

Tænk tank om Forebyggelse
af Madspild og Fødevarer tab

ONE\THIRD

Produceret af

koststudio

for ONE\THIRD, September 2024

UPCYCLING AF SIDESTRØMME
I DANSK FØDEVAREINDUSTRI
– INSPIRATIONSKATALOG



INDHOLD

Introduktion til upcycling..... 1

Metode 8

Sidestrømme:

Oliefrø pressekage.....12

Mask (BSG)..... 16

Kartofler..... 19

Sukkerroer..... 21

Frugt og grøntsager: Æble/Pære..... 23

Korn: Hvedeklid.....26

Animalske biprodukter..... 28

Fisk og skaldyr.....30

Æggeskaller..... 34

Mejeri.....36

Kaffe.....37

Brød..... 40

Spildevand..... 43

Fremtidens upcycling.....46

Kildehenvisning..... 49

ONE THIRD

SIDESTRØMME MED POTENTIALE I DANSK FØDEVAREINDUSTRI

ONE THIRD

Dette projekt har til formål at identificere højvolumen sidestrømme (ofte kendt som biprodukter eller affaldsstrømme) fra den danske fødevareindustri og produktionsled, der repræsenterer et højt potentiale for upcycling til nye værdiskabende fødevarer. Mens sidestrømme fra fødevareindustrien også kan upcycles til materialer, kosmetik og farmaceutiske produkter, vil denne rapport fokusere specifikt på upcycling af produkter til konsum.

Vi har fokuseret på 13 nøgle sidestrømme og beskriver deres værdifulde indhold, potentialet for anvendelse i nye fødevarer og eksempler på succesfulde business cases, der allerede anvender disse sidestrømme. Vi har også beregnet den potentielle effekt af upcycling af disse sidestrømme i Danmark; ved hjælp af en blanding af næringsværdier, miljøberegninger og økonomiske prognoser.

Til sidst præsenterer vi eksempler på forskellige modeller inden for dette område, som foreslår nye måder at tænke på, hvordan man kan upcycle mad og samtidig fastholde så meget næring i fødevaresystemet som muligt, tilgængeligt for mennesker.

ONE THIRD

**HVIS MADAFFALD INKL. MADSPILD VAR
ET LAND, VILLE DET VÆRE**

**VERDENS TREDJE
STØRSTE UDLEDER
AF CO₂ EFTER KINA
OG USA**

(WRI Indonesia, 2018)



ONE THIRD

**AT HALVERE MADAFFALD INKL.
MADSPILD INDEN 2030 I
OVERENSSTEMMELSE MED
VERDENSMÅL 12.3 ER AFGØRENDE
FOR AT HOLDE DET GLOBALE
FØDEVARESISTEM KØRENDE, INDEN
FOR PLANETENS GRÆNSER**

(EAT, 2019)

SIDESTRØMME – ET SPILD AF VÆRDIFULDE RESSOURCER

Statistikkerne omkring madaffald på globalt plan er svimlende i dag. Hvert år går cirka 1,3 milliarder tons mad – en tredjedel af al mad produceret til konsum – tabt eller bliver spildt på verdensplan ⁽²⁾, imens over 42 millioner mennesker ikke har råd til et ordentligt, dagligt måltid mad. Madaffald inkl. madspild svarer til omkring 8-10 % af de samlede menneskeskabte drivhusgasemissioner. ⁽³⁾ Danmark producerer årligt alene omkring 1,2 mio. tons madaffald inkl. madspild. ⁽⁴⁾

Denne rapport fokuserer på sidestrømme fra værdikædens fødevarerforarbejdnings- og produktionsfase, som producerer 19 % af madaffaldet inkl. madspildet i EU. ⁽⁵⁾ I rapporten definere vi sidestrømme som:

"produkter, der potentielt er spiselige, men som i øjeblikket ikke sælges som slutprodukter på markedet på grund af lav efterspørgsel og (...) tilstedeværelsen af kritiske stoffer som biologiske og kemiske forureninger, samt manglende viden mht. deres teknologiske forarbejdning. Disse sidestrømme, hvis de ikke forvaltes korrekt, kan udgøre betydelige udfordringer med hensyn til affaldsbortskaffelse,

miljøpåvirkning og ressource ineffektivitet." ⁽⁶⁾

Genopfindelsen af sidestrømme som spiselig ressource kan bidrage til at løse nogle af tidens store fødevare- og bærdygtighedsproblemer.



HVAD ER UPCYCLING?

Upcycling kombinerer betydningen af begreberne 'upgrading' (at tilføje værdi) og 'recycling' (genbrug) til en praksis med at gentænke 'affald' og omdanne det til noget værdifuldt uden at ødelægge og genopfinde materialet. ⁽⁸⁾ Vi bruger det engelske ord upcycling igennem hele rapporten.

Ved at tilføje et cirkulært koncept til fødevarer systemet fremstilles upcycledede fødevarer af ingredienser, som ellers ikke ville være blevet brugt til menneskeføde, men som formentlig er endt i affaldsstrømmen eller anvendt til foder. ⁽⁹⁾

Innovative løsninger som forvandling af brød til pasta og vodka, fremstilling af kartoffelskræller til brødkrummer og endda inkorporering af kyllingebein i kyllingeburgere viser det ubegrænsede potentiale for at omdanne sidestrømme til nye fødevarer produkter. ^{(10) (11) (12) (13)}

HVORFOR UPCYCLE?

Mennesker

Ressourceeffektivitet og gentænkning af affald er afgørende for at skabe en mere bæredygtig fremtid og for at brødføde en voksende befolkning. Når affald og spild anvendes til biogas eller dyrefoder, går værdifulde næringsstoffer tabt, der ellers kunne forblive i fødevarer systemet til human konsum. Omdannelsen af mest muligt madaffald inkl. madspild til menneskelige fødevarer, og dermed også bevaringen af så mange næringsstoffer i fødevarer systemet som muligt, kan hjælpe os med at brødføde en forventet befolkning på 10 milliarder mennesker i 2050. (14)



IMAGE SOURCE: WRAP, 2016 (17)

Planeten

Upcyclingen af fødevarer kan skabe miljømæssige fordele. Det kan sænke emissioner og forurening ved at reducere affalds- og spildmængder; det kan reducere forbruget af naturressourcer og råmaterialer; og det kan også hjælpe med at finde nye proteinkilder, der kan erstatte mere miljøbelastende animalske proteinkilder. (15)

Muligheder

Fødevarer sidestrømme kasseres typisk, men indeholder ofte vigtige næringsstoffer. De er stærkt underudnyttede og tilbyder ofte et højt forretningspotentiale. Upcycling kan give økonomiske fordele ved at omdanne eksisterende affald og spild til nye værdiskabende produkter og samtidig reducere bortskaffelsesomkostningerne.

Markedet for fødevarer der kommer fra upcycling vokser hurtigt og anslås at nå 97 mia. USD i 2031. (16)

UDFORDRINGER VED UPCYCLING

Mens upcycling af fødevarer kan tilbyde en potentiel løsning til at reducere madaffald inkl. madspild, må flere udfordringer håndteres for at gøre upcycling skalerbar og bæredygtig:

Klassificering af nye fødevarer

Hvis en sidestrøm ikke har en betydelig historie af forbrug i EU før maj 1997, betragtes den som en ny fødevarer. Der kan derfor kræves test af fødevarer sikkerhed og godkendelse, før den kan komme på markedet til konsum.
(18)

Klassificering

Biprodukter kan enten lovligt betragtes som affald eller godkendes til konsum i henhold til EU's biprodukt lovgivning, hvilket kan komplicere deres klassificering og anvendelse i humane fødevarer. (19) (20) (21)

Tæt samarbejde

Succesfuld upcycling og fastholdelse af høj fødevarer kvalitet kræver et tæt samarbejde mellem producenterne i hele værdikæden.

Standardisering

Tilgængeligheden af sidestrømme kan svinge baseret på både den primære produktion og efterspørgsel, og producenter der vil anvende sidestrømmene kan være nødt til at tilpasse opskrifter til det varierende udbud af materialer.

Omkostninger

Omkostningerne til at udvinde og behandle disse materialer kan være betydelige, hvilket potentielt kan udligne nogle af de økonomiske fordele ved upcycling.

Forbrugeropfattelse

Forbrugerne kan finde terminologi, der henviser til affald eller spild, afskrækkende, når de står over for at skulle købe upcycledede produkter.

