring ved en øget temperatur påvirkede ikke fasthed eller væggtab, men ved høj opbevaringstemperatur sås større farveændringer og mikrobiel vækst samt lavere forbrugeraccept. Ved den kommercielle udløbsdato efter 7 dage var mængden af kasserede poser < 1 % for de poser, som var opbevaret ved hhv. 4 og 8 °C, mens der var et madspild på 13 % for poser, som var lagret ved 12 °C. Så en lav temperatur under opbevaring af frisk frugt og grønt, inklusiv minimalt forarbejdede produkter, er et effektivt middel til at forlænge holdbarheden og reducere madspild.

Den relative fugtighed vil have en betydning for holdbarheden af frisk frugt og grønt. Under opbevaring eller transport kan produkterne tørre ud eller rådne, hvis produkterne opbevares under forkerte fugtighedsforhold.

For frisk frugt og grønt samt minimal forarbejdede frugt og grøntprodukter har atmosfæresammensætningen og tilstedeværelse af etylen endvidere stor betydning i forhold til kvalitetsforringelser og hermed holdbarheden af disse produkter. Ved at sænke iltkoncentrationen og hæve kuldioxidkoncentrationen i omgivelsen kan man reducere hastigheden af forskellige processer som respirationen og omsætning af forskellige indholdsstoffer. Ved at sænke hastigheden af disse processer forlænges holdbarheden. Under opbevaring af frisk frugt og grønt i lagre kan atmosfæren ændres ved kontrolleret atmosfære opbevaring (CA-lagring), hvor atmosfæresammensætning styres til en givent niveau af hhv. ilt, kuldioxid og nitrogen. I Danmark kan holdbarheden af æbler og pærer forlænges ved opbevaring ved lav temperatur og ved et reduceret iltindhold i lagerluften.

Ved pakning af frisk frugt og grønt kan der anvendes modificeret atmosfærepakning (MAP), hvor produktet som følge af respiration ændrer atmosfæresammensætningen i emballagen alt afhængig af emballagetypen. I et forsøg af Barbosa et al. (2020) blev kvaliteten af frisksnittet peberfrugt undersøgt efter modificeret atmosfærepakning med 10 % ilt og 45 % kuldioxid i plastposer, som blev lagret i op til 17 dage ved 5°C. Der sås kun en lille ændring i tekstur, vandindhold og mikrobiel vækst samt et meget lille tab i anti-oxidativ aktivitet og bioaktive komponenter. Samtidig var der ingen sensoriske forskelle igennem lagringsperioden. Modificeret atmosfærepakning af peberfrugt viste sig derfor at være effektiv til at forsinke kvalitetsændringer, forlænge holdbarheden og hermed mindske madspild under opbevaring og transport.

Endvidere kan etylen have en betydning for holdbarheden under opbevaring. Etylen er et plantehormon, som kontrollerer en lang række fysiologiske og bio-kemiske processer i planter (Martínez-Romero et al. 2007). Modningshormonet etylen har endvidere stor betydning for holdbarheden af visse frugter. Det er dog ikke alle frugter, som er påvirkelig overfor etylen. Under lagring af frugter, som påvirkes af etylen, er det derfor vigtigt at hæmme etylens effekt for at undgå en for hurtig modning. Dette kan gøres ved at blokere frugternes receptorer

for etylen med forskellige stoffer. Et af de mest effektive stoffer er 1-metylcyclopropen, som sælges som Smart-fresh. Endvidere kan etylen fjernes fra frugtlagerne, hvilket kan gøres ved at absorbere etylen i forskellige opløsninger (Martínez-Romero et al. 2007).

I et review (Pirozzi et al., 2020) har de gennemgået mange af de forskellige typer af film og pulsed light teknologier, der findes i dag, samt hvilke udfordringer der kan være ved at bruge film eller pulsed light til at forlænge holdbarheden af forskellige fødevarer. Pulsed light er en teknologi, hvor et produkt bliver desinficeret ved hjælp af korte og intense blink af bredspektret hvidt lys. Denne desinficering kan forlænge holdbarheden af produktet, og i nogle produkttyper, som skåret frugt, har kombinationen af pulsed light og en bioaktivfilm vist sig at have en positiv synergetisk effekt.

2.4. Mindsket madspild og lang holdbarhed i detailldet og servicesektoren

Dette afsnit har til formål at afdække nogle af de forskningsresultater især indenfor detailldet samt i mindre grad i forbrugerledet med fokus på holdbarhed og logistik. Det er især inden for letfordærlig fødevarer, at der er fokus på at forlænge holdbarheden. Både for at fødevarerne kan ligge længere tid i køledisken eller i supermarkederne, og for at forbrugeren har længere tid til at bruge fødevarerne. Ifølge Jensen & Teuber (2018) er det især inden for frugt og grønsager og kød, at der forekommer det største undgåelige madspild, men også i en vis grad inden for bageriprodukter. Der findes forskellige måder at optimere holdbarheden af forskellige letfordærlig fødevarer, og mange af disse tiltag er beskrevet i det tidligere afsnit omkring mindske madspild under opbevaring og transport. Derudover er reduktion af madspild i detailldet nøje relateret til ressourceoptimering og tilgængelighed (Stenmarck et al. 2011). For detailhandlen er der altid en balance mellem 'fyldte' hylder med et bredt udvalg af varer, som efterspørges af forbrugeren, i forhold til at undgå madspild (Stenmarck et al. 2011).

I et land som Norge, er mange forbrugere ikke villige til at spise brød, som er mere end to dage gammelt og forventer altid at kunne finde alle typer af brød i supermarkedsdisken, selv lige inden lukketid. Derfor har de i Norge et stort spild af brød både hos forbrugeren og i supermarkedet, da de altid indkøber mere brød end nødvendigt, hvilket resulterer i omkring 22 kg spildt brød per indbygger pr. år. I et norsk studie af Svanes et al. (2019) foreslår de at optimere indpakningen af brødet for at forlænge holdbarheden og derigennem gøre det mere attraktivt at spise brød, som er mere end to dage gammelt. Derudover ønsker de at gøre det mere tydeligt for forbrugeren, at brødspild vejer væsentlig mere i drivhusgasudslippet end selve pakningen (plastik) af brødet. Det ser nemlig ud til, at mange norske forbrugere er mere bevidste omkring den indpakning, brød har, og at mindske brug af indpakning i forhold til at reducere, hvor meget brød de rent faktisk smider ud. En stor del af brødspildet ligger altså hos forbrugeren enten direkte ved, at de smider meget brød ud eller indirekte ved at de altid forventer et bredt udvalg af brød i supermarkederne. Det samme ses ved andre fødevarer, og derfor foreslår Holsteijn & Kemna (2018) at forbedre vores køleskabe, ved at implementere flere skuffer eller sektioner med forskellige temperaturer. Det ville forbedre opbevaringen af fødevarerne, og derved forlænge holdbarheden af fødevarerne hjemme hos forbrugeren og i sidste ende minimere madspild.

