

Holdbarhet av brød i ulike oppbevaringsmiljøer

Forfatter: Ellinor Kjøsberg, Ullern videregående skole

*Kunnskap om riktig oppbevaring av brød hjemme hos forbruker er et viktig ledd i arbeidet med å redusere matsvinn. I dag finnes det ingen entydige råd om hvordan forbruker skal oppbevare brød for best å ivareta kvaliteten på det. Denne forskningsoppgaven har sett på hvordan ulike vanlige oppbevaringsmiljøer påvirker fuktighet og muggdannelse i brød. Over en testperiode på tre uker ble det gjennomført kvantitativ analyse av vanlig kjøpebrød oppbevart i plastpose, perforert plastpose, papirpose og bomullpose i henholdsvis kjøleskap og romtemperert skap. Resultatene viser at med hensyn på faktorene fuktighet og muggdannelse har brød lengst holdbarhet når det oppbevares i perforert plastpose i kjøleskap. For alle emballasjetypene ble det påvist muggsopp, men i svært ulik grad. Analyser utført ved Veterinærinstituttet avdekket i alt fire typer muggsopp av slekten *Penicillium*.*

Introduksjon

Matsvinn er et vesentlig problem i verden, både i form av klimaavtrykk og økonomisk tap. Bare i Norge kastes det årlig 450 000 tonn spiselig mat (Matvett, 2022). I tråd med FNs bærekraftsmål 12.3 har Regjeringen og matbransjen satt som mål å halvere matsvinnet innen 2030 (NRK, 2023). Ifølge en rapport fra Norsk institutt for bærekraftsforskning (NORSUS) står husholdningene for mer enn 216 000 tonn av det norske matsvinnet per 2020, og det vi kaster mest av er måltidsrester (31 %), frukt og grønt (22 %) og brød og bakervarer (18 %). Blant viktige tiltak som nevnes for å redusere matsvinn, er bedring av holdbarhet og informasjon om riktig oppbevaring av maten (NORSUS, 2021, ss. 96-100). Per i dag finnes det ingen entydige råd om hvordan brød oppbevares best hjemme hos forbruker, og det er lite forskning på området. Mattilsynet fraråder å oppbevare brød i kjøleskap, også fordi alminnelig brød tørker raskere i temperaturer mellom 4-7 °C (Brød & korn, 2018). Det generelle rådet er å oppbevare brødet på en tørr og romtemperert plass uten høy luftfuktighet. I tillegg påpeker både Mattilsynet og Bakerhuset AS at god hygiene er viktig for å hemme muggvekst (Bakerhuset, 2021). Mikroorganismer, og særlig muggsopp, trives godt i kornprodukter som brød. Ifølge World Health Organization (WHO) kan muggsopp i mat forårsake en rekke alvorlige helseeffekter hvis den oppstår i en viss mengde (WHO, 2018). Hvis man ser mugg på brød, kan man være sikker på at det er hyer i mesteparten av brødet, og brødet skal derfor ikke spises (USDA, 2022). Den vanligste grunnen til at brød blir kastet, er likevel ikke på grunn av mugg, men fordi det har blitt tørt, noe mange forbrukere synes er uappetittlig (USDA, 2022). Det eksisterer altså et stort potensial for å redusere matsvinn i det å utarbeide metoder og råd for best mulig oppbevaring av brød.

Formålet med denne forskningsoppgaven er derfor å finne hvordan ulike oppbevaringsmiljøer påvirker kvaliteten og holdbarheten av alminnelig brød med spesielt fokus på dannelsen av muggsopper. Over en periode på tre uker ble det undersøkt hvordan brød oppbevart i ulike vanlige emballasjetyper og ved ulike temperaturer ble påvirket av fuktighet og temperatur. Vanlige emballasjetyper hos forbruker er plast og papir, og brødposer i bomull eller andre typer gjenbrukbare poser begynner også å komme i bruk. Derfor er disse emballasjetyper valgt for dette forskningsoppgaven. Som del av prosessen er det utført en analyse av muggsoppene som ble utviklet. På denne måten kan vi vurdere hvilken emballasje og temperatur som er best egnet for oppbevaring av brød. Oppgaven har som mål å svare på følgende forsknings spørsmål:

1. Hvilke oppbevaringsmiljøer fører til muggvekst i brød?
2. Hva slags mugg utvikler seg i brød i ulike miljøer?
3. Hvilket oppbevaringsmiljø bevarer fuktigheten best uten at brødet utvikler mugg?

