

L'ECONOMIA CIRCOLARE NELLA FILIERA BRASSICOLA

Mauro MORESI (mmoresi@unitus.it)

DIBAF – Università della TUSCIA

Venerdì CULTURALI FIDAF 2022, 23° CICLO
28 ottobre 2022



L'industria brassicola è stata per lungo tempo considerata *biocircolare* dato che la maggior parte dei residui biologici ritornavano nell'ecosistema sotto forma di mangime animale.

La contrazione del no. di aziende zootecniche in molte aree (ad es. Nord Europa) sta rendendo lo smaltimento delle trebbie esauste più complicato e costoso.

L'enfasi attorno ai concetti basilari dell'economia circolare come espressi da Stahel (2016: <https://doi.org/10.1038/531435a>), ossia **il riuso ed il riciclo** dei prodotti, ha innescato un interesse, a mio parere, eccessivo soprattutto perché non supportato da adeguate analisi di fattibilità tecnico-economica.

Questa comunicazione fornirà:

- i) Una sintesi delle caratteristiche del settore brassicolo in Italia;
- ii) Una descrizione del processo di birrificazione e dei suoi principali sottoprodotti.
- iii) Un breve richiamo ai concetti dell'economia lineare e circolare e alla piramide dei rifiuti.
- iv) Un'indicazione delle aree primarie di intervento dei concetti di EC nel settore brassicolo con rassegna delle problematiche di interesse.

PRODUZIONE NAZIONALE DI BIRRA 2021

17,64 mio. hL

(dati ASSOBIRRA Report 2021)

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | | | | | |
|---------------------------------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| Aziende Birrarie Brewing Companies | 000 hl | % |
| Heineken Italia Spa | 5.771,0 | 29,1 | 6.254,0 | 30,6 | 6.674,0 | 31,5 | 6.253,0 | 33,0 | 7.031,0 | 33,7 |
| Birra Peroni Srl | 3.699,0 | 18,7 | 3.827,0 | 18,7 | 3.822,0 | 18,0 | 3.377,0 | 17,9 | 3.610,0 | 17,3 |
| Anheuser Busch In.Bev Italia Spa | 1.852,0 | 9,3 | 1.911,0 | 9,3 | 1.954,0 | 9,2 | 1.611,0 | 8,5 | 1.978,0 | 9,5 |
| Carlsberg Italia Spa | 1.249,0 | 6,3 | 1.225,0 | 6,0 | 1.058,0 | 5,0 | 991,0 | 5,2 | 1.173,0 | 5,6 |
| Birra Castello Spa* | 1.125,0 | 5,7 | 1.059,0 | 5,2 | 1.068,0 | 5,0 | 1.103,0 | 5,8 | 1.148,0 | 5,5 |