METODE: PÅLIDELIG DATA PÅ DETTE OMRÅDE ER EN UDFORDRING

Indsamling af pålidelig data om sidestrømme fra fødevareproduktionen, som potentielt kan upcycles til menneskeføde, er en betydelig udfordring.

Der er en betydelig mangel på data omkring madaffald inkl. madspild, da officielle tal ofte ikke inkluderer materiale, der i øjeblikket sendes til dyrefoder eller biogas, og mange virksomheder ønsker ikke at tale åbent om deres sidestrømme.

Vi har derfor indsamlet data i en kombination af kilder fra offentlige myndigheder, fødevareindustrien og den akademiske verden, samt kombineret det med detaljeret online research. På det grundlag har vi lavet kvalificerede estimater efter bedste evne.

Ud over tal fra FN's Fødevare- og Landbrugsorganisation (FAO) og Danmarks Statistik har vi baseret os på data fra professor Jørgen Dejgård Jensen ved Københavns Universitets Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi. Jørgen Dejgård Jensen har forsket meget på dette område og bruger en 'massebalance metode' til at estimere de

sandsynlige mængder af madaffald inkl. madspild ved at analysere forskellen mellem råvareinput og produktionsoutput i den danske fødevareindustri. (22)

At beregne den potentielle miljømæssige og økonomiske påvirkning ved upcycling af individuelle sidestrømme er også en udfordring, da disse prognoser kan afhænge af andre variabler såsom alternative metoder til bortskaffelse, udvindingsmetoder og det miljømæssige fodaftryk af det potentielle nye, upcycledede produkt. Vi har derfor brugt ChatGPT til at give en ide om den potentielle økonomiske værdi ved at upcycle sidestrømme, men anerkender også at disse udregninger kan have varierende præcision. Der kan også være forskelle i volumen og næringsindhold mellem det tørre og våde stof i sidestrømme, som vi har gjort vores bedste for at tage højde for.

Med så mange variabler på spil, anerkender vi, at der kan være andre måder at beregne disse tal på, og denne rapport er udarbejdet med fuld gennemsigtighed med hensyn til metoder, tal og estimeringer. Vi håber, at andre vil bygge videre på (og potentielt endda korrigere) disse data

med adgang til øget viden og information; På trods af de forbehold, er det dog vores forhåbning, at denne rapport giver en generel idé om mængderne og mulighederne for upcycling af sidestrømme i Danmark.

ONE THIRD

**SIDESTRØMME MED
STORE MULIGHEDER
I DANSK FØDEVARE-
INDUSTRI**



TOP 13 DANSKE SIDESTRØMME

Dette inspirationskatalog identificerer 13 sidestrømme fra dansk fødevarerproduktion med et stort potentiale, men som i dag bliver mere eller mindre overset.

Disse sidestrømme har generelt høj volumen og høj potentiel værdi:

- Pressekage fra oliefrø
- Mask (BSG)
- Kartoffler
- Sukkerroer
- Frugt og grøntsager: Æble/pære
- Korn: Hvedeklid
- Animalske biprodukter
- Fisk og skaldyr
- Æggeskaller
- Mejeri
- Kaffegrums
- Brød
- Spildevand

ONE THIRD

**UPCYCLING AF RAPSOLIE PRESSEKAGE
I DANMARK KUNNE GIVE**

**PROTEIN NOK TIL
ALLE VOKSNE
DANSKERE I
NÆSTEN 2,5 ÅR**

(23)

PRESSEKAGE FRA OLIEFRØ: RAPSFRØ

En sidestrøm fra produktionen af olie, det, der er kendt som 'pressekage', repræsenterer potentielt 'den største proteinkilde i Europa' og sendes normalt til dyrefoder. ⁽²⁴⁾ Proteiner fra oliefrø betragtes som et værdifuldt alternativ til animalske proteiner, og Danmark producerer en stor mængde, hovedsagelig fra produktion af rapsolie. ⁽²⁵⁾

Estimeret volumen om året i DK: 533.500 tons ⁽²⁶⁾

Værdifuldt indhold: Protein (30-45%) ⁽²⁷⁾, fibre (30%) ⁽²⁸⁾

Med omkring 2 kilo pressekage produceret for hvert kilo olie, er dette en enorm mængde protein og fibre, som potentielt kunne genbruges. Rapsolie pressekage er dog ikke certificeret til menneskeføde i EU, men denne lovgivning overvejes i øjeblikket under Novel Food Act. ⁽²⁹⁾

Upcycling af rapsolie pressekage kunne give nok protein til at brødføde 8-13 millioner voksne i et år eller opfylde fiberbehovet hos cirka 14,5 millioner mennesker. ⁽³⁰⁾



30-45%

protein i rapsolie pressekage, hvilket er højere end proteinindholdet i kylling ⁽³¹⁾ ⁽³²⁾

ONE THIRD

**CO₂-UDLEDNINGEN FRA
DANSKPRODUCERET RAPSOLIE
PRESSEKAGE VILLE SVARE TIL**

**OVER 4 MILLIONER ✈️
FLYVNINGER FRA
KØBENHAVN TIL
PARIS HVERT ÅR***

*baseret på CO₂-udledning pr. kg fra norsk pressekage

INSPIRERENDE EKSEMPLER

- NapiFeryn Biotech i Polen har en proces til at opgradere rapsolie pressekage til protein- og protein/fiber pulver som funktionelle fødevareingredienser i bageri, konditori og som køderstatninger
- Lehnsgaard Oil Mill på Bornholm er klar til at begynde at bruge deres rapsolie pressekage til fødevarer, når pressekagen bliver Novel Food godkendt
- Københavns Universitet har flere innovation cases med rapsolie pressekage, der snart kan offentliggøres
- Planetarians i USA laver chips af solsikkeolie pressekage

Den estimerede økonomiske effekt af upcycling af 533.500 tons rapsolie pressekage til fødevarer årligt i Danmark er cirka 313,4 millioner USD. Dette skøn inkluderer markedsværdi, omkostningsbesparelser fra affaldshåndtering og yderligere økonomiske bidrag. (ChatGPT)

ONE THIRD

**UPCYCLING AF DEN ÅRLIGE
PRODUKTION AF MASK I DANMARK
KUNNE LEVERE MERE END**

**NOK FIBRE TIL
NÆSTEN 1,5X AF
ALLE VOKSNE
DANSKERE ⁽³⁴⁾**

MASK

Mask eller Brewer's Spent Grain (BSG) er en sidestrøm (normalt byg) fra bryggeriindustrien, som indeholder op til 30% protein og 70% fiber. (35) (36) Mask har vidtrækkende anvendelsesmuligheder på grund af dens ernæringsmæssige profil, men bruges normalt som fiberrigt og proteinrigt dyrefoder.

Estimeret volumen pr. år i DK: 124.000 tons (37)

Værdifuldt indhold: Protein, fiber, bioaktive ingredienser, mineraler, antioxidanter

Mask kan upcycles til fødevarer som bagværk, pasta, snacks, funktionelle fødevarer og nutraceuticals. (38) (39) Mask udforskes i forhold til anvendelse som bionedbrydelige materialer og emballage og dets bioaktive forbindelser, som f.eks. phenoler, har antioxidative og anti-inflammatoriske fordele. (40) (41)

Den potentielle økonomiske effekt af upcycling af 124.000 tons mask til fødevarer i Danmark er årligt cirka 50,92 millioner USD. Dette estimat inkluderer markedsværdien af de genbrugte produkter, omkostningsbesparelser fra affaldshåndtering og yderligere økonomiske bidrag. (ChatGPT)

Upcycling af mask i Danmark kunne give nok protein til over

2 mio. voksne

hvert år. (42)

Mere end 19 virksomheder og 125 produkter er allerede på markedet med løsninger der indeholder upcyclet mask, og efterspørgslen efter tørret mask forventes at være 24 milliarder USD værd ved udgangen af 2033. (43) Som en stor volumen sidestrøm med højt fiber- og proteinindhold, har mask et stort potentiale til at hjælpe med at forhindre fejlnæring globalt.