Metode

I denne forskningsoppgaven skulle det undersøkes hvilke emballasjetyper som egner seg best for oppbevaring av brød. Det ble benyttet 12 ferske brød av typen Norsk fjellbrød, som er det mest kjøpte brødet i Norge, levert fra samme produksjonsbatch av Bakerhuset AS (Bakerhuset, 2021). Alle brødene ble delt i to, som dermed ga to prøver per brød, alle nummerert fra 1 til 24. Både overflate og skjæreflate ble observert. Gjennom forsøksperioden ble halvparten av brødprøvene oppbevart i forskjellig emballasje i kjøleskap (4-5 °C), og tilsvarende den andre halvparten i romtemperert skap (20-21 °C). Hensikten var å se hvilken innvirkning temperatur hadde på forsøksgruppene. De fire emballasjetyperne var: papirpose (original innpakning), plastpose (brødposer 6 L fra Unik), perforert plastpose (fra Meny Jacobs utvalgte) og bomullspose (100 % uten fargestoffer).

Flere paralleller ble brukt for hver forsøksgruppe, slik at det oppbevart tre like brødprøver i hvert oppbevaringsmiljø (se tabell 1). Brødprøvene ble plassert på forskjellige hyller i henholdsvis kjøleskap og skap for å unngå at temperatur- og ventilasjonsforskjeller skulle påvirke resultatet. Sterilisering var ikke relevant i forskningsoppgaven da brød vanligvis ikke oppbevares i sterilt miljø hjemme hos forbruker. Men for å redusere spredning av muggsopp eller andre mikroorganismer mellom forsøksgruppene, ble målingene og observasjonene utført fra utsiden av emballasjen.

Tabell 1. Oversikt over brødnummere og hvilke miljøer de ble oppbevart i under forsøksperioden.

	Bomull	Plast	Perforert plast	Papirpose
Kjøleskap	3stk (nr. 1,2,3)	3stk (nr. 10,11,12)	3stk (nr. 13,14,15)	3stk (nr. 19,20,21)
Skap	3stk (nr. 4,5,6)	3stk (nr. 7,8,9)	3stk (nr. 16,17,18)	3stk (nr. 22,23,24)

I denne forskningsoppgaven ble en kvantitativ metode brukt for å undersøke utseende og tidspunkt for når mugg ble observert, samt vekt på brødene inklusive emballasje målt i gram (vekt: Stelton Rig-Tig Z00080, nøyaktighet til gramnivå). Observasjonene ble gjort annen hver dag i starten av forsøksperioden. Etter at det ble observert spor av mugg på minst én av brødprøvene, ble målingene tatt hver dag frem til målings-slutt. Målingene ble gjort over en periode på 22 dager og ble ført inn i Microsoft Excel.

For hver av de fire emballasjetyperne ble det satt opp følgende hypotese: vektdifferansen som fremkommer over tid ved bruk av én emballasje type vil være ulik tilsvarende vektdifferansene ved bruk av de andre emballasjetyperne. Vektdifferansen ble definert som forskjellen i brødprøvens vekt (inklusive emballasje) ved start og slutt av målingsperioden. Emballasjetyperne ble inndelt i to kategorier: fuktighetsbevarende og tørre emballasjer. Inndelingen er basert på gjennomsnittlig relativt vekttap i prosent. Plastemballasje skil-

te seg ut som den eneste fuktighetsbevarende emballasjen i begge oppbevaringsmiljøer, og ble derfor testet mot de andre emballasjetypene på T-testen. En tosidig T-test ble utført mellom prøvene i plastemballasjen og prøvene i de andre emballasjetypene. Den resulterende p-verdien ble målt opp mot en signifikansverdi på . Et varmekart ble også laget for å visualisere forskjellig grad av muggutvikling i de ulike emballasjemiljøene. Det ble antatt at vekttapet hos brødene over tid utelukkende var et resultat av tapt fuktighet, og at vekten på brødene derfor kunne brukes som en indikator på fuktighetsnivået.

Etter avsluttet målingsperiode ble det gjennomført muggsoppanalyse hos Veterinærinstituttet på Ås for å finne hva slags muggsopp som hadde utviklet seg på de forskjellige brødprøvene. Analysene ble utført over tre uker, der den første uken ble brukt til primær utplantning av sopp. Kulturene ble dyrket ved å spre en liten del av soppen på agarmediet Maltekstrakt agar (MEA) ved bruk av sterile inokulasjonsstaver på tre forskjellige plasser på mediet. Mediene ble inkubert ved 25 °C i syv dager. Det ble også dyrket kulturer fra brødprøver som ikke hadde synlig mugg. Det ble tatt flere tester fra brødene som hadde tegn på flere ulike typer muggsopp.