For fødevarer, som har en kort holdbarhed på grund af bakterievækst, kan en dynamisk holdbarhedsdato være effektiv til at mindske madspild. Med den dynamiske holdbarhedsdato undgår supermarkederne og forbrugerne at smide sikre og brugbare produkter ud. Dynamisk holdbarhedsdato har sammen med en nedsætning i prisen på de fødevarer, som er tæt på at udløbe, vist sig at være en effektiv måde at reducere madspild på ude i supermarkederne (Buisman et al., 2019). En dynamisk holdbarhedsdato kan bestå af forskellige sensorer, som måler en specifik indikator for holdbarhed, for det produkt den sidder på. I to australske studier har de undersøgt om en farvesensor (som ændrer farve efter produktets holdbarhed) kunne bruges til at bestemme holdbarheden af mælk og plantemælk og derved minimere madspild (Weston et al., 2020a; Weston et al., 2020b). I begge studier så de, at farvesensoren var en god indikator for holdbarheden af mælken, dog ville den kræve lidt finjustering for de forskellige typer af plantemælk. En dynamisk holdbarhedsdato, optimering af køleskabe og en ændring af forbrugernes forventninger til detailhandlen, er alle fornuftige forslag til, hvordan madspild kan mindskes hos forbruger- og detailledet.

2.4.1. Servicesektoren, holdbarhed og logistik

Servicebranchen er en meget blandet branche bestående af restauranter, hospitaler, plejehjem, børneinstitutioner, kantiner på skoler og i offentlige institutioner. Inden for restaurations- og catering branchen har der været stor fokus ressourceoptimering, dvs. at optimere mængden af tilberedt og anrettet mad i forhold til mængden af indkøbte råvarer for at reducere madspild. Den mad, som kommer tilbage til køkkenet efter servering samt den tilberedte mad som aldrig bliver serveret, kan pga. hygiejneregler oftest ikke genbruges og ender derfor som madspild. Nogle undersøgte tiltag har været at sælge den overskydende mad som take-away, at gøre mere brug af 'doggy bags', at donere den til velgørenhed eller at uddele den til medarbejderne (Dhir et al., 2020). Derudover har fokus været på at udvikle værktøjer, som kan indikere, hvor mange råvarer institutionen skal bestille hjem, og hvor meget mad der skal forberedes, så der ikke bliver bestilt eller forberedt for meget, som i sidste ende vil være madspild (Dhir et al., 2020). Uddannelse af personale kan være et andet tiltag, som kan være med til at reducere madspild i denne branche. Ved buffetserveringer kan fokus på tallerkenstørrelse endvidere være en af de tiltag, som kan medføre reduktion i madspild (Lemaire & Limborg 2019).

En temperatursænkning fra 5°C til 2°C i køleskabet i catering - og restaurationskøkkener, men også hos forbrugeren, har vist sig at kunne forlænge holdbarheden af kød og mejeriprodukter med flere dage (Jensen & Teuber, 2018). Dette ville også kunne mindske madspild i forbindelse med bestilling af varer til restauranter, da overskydende varer ville kunne holde sig i flere dage end de var købt hjem til. En længere holdbarhed vil derfor kunne forbedre logistikken i forbindelse med madspild.

3. Forskningsklynger inden for forebyggelse/reduktion af madspild og fødevaretab

Forskning i tiltag til at reducere madspild er et af de forskningsemner, som er mest oppe i tiden. Siden reduktion af madspild og fødevaretab er et vigtigt aspekt under FN's verdensmål, bl.a. nr. 12 omkring ansvarlig forbrug og produktion, så vil der være fokus på dette forskningsområde nu såvel som i fremtiden. Forskellige aspekter inden for minimering eller reduktion af madspild har bred interesse, da det, udover at reducere madspild, tillige er et spørgsmål om ressourceoptimering. Emnet er derfor vidt udbredt i mange forskellige lande og på de forskellige kontinenter: Europa, Amerika, Oceanien, Asien og Afrika. Vi har valgt at gå mest i dybden med forskningsklynger i Danmark og øvrige Europa, da fødevarer systemerne her minder mest om hinanden og derfor anses for at være mest relevant i denne kontekst.

De forskellige aspekter ved reduktion af madspild spænder vidt og omfatter bl.a. værktøjer til at bestemme madspild, værktøjer -eller instrumenter til reducering og/eller anvendelse af madspild og fødevaretab, fremstilling af komponenter og ingredienser fra sidestrømme, egnede teknologier til håndtering af madspild og fødevaretab, anvendelse (valorisering) af sidestrømme, minimering af kvalitetsforringelser og optimering af holdbarhed af forskellige fødevarer kategorier og fremstilling af råvarer med minimal madspild. Forskellige forskningsklynger arbejder således ofte med forskellige aspekter ved reduktion af madspild og fødevaretab. Generelt gælder det, at de fødevarer/fødevarer kategorier, som produceres i store mængder i de forskellige lande, er der mest forskning i. Så de sydeuropæiske lande forsker en del i at reducere madspildet og fødevaretabet inden for frugt og grøntområdet, mens Norge har en del forskning i reduktion af madspild og fødevaretab inden for fisk.

3.1. Danmark

I Danmark arbejdes der med forskellige aspekter inden for madspild og fødevaretab hos stort set alle landets universiteter; Aarhus Universitet (AU), Københavns Universitet (KU), DTU Fødevareinstituttet, Syddansk Universitet (SDU) og Aalborg Universitet (AAU). Desuden GTS-instituttet; Teknologisk Institut. AU har forskellige institutter, som beskæftiger sig med madspild i forskelligt perspektiv. Bl.a. kan nævnes Institut for Fødevarer, MAPP-centret, Institut for Agroøkologi samt Institut for Miljøvidenskab. På AU Institut for Fødevarer forskes bl.a. i de fysisk-kemiske ændringer ved frysning af mælk, som foretages med henblik på at forlænge holdbarhed, egenskaber for kartoffelproteiner og forlængelse af holdbarheden af frugter. På KU er det bl.a. Institut for Fødevare – og Ressourceøkonomi (IFRO) samt Institut for Fødevarevidenskab, som arbejder med forskellige aspekter ved madspild.