MICROBIRRIFICI

657

BREW PUB

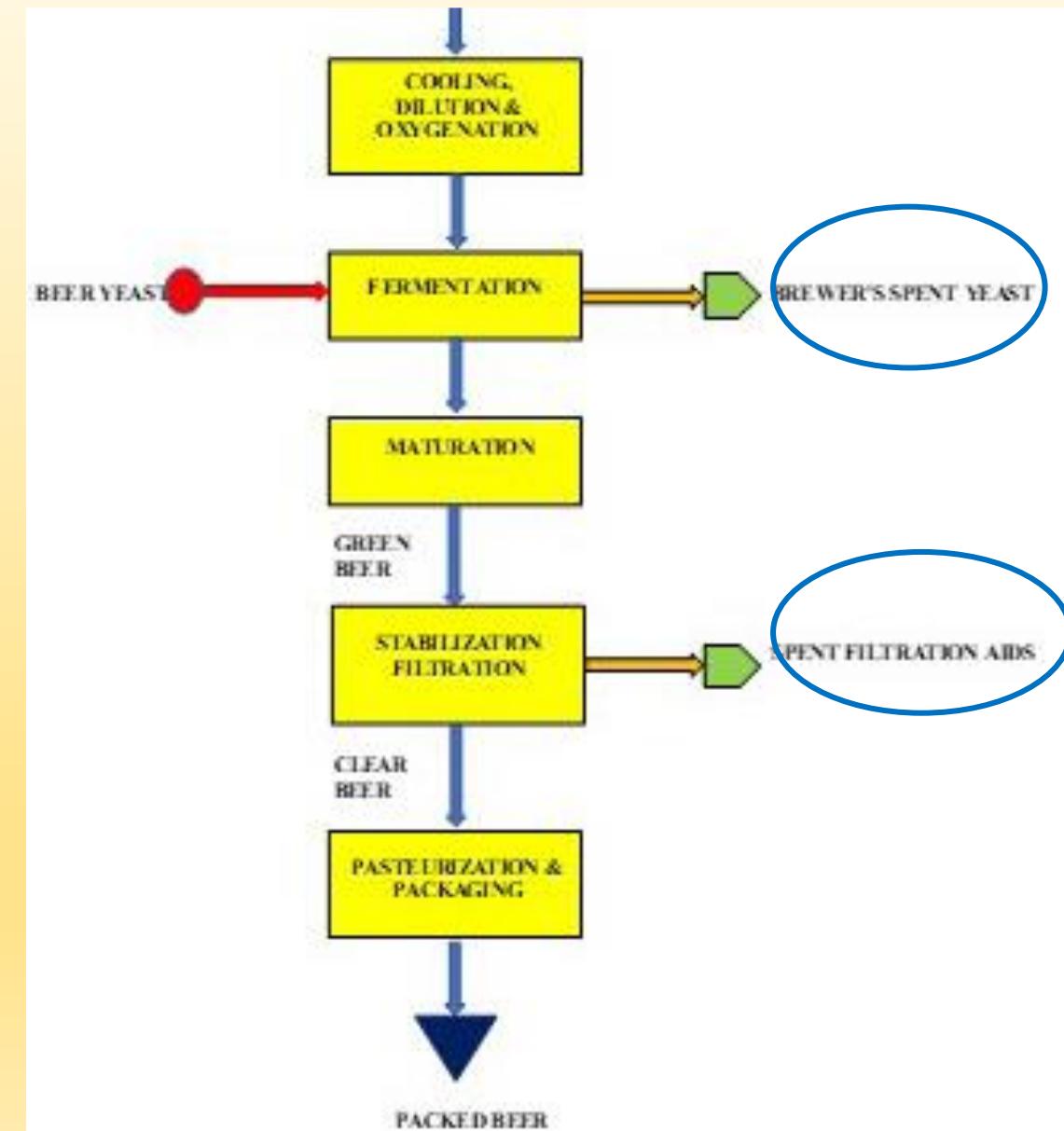
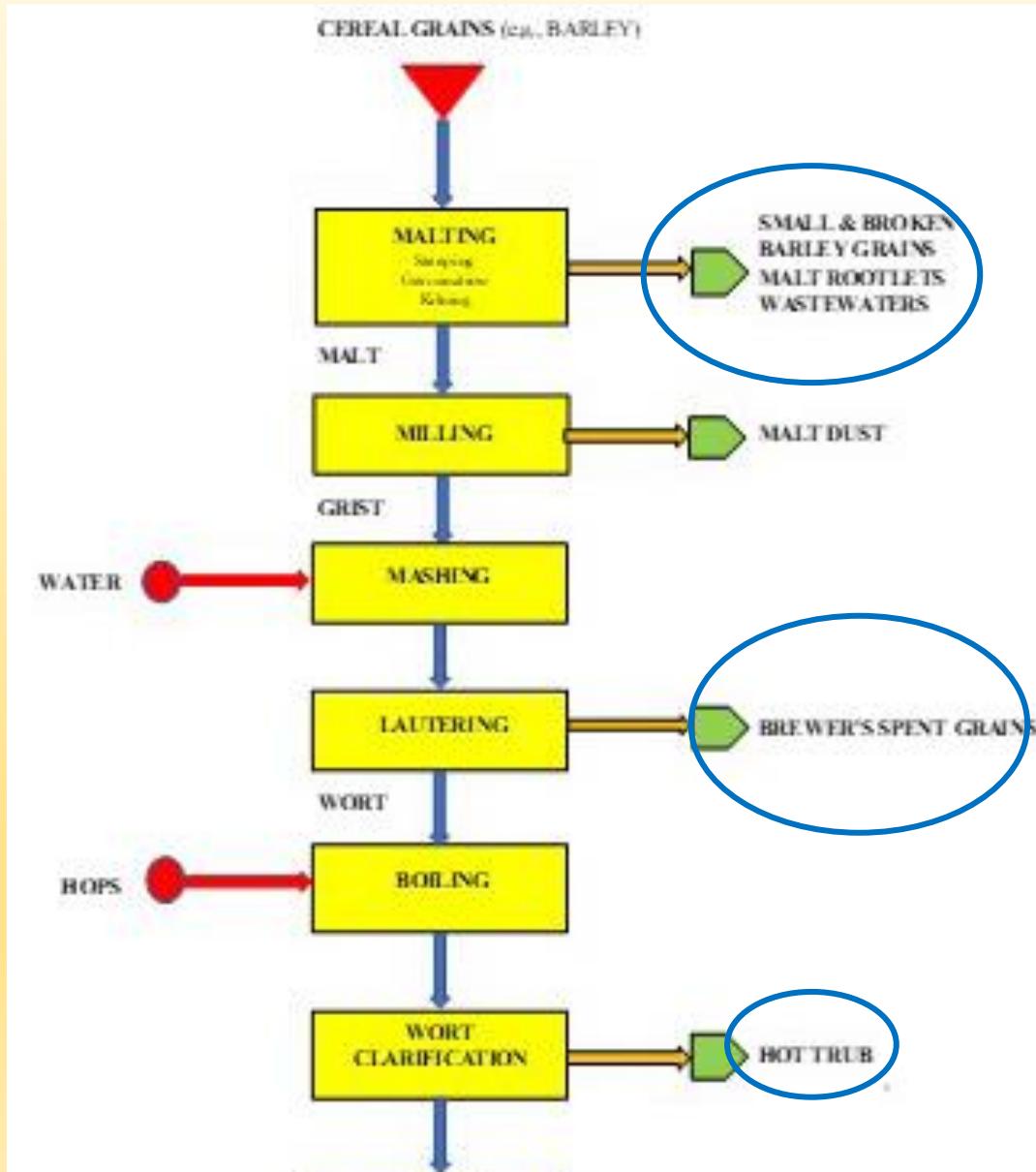
157