I andre uke av analysen ble soppene som hadde vokst i kulturene den første uken, inokulert på nye kulturmedier for å få rene kulturer. Soppene ble gruppert (A-H) basert på visuelle egenskaper som kolonimorfologi (form, størrelse, farge og tekstur) og mikroskopiske strukturer. Soppen ble deretter inokulert på forskjellige kulturmedier: Maltekstrakt agar (MEA) og Czapek Yeast Autolysate (CYA). For å oppnå rene kulturer ble koloniene overført med en steril inokulasjonsstav til mediene og inkubert ved 25 °C. Der det var tegn til flere typer sopp i en gruppe, ble det laget flere kulturer for denne gruppen. Enkelte skåler hadde tydelig tegn på gjær eller annen forurensning, så disse ble utelukkert fra videre analyse.

Tabell 2. Gruppering av observert muggvekst/muggtyper i de forskjellige brødprøvene.

Gruppe id	Brødnr. og koloni	Visuelle kjennetegn på muggveksten i brødprøven
A	10	Grågrønn
B	17 grønn, 17 hvit	Mørkegrønn med gul farge på kantene og under
C	16 grønn, 16 hvit	Flere grønne kolonier med hvitt parti i kantene, én med gule partier
D	14, 11	Rund grønn koloni med hvitt parti i kantene
E	7 brun, 7 hvit	Hvite store koloni og et brunt parti
F	7 hvit, 7 gul, 7 grønn	Flere grønne kolonier med hvit kant, vokser tydelig ut fra sentrum
G	9 hvit, 9 brun, 8 brun	Små grønne kolonier med hvite partier
H	9 grønn, 8 grønn	Mange små grønne kolonier
-	12, 15, 13	Ikke testet, ingen muggsopp

De to mediene CYA og MEA ble valgt fordi dette er to anbefalte standard medier for dyrking av *Penicillium* (C.M. Visagie, 2014, s. 344). I tillegg har begge mediene ulike egenskaper som gjør at de passer for dyrking av forskjellige typer sopp. CYA anbefales blant annet for dyrking og vedlikehold av *Aspergillus brasiliensis*, mens MEA anbefales for dyrking, isolering og vedlikehold av gjær og muggsopp (HiMedia Laboratories, 2011), (Millipore, 2018). Ved bruk av disse kunne man derfor få en mer nøyaktig identifikasjon av de forskjellige muggsoppene som forekom i forsøksperioden.

Den tredje uken av analysen ble brukt til å identifisere de forskjellige muggsoppene som hadde vokst i de ulike kulturene. De isolerte soppene ble på nytt gruppert ut ifra visuelle egenskaper som kolonimorfologi, farge og mikroskopiske strukturer og deretter identifisert visuelt og/eller gjennom mikroskop.

Resultat

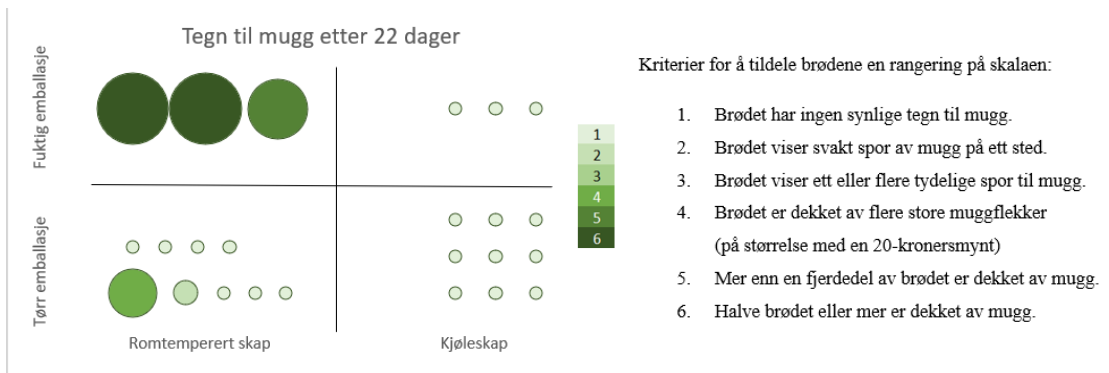
For å vise hvordan de ulike emballasjetyperne bevarte fuktigheten i brødet, er måleresultatene satt opp i tabell 3, som viser gjennomsnittlig relativt vekttap for hver brødprøve. Tabellen viser også t-test mellom prøvene i plastemballasje og i de andre emballasjetyperne.