3.2. Øvrige Europa

Stort set alle lande i Europa forsker direkte - eller indirekte i reduktion af madspild og fødevaretab.

3.2.1. Norge

En del af den udførte forskning i fødevarerindsamling drejer sig om reduktion af fødevarerindsamling inden for fiskeindustrien. Dog er der også forskning inden for andre fødevarerindsamling kategorier som frugt og grønt. Ved Norwegian University of Science and Technology (NTNU) i Trondheim arbejder bl.a. Department of Biotechnology and Food Science med food waste i relation til råvarekvalitet, holdbarhed og viden om fødevarerindsamling værdikæden. Der findes artikler fra NTNU bl.a. omkring brug af rester fra fjerkræ-industrien, reduktion af fødevarerindsamling fra lakse-industrien samt forskning omkring madspild fra husholdninger og på forbrugerniveau. Norges Miljø- og Biovidenskabelige Universitet i Ås arbejder ligeledes med anvendelse af bl.a. fisk som sidestrømme og generel anvendelse af sidestrømme. Norsk Institut for Bioøkonomi (NIBIO), som har afdelinger rundt omkring i Norge, har bl.a. arbejdet med anvendelse af fosfor ressourcer og madspild i forskellige regioner i Norge. Endvidere arbejder Nofima, som er det norske fødevarerforskningscenter i Ås også en del med madspild i relation til enkelte fødevarer, som fisk samt forbrugeraspekter i relation til madspild. NORUS (tidligere Østfoldforskning) arbejder med forskellige aspekter i relation til reduktion og udnyttelse af madspild. Ved NORUS er der blevet lavet studier omkring reduktion af madspild i servicesektoren samt anvendelse af emballage. Projektet BREAD (Building Responsibility and Developing Innovative Strategies for Tackling Food Waste) under ledelse af Centre for Technology, Innovation and Culture (TIK) i Oslo er også et norsk forskningsprojekt, der fokuserer på at indsamle viden omkring effektive løsninger, som den norske fødevarerindsamling sektor kan implementere. Partnere i projektet er REMARC (University of Pisa), NORSUS og Matvett AS.

3.2.2. Sverige

I Sverige er der aktiviteter inden for madspild og fødevarerindsamling i relation til cerealieproduktion og - industri samt frugt og grønt på Swedish University of Agricultural Sciences, som er det svenske landbrugsuniversitet i Alnarp. Endvidere er der også en del forskning omkring valorisering af sidestrømme fra bl.a. cerealieindustrien på The Swedish Center for Ressource Recovery at University of Borås. Ud over forskning ved universiteterne har IVL Swedish Environmental Research Institute og RISE (Research Institute of Sweden i Göteborg) fokus på forskning i bl.a. reduktion, anvendelse og genanvendelse af madspild.

3.2.3. Finland

En del af forskningen i fødevarerindsamling i Finland foretages af University of Helsinki. Ved universitetet findes der flere afdelinger, som er involveret i forskning inden for optimering af fødevarerindsamling værdikæden og fødevarerindsamling systemer, f.eks. Department of Food and Nutrition og Institute of Sustainable Science. En del af forskningen omhandler brug af brød, som kan være i overskud eller ukurant i størrelse, som ingrediens i nyt brød i den industrielle brødfremstilling. Ved LUKE – Natural Resources Institute, i Finland, arbejdes der også med forskellige aspekter i relation til food waste, bl.a. reduktion af madspild i finske børnehaver samt madspild og cirkulær økonomi.

3.2.4. Holland

Wageningen Universitet er kendt for deres forskning inden for det agroindustrielle område, og der foregår derfor også en del forskning inden for madspild og fødevarerindsamling. Bl.a. er der fundet en artikel fra Operations Research and Logistics Group omkring reduktion af madspild i detailhandelen. Wageningen Universitet er også partner i forskellige konsortier f.eks. taskforcen "Together against Food Waste" omkring reduktion af madspild

i Holland. Endvidere deltager universitetet i det globale partnerskab CGIAR, der forener internationale organisationer i arbejdet med bl.a. at sikre fremtidens fødevarer.

3.2.5. Belgien

I Belgien forskes der i reduktion af madspild inden for flere forskellige fødevarer, inklusiv frugt og grønt og mælk. Et af de forskningsmiljøer som nævnes i litteraturen er Katholieke Universitet Leuven.

3.2.6. Polen

I Polen er der forskellige institutter ved Warszawa Universitet, som arbejder med madspild: Department of Biotechnology, Microbiology and Food Evaluation, Department of Life Science samt Department of Chemistry. Disse institutter er f.eks. involveret i forskning inden for brug af affald fra fiskeindustrien til fremstilling af additiver i brug i den øvrige fødevarerindustri og forskning i udvinding af bioaktive stoffer fra saft af kartofler. Derudover er der artikler fra Polish Society of Ecological Engineering (PTIE) i byen Lublin.

3.2.7. Tyskland

Ved mange af universiteterne i Tyskland, findes der forskellige aktiviteter med henblik på at reducere madspildet. Eksempler på disse universiteter er University of Hohenheim samt University of Dresden. Ud over universiteterne er der også andre organisationer, som arbejder med madspild. Et eksempel på en sådan organisation er Fraunhofer Institute of Process Engineering & Packaging.

3.2.8. Irland og Storbritannien

I Irland er der flere forskningsklynger, som arbejder med reduktion af madspild inden for bl.a. frugt og grønt. Tre af de involverede enheder er Dublin Institute of Technology, University College Cork og Teagasc Food Research Centre.

I UK findes der flere forskningsklynger, som arbejder aktivt med forskellige aspekter ved madspild. Ved University of Loughborough findes der bl.a. et center, som hedder Centre for Sustainable Manufacturing & Recycling Technologies, og ved University of Reading pågår der ligeledes en del forskning.