INSPIRERENDE EKSEMPLER

- Agrain i Danmark og Upcycled Foods Inc. i USA upcycler mask til ernæringsrigt mel
- TetraPak i Sverige bruger en proces til at omdanne mask til en flydende ingrediens til plantebaserede drikke
- Secontaste i Ungarn bruger mask til at lave granola
- Planetarians i USA laver et kødalternativ af gærrester fra bryggeriindustrien og sojabønne rester

Det anslås, at 20 % af masken i EU ender på lossepladsen.
(44)

Upcycling af blot 20 % af masken i Danmark vil hvert år kunne spare CO₂-emissioner svarende til at køre over

3000 

eller forbruge næsten 30.000 tønder olie. (45)

KARTOFLER

Kartoffelindustrien producerer, sammen med sukkerroeindustrien, en af de største mængder madaffald inkl. madspild i Danmark. (46) Langt de fleste danske kartofler (75%-90%) forarbejdes til stivelse. (47)

Sidestrømme: Skræller, frugtkød

Estimeret samlet volumen pr. år i DK: 98-125.000 tons (kun papirmasse fra stivelsesproduktion) (48)

Værdifuldt indhold: Protein, stivelse, kostfiber, pektin, emulgatorer

Kartoffelbiprodukter tilbyder værdifulde muligheder og alsidige anvendelser. Kartoffelskræller er rige på protein, fibre og phenolforbindelser og kan bruges i overtræk til fødevarer og til fremstilling af biopolymerfilm og bioethanol. (49) (50) De har også potentielle sundhedsmæssige fordele, herunder antiinflammatoriske, antioxidante, antibakterielle, antivirale, antidiabetiske og anti carcinogene virkninger. (51) Pektin fra kartoffelpulp har en bedre emulgerende kvalitet end kommerciel pektin og kan anvendes i såvel fødevarer som kosmetik og i farmaceutiske produkter. (52)

Op imod

42%

af den voksne del af den danske befolkning kunne få deres anbefalede daglige indtag af fibre ved at udnytte kartoffelmasse fra kartoffelstivelse hvert år. (53)

INSPIRERENDE EKSEMPLER

- Sav Food i Belgien upcycler kartoffelskræller til et spiseligt overtræk til mad, der ligner brødkrummer
- No Palm Ingredients i Holland bruger tabte fødevarer såsom kartoffelskræller til at skabe alternativer til værdifulde olier og fedtstoffer
- Matr Foods i Danmark producerer et populært kødalternativ af fermenterede kartofler og rødbeder

SUKKERROER

Sukkerroeproduktion har en af de største mængder vegetabiliske sidestrømme, der produceres i Europa ⁽⁵⁴⁾ og som for det meste sendes til dyrefoder. ⁽⁵⁵⁾

Sidestrømme: Pulp, melasse, blade, toppe

Estimeret volumen pr. år i DK: 172-381.000 tons ⁽⁵⁶⁾

Værdifulde komponenter: Kostfibre, pektin, polyfenoler

Sukkerroesidestrømmene indeholder høje niveauer af antioxidanter og har præbiotiske kvaliteter, hvilket gør dem til værdifulde ingredienser til funktionelle fødevarer, nutraceuticals og fibertilskud, som er naturligt glutenfri. ⁽⁵⁷⁾ ⁽⁵⁸⁾ Melasse kan også genanvendes til fremstilling af sødestoffer, alkohol, eddike og til forbedring af yoghurts egenskaber. ⁽⁵⁹⁾ ⁽⁶⁰⁾ ⁽⁶¹⁾

Op imod

4X

Danmarks befolkning kunne få deres anbefalede daglige indtagelse af fibre, eller næsten 1,4 mio. mennesker kunne få deres protein i et år ved at genbruge sukkerroesidestrømme*

*eksklusiv melasse. ⁽⁶²⁾



INSPIRERENDE EKSEMPLER

- Sasma i Holland bruger sukkerroemelasse til at lave alkohol
- Fibrex er et glutenfrit kostfiberprodukt fra Sverige lavet af sukkerroesidestrømme

Den potentielle økonomiske effekt af upcycling af mellem 172.275 og 381.000 tons sukkerroesidestrømme til konsumprodukter årligt i Danmark vil være mellem cirka \$59 millioner og \$125 millioner USD. Dette estimat inkluderer markedsværdien af de genbrugte produkter, omkostningsbesparelser fra affaldshåndtering og yderligere økonomiske bidrag. (ChatGPT)





ONE THIRD

**UPCYCLING AF ÆBLE- OG
PÆRESIDESTRØMME I DANMARK
KUNNE LEVERE**

**NOK FIBRE TIL
MERE END 300.000
DANSKERE HVERT**

ÅR (63)

FRUGT OG GRØNTSAGER: ÆBLE/PÆRE

Næsten halvdelen af alle frugter og grøntsager, der produceres, går til spilde ⁽⁶⁴⁾, og denne sektor repræsenterer et stort potentiale for upcycling. Vi har fokuseret på æble- og pærerester, men andre sidestrømme med høje muligheder omfatter agurk, gulerod, tomat, løg, rødbeder, citrusfrugter, banan og avocado.

Sidestrømme: Presserester fra juiceproduktion

Estimeret volumen om året i DK: 4.300 tons (kun æble- og pærerester) ⁽⁶⁵⁾

Værdifuldt indhold: Kostfibre, polyfenoler, pektin

Æblekerner indeholder bioaktive forbindelser med kardiobeskyttende, antidiabetiske, anticancer-, antioxidant- og antimikrobielle egenskaber. De indeholder også pektin og kan bruges som gelerings- eller fortykningsmiddel, til berigelse af bagværk, til at skabe smags- og aromaforbindelser, i te, til fremstilling af cider med lavt alkoholindhold (ciderkin) eller som sødemiddel. ⁽⁶⁶⁾⁽⁶⁷⁾



INSPIRERENDE EKSEMPLER

- Greenfield i Polen laver kostfiberpulver af æblepresserester
- Rind i USA laver snacks af spildte frugter og grøntsager
- Kromkommer i Holland laver suppe af grøntsagsspild

Upcycling af 4,300 tons æble- og pærerester til fødevarer kunne generere omkring €12.9 millioner, med endnu større potentiale hvis de upcycles til højværdi produkter (ChatGPT)



KORN: HVEDEKLID

Det meste korn i Danmark dyrkes for at fodre dyr, og de fleste sidestrømme fra kornindustrien sendes også til dyrefoder. (68) Den største sidestrøm fra kornindustrien i Danmark er hvedeklid; et værdifuldt og nærende biprodukt. (69)

Sidestrømme: Klid, kim, halm

Estimeret samlet volumen pr. år i DK: 104.000 tons (kun hvedeklid) (70)

Værdifuldt indhold: Protein, kostfiber, beta-glukaner

Hvedeklid har et højt fiber-, protein- og mineralindhold og kan opgraderes til flere højværdiprodukter og anvendelser; herunder kostfibertilskud, fødevareberigelse og som ingrediens i bagning. Der forskes også i brugen af klid til at skabe bionedbrydelig plast til miljøvenlig emballage. (71)

Upcycling af dansk hvedeklid kan levere fibre til 93% af den danske befolkning eller protein til over 900.000 voksne årligt.

Upcycling Danish wheat bran could provide up to

93%

of the Danish population with fibre or over 900k adults with protein every year (72)

INSPIRERENDE EKSEMPLER

- Det schweiziske start-up Kly bruger fermentering til at opgradere hvedeklid til et funktionelt mel
- Change ingredients i Italien upcycler hvedesidestrømme til hvedefibre og hvedekimolie til brug i bagværk, pasta, snacks, krydderier og drikkevarer



ANIMALSKE BIPRODUKTER

Danmark har et betydeligt markedspotentiale for at indsamle, håndtere og udnytte store mængder animalske biprodukter på grund af landets lille størrelse, store mængder og koncentreret marked (73). Det er vanskeligt at fastslå de nuværende anvendelser af disse sidestrømme, men det er sandsynligt, at der er stor mulighed for upcycling af værdifulde næringsstoffer.

Sidestrøm: Blod, knogler, indmad, hud, talg mm

Estimeret samlet volumen pr. år i DK: 500.000 tons (74)

Værdifuldt indhold: Protein, jern, gelatine, kollagen

Den danske svinekødsindustri producerer 60.000 tons svineblod, som primært bruges til dyrefoder.