Tabell 3: Vektdifferanse, relativt vekttap og t-test for brødprøver oppbevart i kjøleskap og skap.

Emballasje - type	Vekt kjøleskap (g)			Vekt skap (g)			Gjennomsnitt lig relativt vekttap (%)		T-test plast- parallell (p- verdi)	
	Før	Etter	Differ anse	Før	Etter	Diffe ranse	Kjøle skap	Skap	Kjøle skap	Skap
Plast	409	403	-6	377	364	-13	1 %	4 %	-	-
	373	369	-4	381	368	-13				
	378	373	-5	355	340	-15				
Bomull	398	307	-91	420	317	-103	22 %	24 %	1,74	1,68
	402	317	-85	400	302	-98				
	386	296	-90	405	308	-97				
Perforet plast	385	326	-59	391	308	-83	15 %	20 %	3,46	1,73
	385	330	-55	375	301	-74				
	368	309	-56	393	314	-79				
Papir	375	283	-92	401	295	-106	25 %	28 %	1,98	5,83
	405	306	-99	388	281	-107				
	370	276	-94	388	277	-111				

Som vist i tabell 3 i kolonnene for t-testresultat, er alle p-verdier lavere enn signifikansnivå på som ble valgt for denne forskningsoppgaven. For hver emballasjetype styrkes derfor den alternative hypotesen, som sier at emballasjetyperne medfører et annerledes vekttap for brødprøvene oppbevart i plastemballasje enn for de øvrige emballasjetyperne, som viser seg å ha liten variasjon i gjennomsnittlig vekttap. Resultatene fra t-testen ble brukt til å sortere brødene i to kategorier: fuktighetsbevarende og tørre emballasjer. I fuktighetsbevarende inngår dermed kun plastemballasjen.

Varmekartet i figur 1 nedenfor visualiserer de ulike gradene av muggutvikling på samtlige av brødprøvene ved endt testperiode. Testperioden var på 22 dager, og muggveksten var synlig etter fem dager på brødprøver oppbevart i plast i skap, etter åtte dager på brødprøver i annen emballasje i skap, og ikke til stede (usynlig) på brødprøver i kjøleskap. Som beskrevet under metode, ble hvert brød tildelt en kategori avhengig av hvor mye mugg som var synlig på brødet etter forsøksperioden: fuktighetsbevarende og tørre emballasjer. I varmekartet har disse kategoriene blitt brukt til å utlede en «temperaturskala» for å illustrere hvilke brødprøver som utviklet flest tegn til mugg. Kartet viser at ingen av brødene oppbevart i kjøleskap, uavhengig av emballasje, utviklet synlig mugg i løpet av perioden. Kartet viser også at samtlige brød i plastemballasje oppbevart i romtemperatur utviklet mugg.



Figur 1. Varmekart over tegn på mugg i de ulike brødprøvene (gradert etter en skala 1-6).

Artsbestemmelse av muggveksten på brødene viste at det forekom fire typer *Penicillium* sopp: *P. roqueforti*, *P. solitum*, *P. brevicompactum* og *P. crustosum*. Tabell 4 viser at alle funnene forekom på brødprøver i plastemballasje og perforert plast. Alle disse var brødprøver lagret i romtemperatur, med unntak av én gruppe sopp (A), som ble funnet på brødprøve oppbevart i plastpose i kjøleskap.

Tabell 4. Typer av mugg funnet i de forskjellige gruppene av brødprøver.