3.2.9. Italien

Italien har en stor og omfattende primær- og fødevarerproduktion, og de har mange aktiviteter, som knytter sig til reduktion af madspild og fødevarer i jordbrugs- og fødevarerproduktionen. Nogle af de fødevarer, som de har arbejdet med, omfatter frugt og grønt, mælk og mejeriprodukter samt olieproduktion. Et utal af universiteter har arbejdet med madspild, bl.a. University of Bari, University of Foggia og University of Padova.

3.2.10. Spanien, Frankrig og Portugal

Spanien er kendt for deres omfangsrige produktion af frugt og grønt, som både omfatter råvarer og færdigvarer, som f.eks. forarbejdede tomatprodukter. Derfor er en stor del af den spanske forskning i reduktion af madspild og fødevarer relateret til forskellige aspekter ved frugt og grønt. University of Vigo, Department of

Chemical Engineering, i Spanien har udgivet videnskabelige artikler omkring anvendelse (valorisering) af forskellige restprodukter, herunder f.eks. udvinding af stoffer fra kartoffel-affald, hasselnødder, melon og ananas. Selvom disse produkter ikke er direkte relevante i en dansk kontekst, kan deres fremgangsmetoder, udviklede teknologier og erfaringer være relevante for danske forhold. Derudover er der flere andre spanske universiteter, som arbejder med valorisering af sidestrømme fra frugt og grøntindustrien. Dette gælder bl.a. University of A Coruña og University of Castilla-La Mancha, herunder Regional Institute for Applied Scientific Research (IRICA), og Public University of Navarre, samt fra Institute of Marine Research (IIM) under Spanish National Research Council (CSIC).

I Frankrig findes en del universiteter, som beskæftiger sig med forskellige aspekter af madspild og fødevaretab. Ud over universiteterne findes der i Frankrig nationale forskningscentre, de såkaldte Inra institutter, som forsker forskellige aspekter inden for jordbrug og fødevarer.

Som for Spanien gælder at meget forskning omkring reduktion af madspild og fødevaretab i Portugal omhandler madspild i relation til frugt og grøntindustrien. En af forskningsklyngerne i Portugal er University of Porto.

3.3. Amerika

På det Amerikanske kontinent er det landene USA, Canada og Brasilien som især arbejder med madspild. I litteratursøgningen blev fundet både artikler inden for området 'Breeding and crop management technologies', 'Industry (technology, sidestreams, valorization)' og 'Logistics, catering, retail and households'. I USA blev der fundet forskningsartikler fra University California Davis, North Carolina State University, Kansas State University, University of Florida, Iowa State University, Appalachian State University, Purdue University, San José University og Indiana University. Derudover har de ved USA's landbrugsministerium, U.S. Department of Agriculture's (USDA) Agricultural Research Service (ARS), både nuværende og afsluttede projekter, omkring optimeringen af produktionen af forskellige afgrøder, som bl.a. har til formål at reducere fødevaretab. De har derudover netop startet et projektsamarbejde med Københavns Universitet, hvor de vil undersøge mulighederne for at bruge forskellige sidestrømme fra mejeriindustrien til produkter, der kan bekæmpe kalkmangel hos postmenstruelle kvinder. Fra Canada blev der fundet forskningsartikler fra British Columbia University (især International Research Institute for Climate and Society), Dalhousie University og Toronto University. I Canada er der også andre forskningsenheder, der arbejder med at finde måder, hvorpå madspild og fødevaretab kan sænkes. Blandt andet ved Agriculture and Agri-Food Canada, hvor de har undersøgt, hvilke gener i æbler, der giver større risiko for blød skold, som er en type forrådnelse, der opstår i æblerne under lagring, hvorved man nu kan avle væk fra disse gener. De fleste af de fundne videnskabelige artikler fra USA og Canada kunne være relevante i dansk kontekst, da de undersøger produkter og problemstillinger, som også produceres og findes i Danmark. Fra Brasilien blev der fundet videnskabelige artikler fra University of Rio Grande do Norte, Federal University of Campina Grande, State University of Paraíba, Universidade Federal do Rio Grande do Sul og fra University of Goiás. Derudover laver Embrapa, det brasilianske landbrugs- og forskningsinstitut, forskning omkring valorisering af forskellige spildprodukter fra landbrugs- og fødevareproduktionen, såsom presserester fra vindruer i vinproduktionen. Generelt er de brasilianske undersøgelser og forskning inden for madspild og fødevaretab i primærproduktionen og industrien ikke direkte relevante i dansk kontekst, da de afgrøder og

råvarer, som de arbejder med, ikke produceres i Danmark. Dog kan det være interessant at kigge på fremgangsmetoder, udviklede teknologier, erfaringer og resultater, med henblik på innovative løsninger i Danmark.

3.4. Oceanien

Der blev fundet artikler i kategorien 'Industry (technology, sidestreams, valorization)' og 'Logistics, catering, retail and households'. Fra Oceanien blev der fundet forskningsartikler fra Australien fra University of New South Wales, Monash University og University of Queensland. Det australske Cooperative Research Centre (CRC), som er et regeringsstøttet forskningscenter, har en sektion med fokus på at bekæmpe madspil og fødevaretab (Fight Food Waste). I denne sektion er de blandt andet i gang med et større projekt, som har til formål at udforske forskellige muligheder for at bruge kartofler, der ikke kan sælges til supermarkederne, hvilket svarer til omkring 40 % af de producerede kartofler. De forskningsartikler, som blev fundet fra Australien kunne have relevans for Danmark, da de arbejder med at udvikle en sensor, som kan indikere mælk - og plantedrikkes friskhed med henblik på at reducere detail - og forbrugerleddets andel af kasseret mælk. Desuden er også fundet forskning med henblik på at reducere familiers madspild ved hotel buffeter, hvor erfaringer også kan bruges under danske forhold.

3.5. Asien

Fra Asien blev der fundet en del forskningsartikler omkring madspild og fødevaretab, især inden for industrien (Industry, technology, sidestreams, valorization), men også enkelte artikler inden for breeding and crop management technologies, og logistics, catering, retail and households. Der blev fundet flest artikler fra Indien, Iran og Kina, men der blev også fundet enkelte eller et par artikler fra Shanghai, Malaysia, Pakistan, Thailand, Tyrkiet og Israel. Mange af de fundne artikler havde ikke relevans i dansk kontekst, men der var nogle som bl.a. undersøgte forskellige metoder til at mindske madspild eller fødevaretab inden for kartoffelproduktion, samt opbevaring og holdbarhed af tomater, agurk, laks og kylling, og disse kunne derfor være relevante i Danmark.