Svineblodprotein giver højere næringsværdi end plante- eller mejeribaseret protein, og denne mængde kan forarbejdes til 5000 tons rent neutralt smagende proteinpulver til fødevarerindustrien (75) (76), der giver nok protein til næsten 300.000 voksne hvert år. (77)



Over 93K

voksne danskere kunne få deres anbefalede daglige indtag af kalorier fra upcycled oksetalg (78)

Animalske biprodukter har ofte et højt indhold af protein og er værdifulde til mange fødevarer- og farmaceutiske anvendelser. Animalske biprodukter kan bruges til at producere bioaktive peptider til funktionelle fødevarer, som er i høj efterspørgsel og kan give sundhedsmæssige fordele som antihypertensive, antioxidanter og antimikrobielle effekter. Animalske biprodukter har også tekniske anvendelser, såsom skumning og emulgering, hvilket gør dem velegnede som fødevarer ingredienser. Afpuds kan også bruges i forarbejdet kød. (79) (80)

INSPIRERENDE EKSEMPLER

- Essentia i Danmark udvinder protein fra animalske biprodukter såsom blod til brug i fødevarer
- Reduced i Danmark producerer fond på udtjente, æglæggende høns.
- Norilia i Norge producerer proteiner, calcium, kollagen og olier fra ABP'er og æggeskaller
- Gelita i Tyskland bruger animalske biprodukter til at udvinde kollagen, peptider og gelatine
- Superground i Finland laver mel på kyllingebein til brug i fødevarerindustrien
- Københavns Universitet har udviklet et neutralt smagende proteinpulver fra svineblod

Den potentielle økonomiske effekt af at upcycle 60.000 tons svineblod til højværdiprodukter som kosttilskud årligt i Danmark er cirka 105,5 millioner USD. Dette skøn inkluderer markedsværdien af de højværdiprodukter, omkostningsbesparelser fra affaldshåndtering og yderligere økonomiske bidrag fra jobskabelse og øget økonomisk aktivitet. (ChatGPT)



ONE THIRD

UPCYCLING AF SIDESTRØMME FRA
FISKERIPRODUKTIONEN* KUNNE GIVE

NOK PROTEIN TIL
OVER 2,8 MIO
VOKSNE HVERT ÅR

(81)

*fra dansk industri i øjeblikket sendt til fiskefoder

FISK OG SKALDYR

Kun 30-60% af en fisk udnyttes generelt, mens resten går til affald/spilde eller bruges som fiskemel ⁽⁸²⁾. Dette betyder, at meget værdifuldt indhold i øjeblikket bliver alvorligt underudnyttet og kan upcycles til konsum.

Sidestrømme: Hud, knogler, afpuds, skæl, indvolde, olier, blod, rogn, skaller

Estimeret samlet volumen pr. år i DK: 150.000 tons ⁽⁸³⁾

Værdifuldt indhold: Gelatine, kollagen, protein, omega 3, mineraler, enzymer, olie, fedtsyrer, kitin

Fiskesidestrømme tilbyder mange værdifulde anvendelser på tværs af flere industrier, herunder kosttilskud og kosmetik. Marine sidestrømme kan skabe spiselige overtræk til at forlænge fødevarers holdbarhed; fiskeben kan males til mel til brug i fødevareprodukter; resterende kød kan genvindes fra knogler for at lave fars, mens fiskekollagen kan bruges til fødevarer og farmaceutiske formål. Marine proteiner og peptider har bioaktive funktioner, såvel som antimikrobielle, antioxidative, antihypertensive og antihyperglykæmiske egenskaber. ⁽⁸⁴⁾⁽⁸⁵⁾



48%

af den danske befolkning kunne få deres anbefalede daglige indtag af protein dækket ved upcycling af fiskeaffald inkl. spild. ⁽⁸⁶⁾



ONE THIRD

**MARKEDET FOR KOLLAGEN OG
GELATINE VOKSER, MED EN**

ANSLÅET VÆRDI PÅ

\$1,6 MIA (USD)

INDEN 2028. (87)

INSPIRERENDE EKSEMPLER

- Superground i Finland producerer en mel-ingredients ud af fiskeaffald og fiskespild (bland andet fiskeben) til brug i fødevareindustrien
- Hailia i Finland upcykler lavværdi fiskesidestrømme til fisk og skaldyrprodukter
- Fisk Seafood i Island producerer proteiner og kosttilskud fra fiskesidestrømme samt læder lavet på fiskeskind
- Axfoundation i Sverige laver fiskeburgere af silderygkød
- Collab i Island producerer en funktionel energidrik med tilsat fiskekollagen
- Polar Seafood i Grønland bruger 90 % af sin hellefisk ved at sælge dele til de asiatiske markeder, mens Codland i Island sigter mod at bruge 100 % af torsken gennem udvinding af olie, kollagen og mineraler
- Biomega i Norge producerer peptider og olie på laksesidestrømme

Den potentielle økonomiske effekt af at upcycle 150.000 tons fiskesidestrømme til højværdi proteinprodukter årligt i Danmark er cirka 331,5 millioner USD. Dette skøn omfatter markedsværdien af de højværdi proteinprodukter, omkostningsbesparelser ved affaldshåndtering og yderligere økonomiske bidrag fra jobskabelse og øget økonomisk aktivitet. (ChatGPT)



ÆGGESKALLER

Æggeskaller bruges i dag som gødning, men indeholder værdifulde ingredienser, der kan udvindes og genbruges i fødevarer. ⁽⁸⁸⁾⁽⁸⁹⁾

Sidestrømme: Æggeskal, æggeskalsmembran

Estimeret samlet volumen pr. år i DK: C. 2100 tons ⁽⁹⁰⁾

Værdifuldt indhold: Kollagen, calcium, peptider

Æggeskaller kan bruges som en værdifuld ingrediens til nutraceuticals, kosttilskud og fødevareberigelse. De er kilde til calcium eller vegetarisk kollagen. ⁽⁹¹⁾⁽⁹²⁾

Æggeskalsmembranen har en rig sammensætning af næringsstoffer, og forskning viser, at den også kan gavne led, muskler og endda sårheling. ⁽⁹³⁾

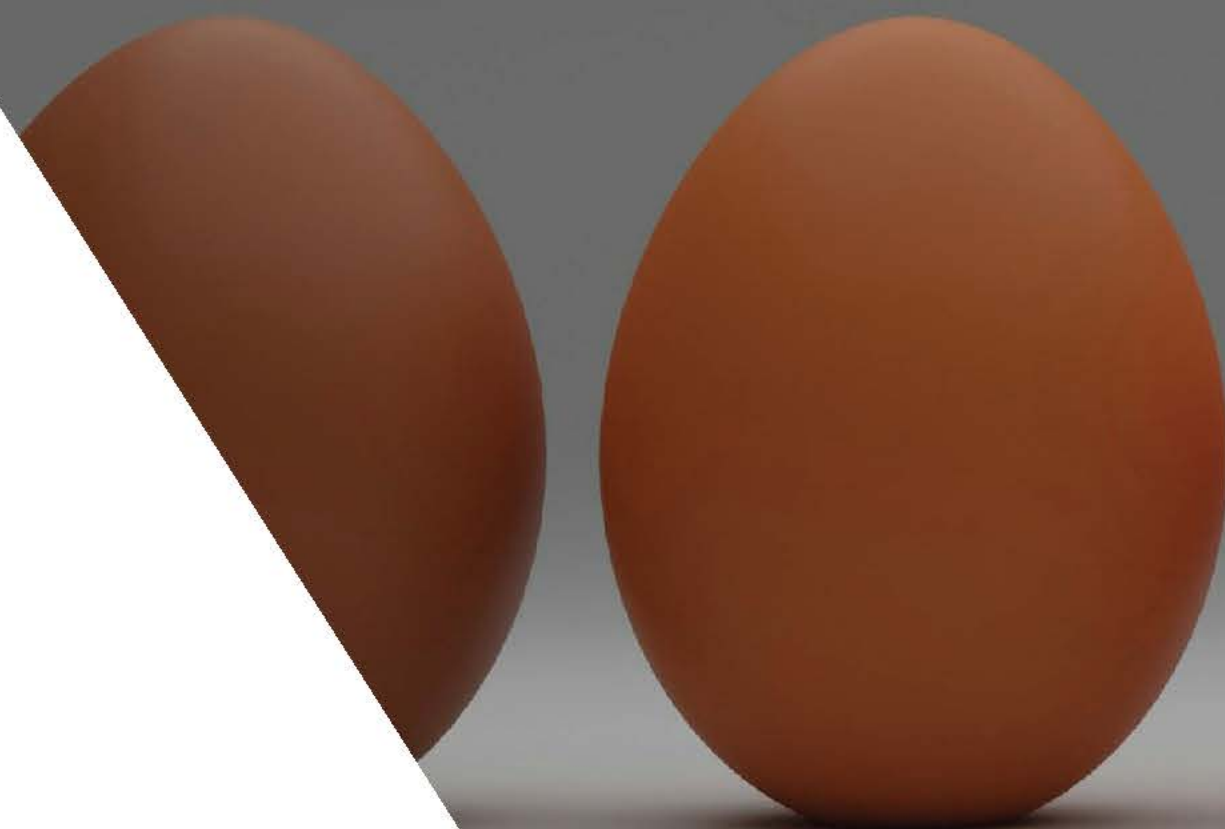
Upcycling af æggeskaller fra den årlige danske produktion kunne give nok calcium til

over 2 mio.