Gruppe	Emballasjetype og miljø	Type muggsopp
A	plast kjøleskap	<i>Penicillium roqueforti</i>
B og C	perforert plast romtemp	<i>Penicillium solitum</i>
F, C, D, H og G	plast romtemp, perforert plast romtemp	<i>Penicillium brevicompactum</i>
F	plast romtemp	<i>Penicillium crustosum</i>
E	steril (kunne ikke identifiseres)	

Diskusjon

Denne forskningsoppgaven har undersøkt hvordan ulike oppbevaringsmiljøer påvirker kvaliteten og holdbarheten av alminnelig brød, med spesielt fokus på dannelsen av muggsopper. Resultatene viser at plastemballasje bevarte fuktigheten til brødene best, med under 5 % gjennomsnittlig vekttap i forsøksperioden i både kjøleskap og romtemperatur. De øvrige tre emballasjetyperne ga liten forskjell i prosentvis gjennomsnittlig vekttap, og ble derfor sortert i én felles kategori. Slik kunne resultatene analyseres i to kategorier emballasje, fuktighetsbevarende og tørr, oppbevart i henholdsvis kjøleskap og romtemperatur. Resultatene fremstilt i et varmekart viser at plastemballasje i romtemperatur var det oppbevaringsmiljøet som førte til størst muggvekst på brødprøvene. Analyse i laboratoriet viste at to brødprøver oppbevart i plast i kjøleskap også utviklet mugg i testperioden, selv om dette ikke var synlig. Mens brødprøvene i kjøleskap som ikke ble oppbevart i plast, ikke fikk påvist noe muggvekst. Det kan derfor konkluderes med at plastemballasje i større grad medfører muggvekst på brød uavhengig av oppbevaringstemperatur.

Resultatet er ikke uventet da muggsopp vokser ved høy fuktighet på overflater med tilgang på næringsstoffer, og dessuten trives godt i kornprodukter og særlig ved 20-30 °C (Levy, 2019), (Brækhus, 2014). Basert på disse egenskapene er det også som forventet at de brødprøvene som hadde størst prosentvis vekttap, og

dermed tørket mest ut, ikke utviklet mugg. Et resultat som bør nevnes, er at brødprøvene i romtemperatur tørket raskere ut enn de i kjøleskap, noe som motsier rådet fra Opplysningskontoret for brød og korn om at brød tørker raskere i kjøleskaptemperatur (Brød & korn, 2018).

De fire typene muggsopp som ble funnet på brødene, er alle av slekten *Penicillium*. Dette er en vanlig mugg på brød og andre matvarer. De fleste artene av denne muggen er vanskelig å skille fra hverandre uten å studere mikroskopiske strukturer. På brød vises *Penicillium* vanligvis som grønnaktige og hvitprikkede flekker. Det gjelder også for de fire typene *P. roqueforti*, *P. solitum*, *P. brevicompactum* og *P. crustosum*. *Penicillium* er vanligvis ikke farlig å spise i små mengder, med mindre man er allergisk. Noen *Penicillium*-arter brukes til å smaksette mat, for eksempel i blåmuggost (Cook, 2018). På én av brødprøvene oppbevart i kjøleskap ble det påvist *P. roqueforti*, som er vanlig i blåmuggost. En mulig kilde kan være at det tidligere har vært oppbevart blåmuggost i kjøleskapet, men soppen kan også ha fulgt med brødet ved innkjøp. Som nevnt i metodeavsnittet, så har sterilt miljø ikke vært relevant for oppgaven.

Ingen av brødprøvene oppbevart i plast eller perforert plast i kjøleskap utviklet synlig mugg. Ved analyse ble det likevel påvist mugg på to av tre av disse prøvene i plast og en av tre av prøvene i perforert plast. Analysen ble gjort etter 22 dager, så det kan ikke fastslås når muggveksten begynte. Basert på disse funnene kan det konkluderes med at brød oppbevares best med hensyn til både fuktighet og muggvekst i perforert plast i kjøleskap. Etter 22 dager vil brød i perforert plast ha tapt 15 % av vekten i fuktighet, noe som likevel er mindre enn 22 % og 25 % for henholdsvis bomulls- og papiremballasje. Samtidig vil det ha mindre risiko for å utvikle mugg enn brød i plastpose. Et relevant spørsmål er om det er aktuelt for forbrukere å oppbevare brød i kjøleskap over så lang tid som tre uker. For å redusere matsvinn er det minst like viktig å finne emballasjetyper og fremstillingsprosesser som gjør brødet appetittlig å spise så lenge det oppbevares hjemme. Å forhindre muggvekst er en vesentlig del av dette, og angår både oppbevaring og fremstilling av brødet. Det forskes allerede på hvordan for eksempel melkesyrebakterier og propionsyrebakterier kan brukes for å hemme muggvekst i brød (NMBU, 2021).

Annerkjennelse

Stor takk til Bakerhuset AS for levering av 12 ferske brød. Stor takk til Ida Skaar og Magdalena Monika Owczarek-Koscielniak ved Veterinærinstituttet på Ås som stilte både tid, laboratorium og kunnskap til rådighet.