3.6. Afrika

Fra det afrikanske kontinent, blev der fundet to forskningsartikler fra Egypten: en fra Pharos University of Alexandria og en fra Cairo University. Begge artikler omhandlede valorisering af affald fra granatæble og citrusproduktion og forarbejdning i Egypten, derfor havde de ikke stor relevans i dansk kontekst.

3.7. Andre aktører

Inden for madspild og fødevaretab, er det ikke kun forskningsinstitutionerne, som arbejder med dette område. Der er i høj grad også andre aktive aktører på markedet, som beskæftiger sig med emnet og også af og til udgiver materiale som f.eks. rapporter. Dette er aktører, som forskningsinstitutioner og myndigheder ofte samarbejder med, eksempler herpå kunne være FN, WRI, WRAP, UNEP og Nordisk Ministerråd m.v. Nedenfor er kort nævnt nogle af disse aktører eller samarbejdsprojekter, hvis arbejde er særligt interessant.

FUSION var et EU-finansieret projekt og samarbejde, som blandt andet havde til formål at udvikle en fælles madspildspolitik for EU. Selvom projektet ikke består i sin nuværende form, er meget af deres arbejde stadig relevant.

REFRESH var et EU-finansieret projekt, som fulgte efter FUSION projektet og som sluttede i 2019. Titlen på REFRESH projektet er 'Ressource Efficient Food and Drink for the Entire Supply Chain', og projektet havde i alt 26 partnere i 12 europæiske lande. Projektets mål var at fokusere på madspild og hermed bidrage til FN's Verdensmål 12.3.

WRAP er en britisk registreret velgørenhedsorganisation, der samarbejder med virksomheder, enkeltpersoner og forskningsklynger, for at opnå en bedre cirkulær økonomi. WRAP har til hensigt at hjælpe med at reducere affald, udvikle bæredygtige produkter og bruge ressourcer på en effektiv måde.

FAO Meget af deres arbejde lægger vægt på at inspirere forbrugerledet til, hvordan de kan undgå madspild. Det arbejde, der foregår omkring madspild henvendt til de forudgående led af værdikæden, handler typisk om kortlægning af mængder i form af deres 'Technical platform on the measurement and reduction of food loss and waste' og er derfor ikke omfattet af denne rapports formål.

Farming First En global koalition for en bæredygtig agrikulturel udvikling. Adskillige aktører inden er involveret i arbejdet, herunder både industrielle partnere såvel som NGO'er og landbrugsfaglige forbund fra hele verden.

CGIAR Står for Consortium of International Agricultural Research Centers og er et globalt netværk bestående af 15 forskningsenheder, som tilsammen beskæftiger sig med de udfordringer, der relaterer sig til agerkulturelle forhold, således at politikere og meningsdannere har et oplyst grundlag at træffe beslutninger på.

4. Referenceliste

- Ali A., Cao J., Jiang H, Chang, C, Zhang H, Sheikh SW, Shah L, Ma C (2019). *Unrevealing Molecular and Genetic Studies of Wheat (Triticum aestivum L.) Resistance against Factors causing Pre-Harvest Sprouting*. Agronomy 2019, 9, 117
- Banaszewska A, Cruijsen F, Claassen GDH, van der Vorst JGAJ (2014). *Effect and key factors of byproducts valorization: The case of dairy industry*. J. Dairy Sci. 97, 1893-1908
- Barbosa C, Machado TB, Alves MR, Oliveira MBPP (2020). *Fresh-cut bell peppers in modified atmosphere packaging: Improving shelf life to answer food security concerns*. Molecules 25, 2323; doi: 10.3390/molecules25102323
- Batista JER, Demorais MP, Caliarri M, Soares MSJ (2016). *Physical, microbiological and sensory quality of gluten-free biscuits prepared from rice flour and potato pulp*. J. Food Nutr. Res. 55, 101-107
- Bhaskar N, Modi VK, Govindaraju K, Radha C, Lalitha RG (2007). *Utilization of meat industry by-products: Protein hydrolysate from sheep visceral mass*. Bioresource Technology 98, 338-394
- Borum A, Mogensen L, Kristensen T, Hammershøj M, Jørgensen JR, Bertelsen MG, Sørensen JN, Edelenbos M, Kidmose U (2018). *Food waste in the Danish primary production and food industries*. DCA rapport 143
- Buisman ME, Haijema R, Bloemhof-Ruwaard JM (2019). *Discounting and dynamic shelf life to reduce fresh food waste at retailers*. International Journal of Production Economics, 209. 274-284
- Calderón-Oliver M, López-Hernández LH (2020). *Food vegetable and fruit waste used in meat products*. Food Reviews International; <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1740732>
- Cheetangdee, N., Benjakul, S. (2015), *Antioxidant activities of rice bran protein hydrolysates in bulk oil and oil-in-water emulsion*. J. Sci. Food Agric. 2015, 95, 1461-1468
- Christiaens S, Uwibambe D, Uyttendaele M, Droogenbroeck BV, Van Loey AM, Hendrickx ME (2015). *Pectin characterisation in vegetable waste streams: A starting point for waste valorisation in the food industry*. LWT – Food Science and Technology 61, (2), 275-282
- Cinelli P, Schmid M, Bugnicourt E, Wildner J, Bazzichi A, Anguillesi L, Lazzeri A (2014). *Whey protein layer applied on biodegradable packaging film to improve barrier properties while maintaining biodegradability*. Polym. Degrad. Stab. 108, 151-157
- Clementz A, Torresi PA, Molli JS, Cardell D, Mammarella E, Yori JC (2019). *Novel method for valorization of by-products from carrot discards*. LWT – Food Science and Technology 100, 374-380
- Connolly A, Piggott CO, FitzGerald RJ (2014) *In-vitro α -glucosidase, angiotensin converting enzyme and dipeptidyl peptidase-N inhibitory properties of brewers' spent grain protein hydrolysates*. Food Res. Int. 56, 100-107
- Damerum, A., Chapman, M. A., Taylor, G. (2020). *Innovative breeding technologies in lettuce for improved post-harvest quality*. Postharvest Biology and Technology 168, 2020, 111266
- Dhillon GS, Brar SK, Valero JR, Verma M (2011). *Bioproduction of hydrolytic enzymes using apple pomace waste by A. niger applications in biocontrol formulations and hydrolysis of chitin/chitosan*. Bioprocess Biosyst Eng 34 (8), 1017-26
- Dhillon GS, Kaur S, Brar SK, Verma M (2012). *Potential of apple pomace as a solid substrate for fungal cellulase and hemicellulose bioproduction through solid-state fermentation*. Ind Crops Prod 38, 6-13
- Dhillon GS, Kaur S, Sarma SJ, Brar SK (2013). *Integrated process for fungal citric acid fermentation using apple processing waste and sequential extraction of chitosan from waste stream*. Ind Crop Prod 50, 346-51
- Dhir A, Talwar A, Kaur P, Malibari A (2020). *Food waste in hospitality and food services: A systematic literature review and framework development approach*. Journal of Cleaner Production, 270