mennesker. ⁽⁹⁴⁾

INSPIRERENDE EKSEMPLER

- Netzro i USA upcycler calcium og kollagen fra æggeskaller til konsum
- Eggnovo i Spanien producerer nutraceutiske ingredienser såsom vegetarisk kollagen og calcium fra æggeskaller
- Eggbrane i Holland omdanner æggeskalsmembraner til proteinpulver, der kan bruges i fødevarer, drikkevarer og kosttilskud
- EggTech i USA upcykler æggeskaller til et lettere absorberet calcium med større biotilgængelighed til mad, drikkevarer, kosttilskud og naturlige sundhedsprodukter



MEJERI

Valle blev tidligere betragtet som en sidestrøm eller et affalds- eller spildprodukt, men har nu udviklet sig til sit eget højværdimarked for blandt andet proteinshakes og kosttilskud. Valle er derfor et glimrende eksempel på, at en sidestrøm kan blive omdannet til et værdiskabende produkt med et hurtigt voksende marked, som nogle gange overgår værdien af det originale produkt. Som følge heraf ses valle ikke længere som et underudnyttet affalds eller spildprodukt, men som en succeshistorie inden for upcycling. ⁽⁹⁵⁾ Mejeriindustrien har dog stadig store mængder ubrugte rester, som potentielt kan indeholde værdifulde elementer og bruges til fødevarer, og som kunne fortjene yderligere undersøgelse. ⁽⁹⁶⁾

Sidestrøm: Valle, kærnemælk, vand fra produktion
Estimeret samlet volumen pr. år i DK: 249.000 tons (rester undtagen valle) ⁽⁹⁷⁾
Værdifuldt indhold Proteiner, kulhydrater, peptider, aminosyrer

Mejeribiprodukter har høj næringsværdi og kan bruges til udvikling af mejeriprodukter og andre fødevarer. ⁽⁹⁸⁾

Op til

250K

tons mejerisidestrømme i Danmark er stadig potentielt underudnyttet. ⁽⁹⁹⁾

ONE THIRD

UPCYCLING AF KAFFEGRUMS* I
DANMARK KUNNE SPARE LANDET FOR
EN CO₂-UDLEDNING
SVARENDE TIL
NÆSTEN 15.000 
BILER HVERT ÅR (100)

*baseret på den mængde kaffegrums der bliver sendt til losseplads.

KAFFEGRUMS

Vi får kun 1 % af kaffebønnens næringsstoffer ved at lave en kop kaffe, hvilket betyder, at 99 % af næringsværdien efterlades i det brugte grums og går til spilde. ⁽¹⁰¹⁾ Den gennemsnitlige dansker drikker ca. 8,7 kg kaffe om året ⁽¹⁰²⁾, hvilket gør kaffegrums til en sidestrøm med høj volumen og store muligheder i Danmark.

Estimeret samlet volumen pr. år i DK: 100.920 tons ⁽¹⁰³⁾

Værdifuldt indhold: Protein, fiber, antioxidanter, polyfenoler, fedtsyrer

Kaffegrums indeholder vigtige bioaktive forbindelser, herunder antioxidative og anti-inflammatoriske egenskaber. Kaffegrums har forskellige anvendelser, herunder brug som ingredienser i mel, nutraceuticals, bagværk, funktionelle fødevarer og drikkevarer og kosmetik. ⁽¹⁰⁴⁾⁽¹⁰⁵⁾

Ved at upcycle kaffegrums i Danmark hvert år, kunne mere end hele den voksne danske befolkning få deres anbefalede daglige tilførsel af fibre og spare, hvad der svarer til næsten 650.000 flyrejser fra København til Paris i CO₂-udslip (baseret på den mængde kaffegrums der bliver sendt til losseplads). ⁽¹⁰⁶⁾



99%

af kaffens næringsindhold er generelt spildt. ⁽¹⁰⁷⁾

INSPIRERENDE EKSEMPLER

- Kaffe Bueno i Danmark bruger kaffegrums til at producere glutenfri, fedtfattig og koffeinfri fiber, som er rig på proteiner
- Secontaste i Ungarn bruger kaffegrums som en ingrediens i granola sammen med mask
- Connecting Grounds i Danmark bruger kaffegrums til at producere en multifunktionel fødevareingrediens til snack- og konfekturprodukter samt restauranter
- Rotterzwam i Holland bruger kaffegrums som et substrat til dyrkning af svampe





ONE THIRD

**UPCYCLING AF BRØDAFFALD INKL.
SPILD PÅ PRODUKTIONSSTADIET KAN
LEVERE DET ANBEFALEDE DAGLIGE**

**INDTAG AF FIBRE TIL
NÆSTEN 13 TUSIND
VOKSNE
(114)**

BRØD

Næsten 700 g brød per person indtages dagligt i Danmark. (108) 40-50 % af brødet går til spilde i detail- og forbrugerstadiet, men der er også betydeligt affald inkl. spild til rådighed, som kan genbruges fra industrien (109)

Sidestrømme: Overskudsbrød, affald, spild, defekter
Estimeret samlet volumen pr. år i DK: 2.880-5.820 tons (kun produktionstrin) (110)
Værdifuldt indhold: Fibre

Brødaffald inkl. spild eller overskudsbrød er en god kilde til fermenterbart sukker og kan bruges til at producere øl, spiritus og andre gærede produkter såsom garum. Det kan bruges som smagsforstærker, til fremstilling af glukosesirup og bioethanol. (111) Det er endda muligt at skabe et cirkulært system, hvor brødaffald inkl. spild eller overskudsbrød omdannes til øl og spiritus, derefter fermenteres og potentielt returneres igen til brødproduktions cyklussen. (112)

Op til

50%

af alt brød går til spilde i detail- og forbrugerleddet. (113)

Blot brødaffaldet inkl. spild fra industrien, der udgør ca. 1-2% af det samlede brødaffald, kan spare, det der svarer til CO₂-emissioner fra op til 2.770 biler i et helt år og give det daglige anbefalede indtag af fiber til næsten 13.000 mennesker. (114)



INSPIRERENDE EKSEMPLER

- Wasted i Danmark laver pasta af overskudsbrød
- Toast i Storbritannien og Brøl i Danmark bruger overskudsbrød til at lave øl
- Misadventure i USA bruger overskydende bagværk til at lave vodka
- Food Remade i Danmark upcykler rester af brød til skræddersyede krumme- og melblandinger og fødevarer ingredienser
- No Waste Republic i Belgien omdanner overskydende brød til øl og rasp



ONE THIRD

HVERT ÅR GENERERES DER ANSLÅET

**8 MIO TON
SPILDEVAND FRA
OLIVENOLIE-
MØLLER PÅ
VERDENSPLAN (119)**

SPILDEVAND

Fødevareforarbejdningssektoren er en af verdens største forbrugere af drikkevand. ⁽¹¹⁵⁾ Spildevand er en overset sidestrøm med en høj volumen: Det kræver 2500 liter vand at producere blot én persons daglige fødevareforbrug. ⁽¹¹⁶⁾ Disse store mængder spildevand fra fødevareforarbejdning kan forårsage alvorlige miljøproblemer, hvis de ikke behandles korrekt, hvilket ofte er en omkostningsfuld og kompliceret proces. ⁽¹¹⁷⁾ Den danske fødevareindustri har reduceret sit vandforbrug som følge af høje omkostninger på vandforbrug og bortskaffelse ⁽¹¹⁸⁾; men der kunne gøres mere for at genvinde og genbruge værdifulde næringsstoffer, der ofte findes i spildevandet fra fødevareforarbejdning.

Værdifuldt indhold: Stivelse, protein, sukker, pektin, vitaminer, phenoliske og bioaktive forbindelser

Nogle eksempler på industrier, hvor spildevand kunne udnyttes og genbruges, er: kartofler, frugt og grøntsager, fisk, kød, mejeriprodukter, vin, soja og spiseolie.