Referanser

- Millipore. (2018). *70145 Malt Extract Agar*. Hentet fra sigmaaldrich.com: <https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/assets/sigmaaldrich/product/documents/422/419/70145dat.pdf>
- Ainhua Valero Abad, P. M.-C. (2022). *The Penicillium digitatum antifungal protein PdAfpB shows high activity against mycobiota involved in sliced bread spoilage*. Hentet fra sciencedirect.com: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002022001666#bib9>
- Bakerhuset. (2021). *JA, VI ELSKER BRØDKLASSIKERE*. Hentet fra bakehuset.no: <https://www.bakehuset.no/merkevarer/vare-klassikere/ja-vi-elsker-brodklassikere/>
- Bakerhuset. (2021). *TIPSENE SOM HJELPER DEG Å HOLDE BRØDENE FERSKE*. Hentet fra bakehuset.no: <https://www.bakehuset.no/tema/tips-og-triks/tipsene-som-hjelper-deg-a-holde-brodene-ferse/>
- Brækhus, L. A. (2014, desember 22). *Muggsoppen trives ekstra godt i kjøleskapet i jula*. Hentet fra abcnyheter.no: <https://www.abcnyheter.no/helse-og-livsstil/2014/12/22/214404/muggsoppen-trives-ekstra-godt-i-kjoleskapet-i-jula?redirect=true>
- Brød & korn. (2018, august 7). *Slik oppbevarer du brødet best*. Hentet fra brodogkorn.no: <https://brodogkorn.no/fakta/slik-oppbevarer-du-brod-best/>

- C.M.Visagie, J. J.-B. (2014, september 22). *Identification and nomenclature of the genus Penicillium*. Hentet fra sciencedirect.com: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0166061614000074?token=7B2E2ADF35E4F587A405504B4D7F81F45F3A4FB1BFBB5230BC58D747A93F1C66F5363FDOc5F2A31A7A95CBB879B6AF89&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230201131216>
- Cook, M. (2018, April 11). *Different Kinds of Bread Mold*. Hentet fra sciencing.com: <https://sciencing.com/different-kinds-bread-mold-5956459.html>
- HiMedia Laboratories. (2011). *Czapek Yeast Extract Agar*. Hentet fra thomassci.com: <https://www.thomassci.com/FetchFile.ashx?id=b5f36d8f-4885-4bb2-845d-153f729a3827>
- Ingvild Nordøy, P. G. (2008, november 20). *Resistensproblemer ved behandling av invasive soppinfeksjoner*. Hentet fra tidsskriftet.no: <https://tidsskriftet.no/2008/11/tema-antibiotika-og-resistens/resistensproblemer-ved-behandling-av-invasive-soppinfeksjoner>
- Levy, F. E. (2019, mai 7). *muggsopp*. Hentet fra sml.snl.no: <https://sml.snl.no/muggsopp>
- Matsentralen. (2019). *Matsvinn*. Hentet fra matsentralen.no: <https://www.matsentralen.no/matsvinn>
- NMBU. (2021, mars 30). *SciFood: Matkvalitet og Bærekraft*. Hentet fra nmbu.no: <https://www.nmbu.no/fakultet/kbm/for-kbm-studenter/masteroppgaver-KBM/masteroppgaver-meieriteknologi-og-matkvalitet/node/42861>
- NORSUS. (2021). *Sektorrapport for matbransjen, offentlig*. Hentet fra matvett.no: <https://www.matvett.no/uploads/documents/OR.36.21-Sektorrapport-for-matbransjen-offentlig-sektor-og-husholdning-sleddet.pdf>
- NORSUS på vegne av Matvett. (2020). *Branseavtalen om reduksjon av matsvinn: Hovedrapport 2020*. Hentet fra matvett.no/: <https://www.matvett.no/uploads/documents/Hovedrapport-2020-Branseavtalen-om-reduksjon-av-matsvinn.pdf>
- NRK. (2023, februar 7). *KLIMA OG MILJØ, NYHETSENTER NORDLAND*. Hentet fra nrk.no: <https://www.nrk.no/nyheter/na-starter-arbeidet-med-matkasteloven-1.16287917>
- USDA. (2022). *Molds on Food: Are They Dangerous?* Hentet fra usda.gov: https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-02/Molds_on_Food.pdf
- WHO. (2018, mai 9). *Mycotoxins*. Hentet fra who.int: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>