- Dilucia F, Lacivita V, Conte A, Del Nobile M (2020). *Sustainable use of fruit and vegetables by-products to enhance food packaging performance*. Foods 2020, 9, 857; doi 10.3390/foods9070857
- Edens L, Van der Lee JAB, Plijter JJ (1997). *Novel Food Compositions*. Patent EP0912105 A1
- Fritsch C., Staebler A., Happel A., Márquez M.A.C., Aguiló-Aguayo I., Abadias M., Gallur M., Cigognini I.M.; Montanari A., López M.J., Suárez-Estrella F., Brunton N., Luengo E., Sisti L., Ferri M., Belotti G. (2017). *Processing, valorization and application of bio-waste derived compounds from potato, tomato, olive and cereals: A Review*. Sustainability 9, 1492;doi:10.3390/su9081492
- Gallego M, Arnal M, Talens P, Toldrá, Mora L (2020). *Effect of gelatin coating enriched with antioxidant tomato by-products on the quality of pork meat*. Polymers 12, 1032; doi:10.3390/polym2051032
- Galus S, Kibar EAA, Gniewosz M, Krásniewska K (2020). *Novel materials in the preparation of edible films and coatings – a review*. Coatings 10, 674
- Gawlik-Dziki U, Kaszuba K, Piwowarczyk K, Swieca M, Dziki D, Czyz J (2015). *Onion skin raw material for the production of supplement that enhances the health-beneficial properties of wheat bread*. Food Res. Int. 73, 97-106
- Giorgi SD, Raddadi N, Fabbri A, Toschi TG, Fava F (2018). *Potential use of ricotta cheese whey for the production of lactobionic acid by Pseudomonas taetrolens strains*. New Biotechnology 42, 71-76
- Gomez-Guillen, M. C., Gimenez, B., Lopez-Caballero, M. E. and Montero, M. P. (2011). *Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review*. Food Hydrocolloids. 25(8): 1813-1827
- Górecka D, Pachotek B, Dziedzic K (2010). *Raspberry pomace as a potential fiber source for cookies enrichment*. Acta Sci Pol. Technol. Aliment 9, (4), 451-462, 9
- Hartikainen, H., Mogensen, L., Svanes, E., Franke, U. (2018). *Food waste quantification in primary production – The Nordic countries as a case study*. Waste Management, 71, 502-511
- Hassan, B, Chatha, S.A.S, Hussain, A.I., Zia, K.M., Akhtar, N. (2018). *Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible film and coatings: A review*. Int. J. Biol. Macromol. 109, 1095-1107
- He S, Franco C, Zhang W (2013). *Functions, applications and production of protein hydrolysates from fish processing co-products (FPCP)*. Food Research Int. 50, 289-297
- Holsteijn FV, Kemna R (2018). *Minimizing food waste by improving storage conditions in household refrigeration*. Resources, Conservation & Recycling, 128. 25-31
- Jensen J., & Teuber R (2018). *Food waste prevention: State of the art in impact assessment and empirical evidence for Denmark*. Department of Food and Resource Economics, University of Copenhagen. IFRO Report, No. 279
- Kader, Adel A., (2002), *Quality and Safety Factors: Definition and Evaluation for Fresh Horticultural Crops*. Post-harvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, 3rd edition
- Kamnerdpetch C, Weiss M, Kasper C, Scheper T (2007). *An improvement of potato pulp protein hydrolyzation process by the combination of protease enzyme systems*. Enzym. Microb. Technol. 40, 508-514
- Khawli FA, Pateiro M, Domínguez, Lorenzo JM, Gullón P, Kousoulaki K, Ferrer E, Berrada H, Barba FJ (2019). *Innovative green technologies of intensification for valorization of seafood and their by-products*. Mar. Drugs 17, 689;doi:10.3390/md17120689
- Kim SK, Medis E (2006). *Bioactive compounds from marine processing byproducts – A review*. Food Res. Int. 39, 383-393.
- Knorr D (1978). *Protein quality of potato and potato protein-concentrates*. Lebensm.Wiss.Technol. 11, 109-115