Det kræver

2500L

vand at producere én persons daglige fødeindtag. ⁽¹²³⁾

For eksempel:

- Kartoffelspildevand kan behandles til at udvinde stivelse og betydelige mængder kartoffelprotein, som har et stort potentiale til brug i fødevarer og sundhedspleje. (120)
- Spildevand fra frugt- og grøntsagsforarbejdning indeholder vitaminer og værdifulde kulhydrater, herunder stivelse, pektin og sukker. (121)
- Spildevand fra spiseolieindustrien kan udnyttes til at genvinde kulhydrater og phenolforbindelser, som kan have antimikrobielle, antioxidant-, anti-cancer-, anti-allergiske og anti-hypertensionseffekter. Polyfenoler kan bruges som naturlige konserveringsmidler og tilsættes fødevarer som bagværk og kød. (122)

ONE THIRD

UPCYCLINGENS FREMTID

– NYE MODELLER UDVIKLES TIL AT ØGE UPCYCLING AF SIDESTRØMME

NYE MODELLER KOMMER TIL

Certificering af upcycling i USA

Tilstedeværelsen af en standard for upcycledede produkter i USA giver pålidelighed, forsyningskæde bæredygtighed og kvalitet samt øger forbrugernes bevidsthed: Vi har brug for noget lignende i EU, men intet er blevet godkendt endnu.

Finansielle modeller

For at undgå udfordringer ved at være afhængig af en anden virksomheds sidestrøm, er det muligt at skabe modeller af fælles interesse mellem leverandøren og sidestream-brugeren. For eksempel; i tilfældet med den upcycledede drik Lillow er sidestrømsproducenten blevet medejer af virksomheden der upcycler, og det er derfor mindre sandsynligt, at de vil ændre deres opskrift eller afbryde leveringen.

Fællesskaber, der arbejder på at overvinde barrierer

Food Valley i Holland arbejder på at nedbryde barrierer for mere udbredt brug af upcycledede produkter i EU.

Side-stream subsidiaries

Store virksomheder laver nye afdelinger eller datterselskaber med det formål at opgradere eksisterende sidestrømme til nye værdiskabende produkter: virksomhederne ser, at upcycling og affaldsreduktion er i deres interesse. Som eksempler kan nævnes Arla fødevareingredienser, Farmfood A/S, Essentia (et datterselskab af BHI) og forretningsområder inden for DAKA. (124)

Tjenester, der matcher sidestrømme med potentielle producenter

Der udvikles nye modeller, som er skabt til at lette matchmaking af tilgængelige sidestrømme med interesserede parter eller nystartede virksomheder for at minimere madaffald inkl. madspild. Eksempler omfatter Sidestream i København og EIT Food Digital Marketplace for Side-streams. De Clique i Holland indsamler og distribuerer også brugt kaffegrums og appelsinskal til tredjeparter til udvinding af værdifulde forbindelser.

CIRKULÆRE SYSTEMER

Der skabes regionale cirkulære systemer baseret på bioøkonomien; hvor sidestrømme kan blive primære materialer for andre virksomheder, og affald inkl. spild reduceres dramatisk.

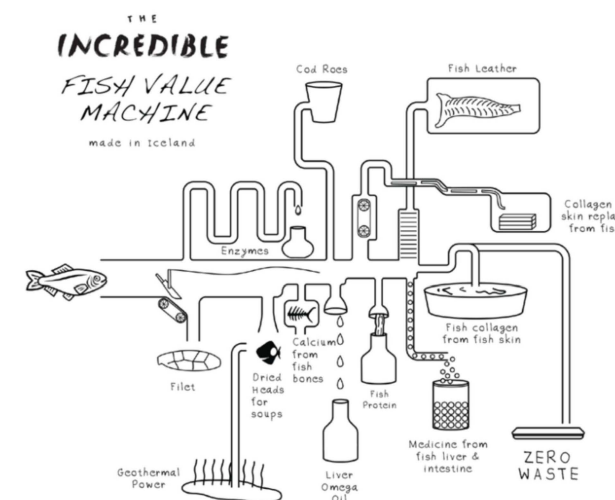
Island er generelt langt fremme og får over 30 % mere værdi fra hver torsk end gennemsnittet og bruger omkring 90 % af fiskene. På trods af at den årlige fangst er faldet med 45 % siden 1981 på grund af kvoter, er deres samlede eksportværdi steget med mere end 100 %. (125) (126)

1. Iceland Ocean Cluster er et fællesskab af mere end 90 virksomheder, som støtter og investerer i startups, der arbejder med underudnyttede marine ressourcer. Det omfatter virksomheder inden for akvakultur, fiskesalg, havteknologi, software, design, bioteknologi og kosmetik og bruger op til 90 % af sit fiskeaffald inkl. spild, men sigter efter 100 % udnyttelse.
2. Codland er en del af denne Iceland Ocean Cluster og er engageret i tværfagligt samarbejde mellem den akademiske verden og forskningsinstitutioner for at maksimere udnyttelsen. Codland var en drivkraft i oprettelsen af Marine Collagen Ltd.; den første nordiske producent af gelatine lavet af torskeskind. Ved at

udvinde gelatine og kollagen forudsiger de, at værdien af torskeskind vil stige med 300 % fra den nuværende lave værdi. Deres faciliteter ligger tæt på et eksisterende fisketørningsanlæg, hvilket gør det muligt at behandle næsten alle fiskeribiprodukter på ét sted og skabe et lukket kredsløb. (127) (128)

3. Store og små virksomheder i Island arbejder sammen om at behandle biprodukter mere effektivt og skabe stordriftsfordele med stort potentiale for fusioner. (129)

Digipolis i Finland er en geotermisk ressourcepark med cirkulære ressourcer som ingredienser, biprodukter og energi. (130)



“The Fish Value Machine” (Iceland Ocean Cluster)

KILDEHENVISNING

- (1) "Food Waste", European Commission, food.ec.europa.eu/safety/food-waste_en
- (2) "Food Waste", European Commission, food.ec.europa.eu/safety/food-waste_en and "A surprising solution for reducing our food waste", World Economic Forum, 8 May 2024, <https://www.weforum.org/agenda/2024/05/food-waste-reduction-solution/>
- (3) Aschemann-Witzel a, et al. "Defining Upcycled Food: The Dual Role of Upcycling in Reducing Food Loss and Waste", 10 Jan. 2023, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224423000018
- (4) "Denmark - Waste Prevention Country Profile", European Environment Agency (EEA), April 2023, www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-prevention/countries/2023-waste-prevention-country-fact-sheets/denmark_waste_prevention_2023
- (5) "Food Waste", European Commission, food.ec.europa.eu/safety/food-waste_en
- (6) Salvatore, et al. "Valorisation Potential and Challenges of Food Side Product Streams for Food Applications: A Review Using the Example of Switzerland". Zurich University of Applied Science, 8 Mar. 2024, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666833524000315
- (7) Wegener, et al. "Upcycling and Social Impact: Empowering Communities and Economies", Journal of Comparative Social Work, 12 Aug. 2023, www.researchgate.net/publication/326453746_Upcycling_-_a_new_perspective_on_waste_in_social_innovation
- (8) Wegener, Charlotte. "Upcycling", Aalborg Universitet, 1 Jan. 1970, vbn.aau.dk/en/publications/upcycling-2
- (9) Moshtaghian, Hanieh, et al. "Challenges for Upcycled Foods: Definition, Inclusion in the Food Waste Management Hierarchy and Public Acceptability", U.S. National Library of Medicine, 20 Nov. 2021, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8621107/
- (10) Eat Wasted, <https://eatwasted.com/>
- (11) Misadventure Vodka, <https://misadventure.co/>
- (12) Savfood, <https://www.savfood.org/>
- (14) Ranganathan, Janet, et al. "How to Sustainably Feed 10 Billion People by 2050, in 21 Charts." World Resources Institute, 5 Dec. 2018, www.wri.org/insights/how-sustainably-feed-10-billion-people-2050-21-charts
- (15) Ranganathan, Janet, et al. "How to Sustainably Feed 10 Billion People by 2050, in 21 Charts." World Resources Institute, 5 Dec. 2018, www.wri.org/insights/how-sustainably-feed-10-billion-people-2050-21-charts
- (16) "Upcycled Food Products Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report", Allied Market Research, March 2023, www.alliedmarketresearch.com/upcycled-food-products-market-A53592
- (17) "FOOD WASTE MEASUREMENT PRINCIPLES AND RESOURCES GUIDE", WRAP, January 2018, food.ec.europa.eu/system/files/2018-04/fw_lib_fwp-guide_food-waste-measurement_wrap-2018.pdf
- (18) "Novel Food", European Food Safety Authority, 18 July 2024, www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/novel-food#efsa-page-title
- (19) "Defining Upcycled Foods", Center for Health Law and Policy Innovation (CHLPI), Spring 2020, chlpi.org/wp-content/uploads/2013/12/Upcycled-Food_Definition.pdf