- Knorr D, Kohler G, Betschart A (1977). *Potato protein concentrates: The influence of various methods of recovery upon yield, compositional and functional characteristics*. J. Process. Preserv. 1, 235-247
- Korhonen H, Pihlanto A (2006). *Production and functionality*. Int. Dairy J. 16, 945-960
- Kosseva MR (2011). *Immobilization of microbial cells in food fermentation processes*. Food and Bioprocess Technology 4, 1089-1118
- Ktenioudaki A, Smyth TJ, Kilcawley K, Rai DK, Gallagher E (2015). *Application of bioprocessing techniques (sourdough fermentation and technological aids) for brewer's spent grain breads*. Food Research International 73, 107-116; Doi:10.1016/J.FOODRES.2015.03.008
- Lafarga T, Hayes M (2014). *Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients*. Meat Science 98, 227-239
- Lafarga T, Wilm M, Wynne K, Hayes M (2016). *Bioactive hydrolysates from bovine blood globulins: Generation, characterization, and in-silico prediction of toxicity and allergenicity*. Journal of Functional Foods 24, 142-155
- Lappa IK, Papadaki A, Kachrimanidou V, Terpou A, Koulougliotis D, Eriotou E, Kopsahelis N (2019). *Cheese whey processing: Integrated biorefinery concepts and emerging food application*. Foods 8, 347; doi:10.3390/foods8080347
- Lemaire A, Limbourg S (2019). *How can food loss and waste management achieve sustainable development goals?* Journal of Cleaner Production 234, 1221-1234
- Lucera A, Costa C, Marinelli V, Saccotelli MA, Del Nobile MA, Conte A (2018). *Fruit and vegetable by-products to fortify spreadable cheese*. Antioxidants 7, 61
- Lynch K.M., Steffen E.J., Arendt E.K. (2016). *Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health*. J. Inst. Brew. 122, 553-568
- Maheshwari, G., Sowrirajan, S. Joseph, B. (2019), *β -Glucan, a dietary fiber in effective prevention of lifestyle diseases – an insight*. Bioact. Carbohydr. Diet. Fibre 2019, 19 (Maheshwari et al. 2019)
- Manzocco L, Alongi M, Lagazio C, Sallani S, Nicoli MC (2017). *Effect of temperature in domestic refrigerators on fresh-cut Iceberg salad quality and waste*. Food Research Int. 102, 129-135
- Maragkoudakis P, Vendramin V, Bovo B, Treu L, Corich V, Giacomini A (2015). *Potential use of scotta, the by-product of the ricotta cheese manufacturing process, for the production of fermented drinks*. J. Dairy Res. 83, (1), 104-108; doi: doi.org/10.1017/S002202991500059X
- Martínez-Romero D, Bailén G, Serrano M, Guillén F, Valverde JM, Zapata P, Castillo S, Valero D (2007). *Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: A review*. Reviews in Food Science and Nutrition 47, (6), 543-560; doi:10.1080/10408390600846390
- Mayer, F. (1998). *Potato pulp: Properties, physical modification and applications*. Polym. Degrad. Stab. 59, 231-235
- Mei J, Shen Y, Liu W, Lan W, Li N, Xie J (2020). *Effectiveness of Sodium Alginate Active Coatings Containing Bacteriocin EFL4 for the Quality Improvement of Ready-to-Eat Fresh Salmon Fillets during Cold Storage*. Coatings, 10, 506
- Mirabella N, Castellani V, Sala S (2014). *Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review*. Journal of Cleaner Production 65, 28-41
- Mueller R, Bohatier J, Blortz D, Frank B. *Process for the production of a seasoning sauce from bread*. US Patent 5, 407-689
- Nikkilä M (2020). *Cereal Waste Valorization through development of functional key fibres to innovate in fibre packaging materials*. Available online: http://cordis.europa.eu/project/rcn/110025_en.html

- Nionelli L, Wang Y, Pontonio E, Immonen M, Rizzello CG, Maina HN, Katina K, Coda R (2020). *Antifungal effect of bioprocessed surplus bread as ingredient for bread-making: Identification of active compounds and impact on shelf-life*. Food Control 118, 107437
- O'Sullivan SM, Lafarga T, Hayes M, O'Brien NM (2016). *Potential bioactivity of hydrolysates derived from bovine lung*. Proceedings of the Nutrition Society 75, (OCE3), E168; doi:10.1017/S002966511600183X
- Pal GK, Suresh PV (2016). *Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients*. Innovative Food Science and Emerging Technologies 37, 201-215
- Patel C, Panigrahi J (2019). *Starch glucose coating-induced postharvest shelf-life extension of cucumber*. Food Chemistry, 288. 208-214
- Peiretti PG, Fail F, Zorzi M, Aigotti R, Medana C (2020). *The effect of blueberry pomace on the oxidative stability and cooking properties of pork patties during chilled storage*. J. Food Process Preserv. 44, e14520; doi: 10.1111/jfpp.14520
- Peretto G, Du W-X, Avena-Bustillos RJ, Sarreal SBL, Hua SST, Sambo P, McHugh TH (2014). *Increasing strawberry shelf-life with carvacrol and methyl cinnamate antimicrobial vapors released from edible films*. Postharvest Biology and Technology 89, 11-18
- Perussello CA, Zhang Z, Marzocchella A, Tiwari BK (2017). *Valorization of apple pomace by extraction of valuable compounds*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 16, 776-796
- Pescuma M, de Valdez GF, Mozzi F (2015). *Whey-derived valuable products obtained by microbial fermentation*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 99, 6183-6196
- Pirozzi A, Pataro G, Donsí F, Ferrari G (2020). *Edible Coating and Pulsed Light to increase the Shelf Life of Food Products*. Food Engineering Reviews. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09245-w>
- Plessas S, Trantallidi M, Bekatorou A, Kanellaki M, Nigam P, Koutinas A (2007). *Immobilization of kefir and Lactobacillus casei on brewery spent grains for use in sourdough wheat bread making*. Food Chemistry 105 (1), 187-194
- Prazeres AR, Carvalho F, Rivas J (2012). *Cheese whey management: A review*. Journal of Environmental Management 110, 48-68
- Raak N, Symmank C, Zahn S, Aschemann-Witzel J, Rohm H (). *Processing- and product-related causes for food waste and implications for the food supply chain*. Waste Management 61, 461-472
- Renard CMGC (2018). *Extraction of bioactives from fruit and vegetables: State of the art and perspectives*. LWT – Food Science and Technology 93, 390-395
- Riaukaite J., Basinskiene, L., Syrpas, M. (2019), *Bioconversion of waste bread to glucose fructose syrup as a value-added product*, Foodbalt 2019: 13th Baltic Conference on food science and technology: "FOOD. NUTRITION. WELL-BEING. Book Series: FoodBalt Pages: 120-124
- Ricci A, Bernini V, Maoloni A, Cirlini M, Galaverna G, Neviani E (2019). *Vegetable by-product lacto-fermentation as a new source of antimicrobial compounds*. Microorganisms 7, 607. Doi: 10.3390/microorganisms7120607
- Sabater C, Ruiz L, Delgado S, Ruas-Madiedo P, Margolles A (2020). *Valorization of vegetable food waste and by-products through fermentation processes*. Frontiers in Microbiology 11, 581997
- Shiekh RA, Malik MA, Al-Thabiti SA, Shiekh MA (2013). *Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits*. Food Sci. Technol. Res. 19 (2), 139-155
- Skendi A, Zindoviadou KG, Papageorgiou M, Rocha JM (2020). *Advances in the valorization and functionalization of by-products and wastes from cereal-based processing industry*. Foods 9, 1243; doi 10.3390
- Slominska L, Starogardzka G (1987). *Application of a multi-enzyme complex in the utilization of potato pulp*. Starch-Stärke 39, 121.125.158