- (20) "REGULATION (EC) No 1069/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL", Official Journal of the European Union, 21 October 2009, eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:en:PDF
- (21) "Waste Framework Directive." European Commission, environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en
- (22) Jørgen Dejgård Jensen, Professor at Copenhagen University's Department of Food and Resource Economics
- (23) Own calculation - details available on request
- (24) Henrik Kai Hansen from Lehnsgaard Oil Mill, Bornholm
- (25) Mingxin Zhang a, et al. "Composition, Functional Properties, Health Benefits and Applications of Oilseed Proteins: A Systematic Review". Food Research International, 29 May 2023, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996923006063
- (26) Own calculation - details available on request
- (27) Department of Plant and Environmental Sciences. "Making Energy Bars from Rapeseed Side-streams", Copenhagen Plant Science Centre, 4 June 2024, <https://cpssc.ku.dk/news/making-energy-bars-from-rapeseed-side-streams/>
- (28) de La Cruz Padilla, Sergio. "Study of the Effects of the Operating Conditions of a Decanter Centrifuge on a Pilot-Scale Protein Recovery Setup from Cold-Pressed Rapeseed Press Cake", Lund University, 1 Jan. 1970, lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9121135.
- (29) Henrik Kai Hansen from Lehnsgaard Oil Mill, Bornholm
- (30) Own calculation - details available on request
- (31) Östbring, Karolina, et al. "Protein Recovery from Rapeseed Press Cake: Varietal and Processing Condition Effects on Yield, Emulsifying Capacity and Antioxidant Activity of the Protein Rich Extract". U.S. National Library of Medicine, 1 Dec. 2019, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6963604/
- (32) "Chicken, Breast, Boiled, Sliced", Frida Food Data, frida.fooddata.dk/food/754?lang%3Den&sa=D&source=docs&ust=1727108088059025&usg=AOvWaw2HKGOWhSB7mDVfddRvh6WZ
- (33) Own calculation - details available on request
- (34) Own calculation - details available on request
- (35) Yanhong He a, et al. "Wet Fractionation Process to Produce High Protein and High Fiber Products from Brewer's Spent Grain." Food and Bioprocess Processing, 25 July 2019, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308519301543
- (36) He, et al. "Protein Production from Brewer's Spent Grain via Wet Fractionation: Process Optimization and Techno-Economic Analysis." Food and Bioprocess Processing, 22 Jan. 2021, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308521000079
- (37) Own calculation - details available on request
- (38) Oyedele, et al. "Food-Based Uses of Brewers Spent Grains: Current Applications and Future Possibilities." Food Bioscience, 5 June 2023, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221242922300425X
- (39) Fărcaș, Anca. "Brewers' Spent Grain—A New Potential Ingredient for Functional Foods", December 2013, www.researchgate.net/publication/279199336_Brewers'_spent_grain-A_new_potential_ingredient_for_functional_foods
- (40) Qazanfarzadeh, Zeinab, et al. "Valorization of Brewer's Spent Grain for Sustainable Food Packaging." NASA/ADS, ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023JCPPro.38535726Q/abstract
- (41) Iadecola, Rosamaria, et al. "Optimization of Phenolic Compound Extraction from Brewers' Spent Grain Using Ultrasound Technologies Coupled with Response Surface Methodology." MDPI, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 11 Mar. 2022, www.mdpi.com/2071-1050/14/6/3309
- (42) Own calculation - details available on request

- (43) Nyhan, et al. "Brewers' Spent Grain: An Unprecedented Opportunity to Develop Sustainable Plant-Based Nutrition Ingredients Addressing Global Malnutrition Challenges", Journal of Agricultural and Food Chemistry, pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.3c02489
- (44) "Reuse of Beer Spent Grain for Bioplastics". LIFE Database, European Commission. webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE21-ENV-IT-LIFE-RESTART-101074314/reuse-of-beer-spent-grain-for-bioplastics
- (45) Own calculation - details available on request
- (46) "Kortlægning Af Madaffald I Primærproduktionen Samt Forarbejdnings- Og Fremstillingssektoren for 2022." Miljøstyrelsen, mst.dk/publikationer/2024/marts/kortlaegning-af-madaffald-i-primærproduktionen-samt-forarbejdnings-og-fremstillingssektoren-for-2022
- (47) Own calculation - details available on request
- (48) Own calculation - details available on request
- (49) Coimbra a, et al. "Edible Films Based on Potato and Quince Peels with Potential for the Preservation of Cured Cheese." Food Packaging and Shelf Life, 19 Sept. 2023, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214289423001539
- (50) Rodríguez-Martínez, et al. "Identification and Recovery of Valuable Bioactive Compounds from Potato Peels: A Comprehensive Review." Antioxidants (Basel), U.S. National Library of Medicine, 16 Oct. 2021, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8533085/
- (51) Sampaio, et al. "Potato Peels as Sources of Functional Compounds for the Food Industry: A Review." Trends in Food Science & Technology, 22 July 2020, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224420305446
- (52) Yang, et al. "Extraction, Structure, and Emulsifying Properties of Pectin from Potato Pulp." Food Chemistry, 12 Oct. 2017, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617316898
- (53) Own calculation - details available on request
- (54) Usmani, et al. "Valorization of Sugar Beet Pulp to Value-Added Products: A Review." Bioresource Technology, 16 Dec. 2021, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852421019222
- (55) Dalsgaard, et al. "Resource Efficiency in Practice: From Sugar Beet Waste to Fish Feed Ingredient ." National Institute of Aquatic ResourcesSection for Aquaculture, DTU Research Database, 2019, orbit.dtu.dk/en/projects/resource-efficiency-in-practice-from-sugar-beet-waste-to-fish-fee
- (56) Own calculation - details available on request
- (57) Prandi, Barbara, et al. "Pectin Oligosaccharides from Sugar Beet Pulp: Molecular Characterization and Potential Prebiotic Activity", The Royal Society of Chemistry, 22 Jan. 2018, pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/fo/c7fo01182b
- (58) "Sugar Beet Fibre: Physiological Effects & Clinical Studies." Nordic Sugar, Fibrex, mb.cision.com/Public/2058/9535469/a9160ff270d94d78.pdf
- (59) "Vinegar - an Overview", Biomedicine & Pharmacotherapy, 2017, www.sciencedirect.com/topics/pharmacology-toxicology-and-pharmaceutical-science/vinegar
- (60) Ouahid El Asri, et al. "The Potential of Molasses from Different Dietary Sources in Industrial Applications: A Source of Functional Compounds and Health Attributes, a Comprehensive Review". Food Bioscience, 16 Oct. 2023, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429223009148#sec5
- (61) Zhang, et al. "Decolorization of Molasses Alcohol Wastewater by Thermophilic Hydrolase with Practical Application Value", Bioresource Technology, 26 Dec. 2020, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852420318836
- (62) Own calculation - details available on request
- (63) Own calculation - details available on request
- (64) "Food Loss and Waste Facts", Food and Agriculture Organization (FAO), 2015, openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/82e4fdce-6cbb-4837-a615-e249e876acc1/content