- Soto-Maldonado C, Concha-Olmos J, Cáceres-Escobar G, Meneses-Gómez P (2018). *Sensory evaluation and glycaemic index of a food developed with flour from whole (pulp and peel) overripe banana (Musa cavendishii) discards*. *LTW Food Sci. Technol.* 92, 560-575
- Sousa, S. C., Vázquez, J.A., Pérez-Martin, R.I., Carvalho, A.P., Gomes, A.M., (2017). *Valorization of By-Products from Commercial Fish Species: Extraction and Chemical Properties of Skin Gelatins*. *Molecules* 2017, 22(9), 1545; <https://doi.org/10.3390/molecules22091545>
- Spinelli S, Conte A, Del Nobile MA (2016). *Microencapsulation of extracted bioactive compounds from brewer's spent grain to enrich fish-burgers*. *Food Bioprod. Process* 100, 450-456
- Stenmarck Å, Hanssen JO, Silvennoinen K, Katajajuuri J-M, Werge M (2011). *Initiatives on prevention of food waste in the retail and wholesale trades*. Nordic Council of Ministers
- Svanes E, Oestergaard S, Hanssen OJ (2019). *Effects of Packaging and Food Waste Prevention by Consumers on the Environmental Impact of Production and Consumption of Bread in Norway*. *Sustainability*, 11, 43
- Tahergorabi R, Sivanandan L, Beamer SK, Mataka KE, Jaczynskia J (2012). *A three-prong strategy to develop functional food using protein isolates recovered from chicken processing by-products with isoelectric solubilization/precipitation*. *J Sci Food Agric* 92, 2534-2542 w; doi 10.1002/jsfa.5668
- Tarhan O, Spotti MJ, Schaffter S, Corvalan CM, Campanella OH (2016). *Rheological and structural characterization of whey protein gelation induced by enzymatic hydrolysis*. *Food Hydrocoll.* 61, 211-220
- Terpou A, Gialleli A-I, Bekatorou A, Dimitrellou D, Ganatsios V, Barouni E, Koutinas AA, Kanellaki M (2017). *Sour milk production by wheat bran supported probiotic biocatalyst as starter culture*. *Food Bioprod. Process.* 10, 184-192
- Torres M.D., Domínguez H. (2020). *Valorisation of potato wastes*. *Int. J. Food Sci Technol* 55, 2296-2304
- Vázquez JA, , Menduiña A, Nogueira M, Durán AI, Sanz N, Valcarcel J (2020). *Optimal production of protein hydrolysates from monkfish by-products: Chemical features and associated biological activities*. *Molecules* 25, 4068; doi:10.3390/molecules25184068
- Verni M, Rizzello CG, Coda R (2019). *Fermentation biotechnology applied to cereal industry by-products: Nutritional and functional Insights*. *Frontiers in Nutrition* 6, article 42 1-13
- Vignesh RM, Bindu RN (2019). *Improvement of shelf life quality of tomatoes using a novel edible coating formulation*. *Plant Science Today* 6 (2), 84-90
- Wang X, Kristo E, LaPointe G (2019). *The effect of apple pomace on the texture, rheology and microstructure of set type yogurt*. *Food Hydrocolloids* 91, 83-91
- Weston M, Kuchel RP, Ciftci M, Boyer C, Chandrawati R (2020a). *A polydiacetylene-based colorimetric sensor as an active use-by date indicator for milk*. *Journal of Colloid and Interface Science*, 572, 31-38.
- Weston M, Kuchel RP, Chandrawati R (2020b). *A Polydiacetylene-Based Colorimetric Sensor as an Active Use-By Date for Plant-Based Milk Alternatives*. *Macromolecular Rapid Communications*, 41; DOI: 10.1002/marc.202000172
- WRAP, 2009, Household Food and Drink Waste in the UK. Report prepared by WRAP. Banbu

Om DCA

DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug er den faglige indgang til jordbrugs- og fødevareforskningen ved Aarhus Universitet.

Centret omfatter institutter og forskningsmiljøer, der har aktiviteter på jordbrugs- og fødevareområdet. Det er primært Institut for Agroøkologi, Institut for Husdyrvidenskab, Institut for Fødevarer, Center for Kvantitativ Genetik og Genomforskning samt dele af Institut for Ingeniørvidenskab.

Aktiviteterne i DCA understøttes af en centerenhed, der varetager og koordinerer opgaver omkring myndighedsbetjening, erhvervs- og sektorsamarbejde, internationalt samarbejde og kommunikation.

Forskningsresultater fra DCA

Resultater fra forskningen publiceres i internationale, videnskabelige tidsskrifter. Publikationerne kan findes via universitets publikationsdatabase (pure.au.dk).

DCA rapporter

DCAs rapportserie formidler hovedsageligt myndighedsrådgivning fra DCA til Miljø- og Fødevareministeriet. Der kan også udgives rapporter, som formidler viden fra forskningssaktiviteter. Rapporterne kan frit hentes på centrets hjemmeside: dca.au.dk.

Nyhedsbreve

DCA udsender et nyhedsbrev, der løbende orienterer om jordbrugs- og fødevareforskningen og herunder om nye forskningsresultater, rådgivning, uddannelse, arrangementer og andre aktiviteter. Det er gratis at tilmelde sig nyhedsbrevet, og det kan ske på dca.au.dk.



RESUME

Rapportens formål er at give et overblik over den nyeste danske - og internationale forskning inden for tiltag og initiativer til reduktion af madspild og fødevaretab, især i de første fire led i fødevareværdikæden: primærproduktion, industri, detailhandel og i servicesektoren. I rapporten fokuseres der på produktionsteknologi, logistik, forædling og længere holdbarhed. Derudover giver rapporten et overblik over vigtige forskningsklynger inden for madspild.

Rapporten er baseret på nyere videnskabelig litteratur. Inden for produktionsteknologi er der fokus på udnyttelse og anvendelse af sidestrømme fra fødevareindustrien til fremstilling af bl.a. rene stoffer, ingredienser og mikroorganismer. Få studier fokuserer på forædling som et 'redskab' til reduktion af madspild, da det er svært at forædle i forhold til en given parameter. Under opbevaring og transport kan madspild reduceres ved forlængelse af holdbarheden af især frisk frugt og grønt, fersk kød og frisk fisk ved korrekt opbevaringstemperatur, fugtighed, emballering og atmosfæresammensætning. I detailledet og servicesektoren kan madspildet bl.a. minimeres ved en effektiv ressourceoptimering.