- (65) Jørgen Dejgård Jensen, Professor at Copenhagen University's Department of Food and Resource Economics
- (66) Kumar, et al. "Apple (*Malus Domestica* Borkh.) Seed: A Review on Health Promoting Bioactivities and Its Application as Functional Food Ingredient", Food Bioscience, 1 Nov. 2022, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429222006150
- (67) "A Review of Opportunities to Recover Value from Apple and Pear Pomace", Fight Food Waste CRC, 2021, endfoodwaste.com.au/wp-content/uploads/2023/11/final-report.pdf
- (68) Jørgen Dejgård Jensen, Professor at Copenhagen University's Department of Food and Resource Economics
- (69) Jørgen Dejgård Jensen, Professor at Copenhagen University's Department of Food and Resource Economics
- (70) Jørgen Dejgård Jensen, Professor at Copenhagen University's Department of Food and Resource Economics
- (71) Alibekov, et al. "Advances in Biodegradable Food Packaging Using Wheat-Based Materials: Fabrications and Innovations, Applications, Potentials, and Challenges", Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 19 Sept. 2024, www.mdpi.com/2304-8158/13/18/2964
- (72) Own calculation - details available on request
- (73) Tanner, et al. "Meat Processing and Animal By-Products: Industrial Dynamics and Institutional Settings", From Waste to Value: Valorisation Pathways for Organic Waste Streams in Circular Bioeconomies, 2019, <https://orbit.dtu.dk/en/publications/meat-processing-and-animal-by-products-industrial-dynamics-and-in>
- (74) Tanner, et al. "Meat Processing and Animal By-Products: Industrial Dynamics and Institutional Settings." From Waste to Value: Valorisation Pathways for Organic Waste Streams in Circular Bioeconomies, DTU Library, 2019, backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/175447354/10.4324_9780429460289_7.pdf
- (75) Rene Lametsch, Associate Professor, Food Analytics and Biotechnology at University of Copenhagen
- (76) "60,000 Tons of Pig Blood Could Be a New Source of Sustainable Food", University of Copenhagen, 1 June 2022, food.ku.dk/english/news/2020/60000-tons-of-pig-blood-could-be-a-new-source-of-sustainable-food/
- (77) Own calculation - details available on request
- (78) Own calculation - details available on request
- (79) López-Pedrouso, et al. "A Review on Bioactive Peptides Derived from Meat and By-Products: Extraction Methods, Biological Activities, Applications and Limitations", Meat Science, 7 July 2023, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174023001845
- (80) Toldrá, et al. "Management of Meat By- and Co-Products for an Improved Meat Processing Sustainability", Meat Science, 16 June 2021, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174021001844
- (81) Own calculation - details available on request
- (82) Own calculation - details available on request
- (83) Anne Mette Bæk, Managing Director, Marine ingredients
- (84) Anna-Liisa, et al. "Fish and Fish Side-streams Are Valuable Sources of High-Value Components", Oxford University Press, Oup Academic, 30 Nov. 2019, academic.oup.com/fqs/article/3/4/209/5648225
- (85) Ilknur, et al. "Functional and Bioactive Properties of Peptides Derived from Marine Side-streams." MDPI, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 29 Jan. 2021, www.mdpi.com/1660-3397/19/2/71
- (86) Own calculation - details available on request
- (87) "Collagen and Gelatin Market Worth \$1.6 Billion by 2028", News Channel Nebraska, 11 Jan. 2024, central.newschannelnebraska.com/story/50321545/collagen-and-gelatin-market-worth-16-billion-by-2028

- (88) Lars H. Thomsen, Kvalitetschef, Danaeg
- (89) Niamh, Michail. "Unlocking the Benefits of Upcycled Eggshell Membrane", Vitafoods Insights, 19 Apr. 2023, www.vitafoodsinsights.com/research/unlocking-benefits-upcycled-eggshell-membrane
- (90) Lars H. Thomsen, Kvalitetschef, Danaeg
- (91) "Upcycle Food", NETZRO, SBC, 20 Dec. 2023, netzro.us/upcycle/
- (92) "Nutraceutical Ingredients from Eggshell Membrane", Eggново, 15 Mar. 2023, eggново.com/en/
- (93) Ruff, et al. "Eggshell Membrane: A Possible New Natural Therapeutic for Joint and Connective Tissue Disorders. Results from Two Open-Label Human Clinical Studies." Clinical Interventions in Aging, U.S. National Library of Medicine, 2009, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2697588/
- (94) Own calculation - details available on request
- (95) Paraskevi Tsermoula, et al. "Whey - the Waste-Stream That Became More Valuable than the Food Product", Trends in Food Science & Technology, 25 Aug. 2021, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421005124
- (96) Jørgen Dejgård Jensen, Professor at Copenhagen University's Department of Food and Resource Economics
- (97) Jørgen Dejgård Jensen, Professor at Copenhagen University's Department of Food and Resource Economics
- (98) Singh, et al. "Utilization of Dairy By-Products for Development of Dairy and Food Products." RECENT TECHNOLOGIES IN DAIRY SCIENCE, Apr. 2019, www.researchgate.net/publication/268234327_Dairy_Products_and_Health_Recent_Insights
- (99) Own calculation - details available on request
- (100) Own calculation - details available on request
- (101) Giulia Marchetti, CEO at Connecting Grounds
- (102) Giulia Marchetti, CEO at Connecting Grounds
- (103) Giulia Marchetti, CEO at Connecting Grounds
- (104) Bouhzam, Ibtissam, et al. "Extraction of Bioactive Compounds from Spent Coffee Grounds Using Ethanol and Acetone Aqueous Solutions." Foods (Basel, Switzerland), U.S. National Library of Medicine, 7 Dec. 2023, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10742567/
- (105) Bevilacqua, Elza, et al. "The Potential of Spent Coffee Grounds in Functional Food Development." Nutrients, U.S. National Library of Medicine, 16 Feb. 2023, www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9963703/
- (106) Own calculation - details available on request
- (107) Giulia Marchetti, CEO at Connecting Grounds
- (108) Mads Lunden Hermansen at Food People
- (109) Mads Lunden Hermansen at Food People
- (110) Own calculation - details available on request
- (111) Narisetty, et al. "Fermentative Production of 2,3-Butanediol Using Bread Waste – a Green Approach for Sustainable Management of Food Waste." Bioresource Technology, 26 May 2022, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852422007106
- (112) Mads Lunden Hermansen at Food People
- (113) Mads Lunden Hermansen at Food People
- (114) Own calculation - details available on request

- (115) Shrivastava a, et al. "Wastewater in the Food Industry: Treatment Technologies and Reuse Potential." Chemosphere, 8 Jan. 2022, www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004565352200042X
- (116) Nielsen, et al. "HOW TO SAVE AND RECYCLE WATER WITHOUT COMPROMISING PRODUCT QUALITY." Danish Water Forum, 2016, www.danishexport.dk/media/q1qfmoys/how-to-save-and-recycle-water-without-compromising-product-quality.pdf
- (117) Pervez, Md. Nahid, et al. "Sustainable Treatment of Food Industry Wastewater Using Membrane Technology: A Short Review." MDPI, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 5 Dec. 2021, www.mdpi.com/2073-4441/13/23/3450
- (118) Nielsen, et al. "HOW TO SAVE AND RECYCLE WATER WITHOUT COMPROMISING PRODUCT QUALITY." Danish Water Forum, 2016, www.danishexport.dk/media/q1qfmoys/how-to-save-and-recycle-water-without-compromising-product-quality.pdf
- (119) Atallah, et al. "Effect of Water-Sludge Ratio and Reaction Time on the Hydrothermal Carbonization of Olive Oil Mill Wastewater Treatment: Hydrochar Characterization." Journal of Water Process Engineering, 2 Apr. 2019, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714418308894
- (120) Li, et al. "Recovery and Purification of Potato Proteins from Potato Starch Wastewater by Hollow Fiber Separation Membrane Integrated Process." Innovative Food Science & Emerging Technologies, 13 May 2020, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146685642030326X#s0060
- (121) "Potato Wastewater Treatment", Disciplinas da USP, https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1898957/mod_folder/content/0/material%20para%20a%20elabora%C3%A7%C3%A3o%20de%20projetos/Potato%20Wastewater%20Treatment.pdf
- (122) Ahmad, et al. "Utilization of Wastewater from Edible Oil Industry, Turning Waste into Valuable Products: A Review." Trends in Food Science & Technology, 3 Mar. 2020, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224419308271?via%3Dihub#sec5
- (123) Nielsen, et al. "HOW TO SAVE AND RECYCLE WATER WITHOUT COMPROMISING PRODUCT QUALITY." Danish Water Forum, 2016, www.danishexport.dk/media/q1qfmoys/how-to-save-and-recycle-water-without-compromising-product-quality.pdf
- (124) Tanner, et al. "Meat Processing and Animal By-Products: Industrial Dynamics and Institutional Settings." From Waste to Value: Valorisation Pathways for Organic Waste Streams in Circular Bioeconomies, DTU Library, 2019, backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/175447354/10.4324_9780429460289_7.pdf
- (125) "From Energy Drinks to Skin Grafts: How Iceland Uses 90% of Its Fish Waste." Fast Company Middle East | The Future of Tech, Business and Innovation., 10 Aug. 2023, fastcompanyme.com/green-goals/from-energy-drinks-to-skin-grafts-how-iceland-uses-90-of-its-fish-waste/
- (126) Thor Sigfusson, Author and Founder of the Iceland Ocean Cluster
- (127) Nordic Bioeconomy: 25 Cases for Sustainable Change, Nordic Council of Ministers, 2023, norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1065456/FULLTEXT01.pdf
- (128) Thor Sigfusson, Author and Founder of the Iceland Ocean Cluster
- (129) Thor Sigfusson, Author and Founder of the Iceland Ocean Cluster
- (130) Nordic Bioeconomy: 25 Cases for Sustainable Change, Nordic Council of Ministers, 2023, norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1065456/FULLTEXT01.pdf