TOTALE

814

448.000 hl (2.5%)

Schema a blocchi del processo di produzione di malto e birra con i relativi sottoprodoti



MATERIE PRIME DELL'INDUSTRIA DELLA BIRRA IN ITALIA

| | | |
|--------------------------|---------|-------------------------|
| Malto d'orzo | 212.130 | Mg (12.0 kg/hL) |
| Cereale non maltato - | 68.734 | Mg (3.9 kg/hL) |
| Luppolo | 4.627 | Mg (0.26 kg/hL) |
| Lievito | 13.634 | Mg (10% secco) |
| Acqua | 72 | mio. hL (4.1 L/L birra) |
| Trebbie | 245.116 | Mg (20% secco) |
| Lievito di birra esausto | 13.584 | Mg (10% secco) |

ENERGIA UTILIZZATA PER LA PRODUZIONE

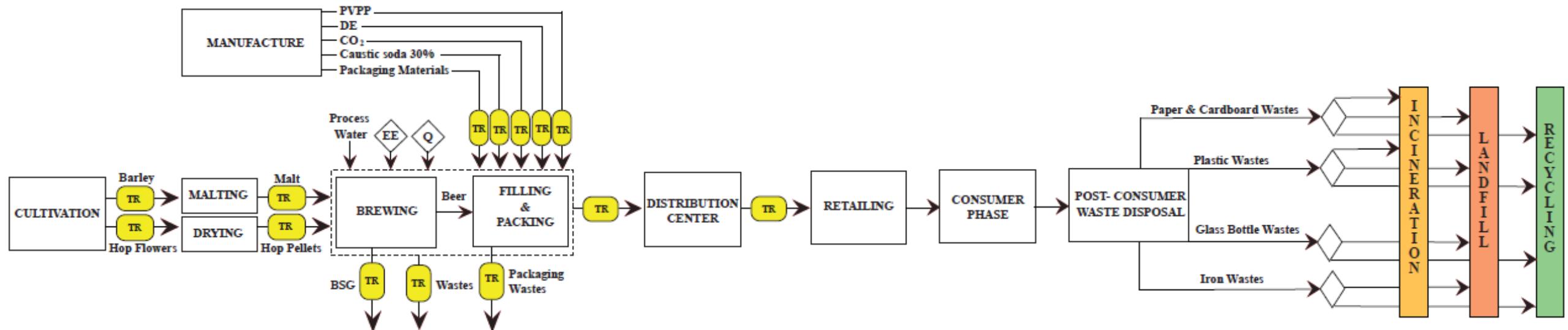
| | | | |
|-----------|-------|----------|--------------|
| TERMICA | 1.639 | mio MJ | (93 MJ/hL) |
| ELETTRICA | 124 | mio. kWh | (7.0 kWh/hL) |

CONTENITORI 2015-2021

Packaging 2015-2021

| Tipi di contenitori Kinds of Packaging | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Fusti / Kegs | 11,74 | 11,59 | 11,57 | 11,63 | 11,71 | 6,25 | 7,09 |
| Bottiglie di vetro Glass bottles | | | | | | | |
| • a rendere returnable | 6,41 | 5,78 | 5,09 | 4,73 | 7,78 | 7,74 | 2,77 |
| • a perdere non-returnable | 76,59 | 77,60 | 78,36 | 78,79 | 73,05 | 78,28 | 83,02 |
| Lattine / Cans | 5,26 | 5,03 | 4,98 | 4,85 | 7,46 | 7,73 | 7,12 |
| TOTALE / Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Confini dalla culla alla tomba (B2C) del sistema di produzione della birra



ECONOMIA LINEARE



Questo modello rispecchia gli ecosistemi creati dall'uomo per la produzione alimentare, che richiedono:

- ❖ un continuo **apporto** dall'esterno **di energia e di massa**, in quanto i nutrienti non vengono riciclati nel sito di coltivazione delle colture;
- ❖ l'**eliminazione di predatori** ed
- ❖ il **trattamento dei rifiuti**.

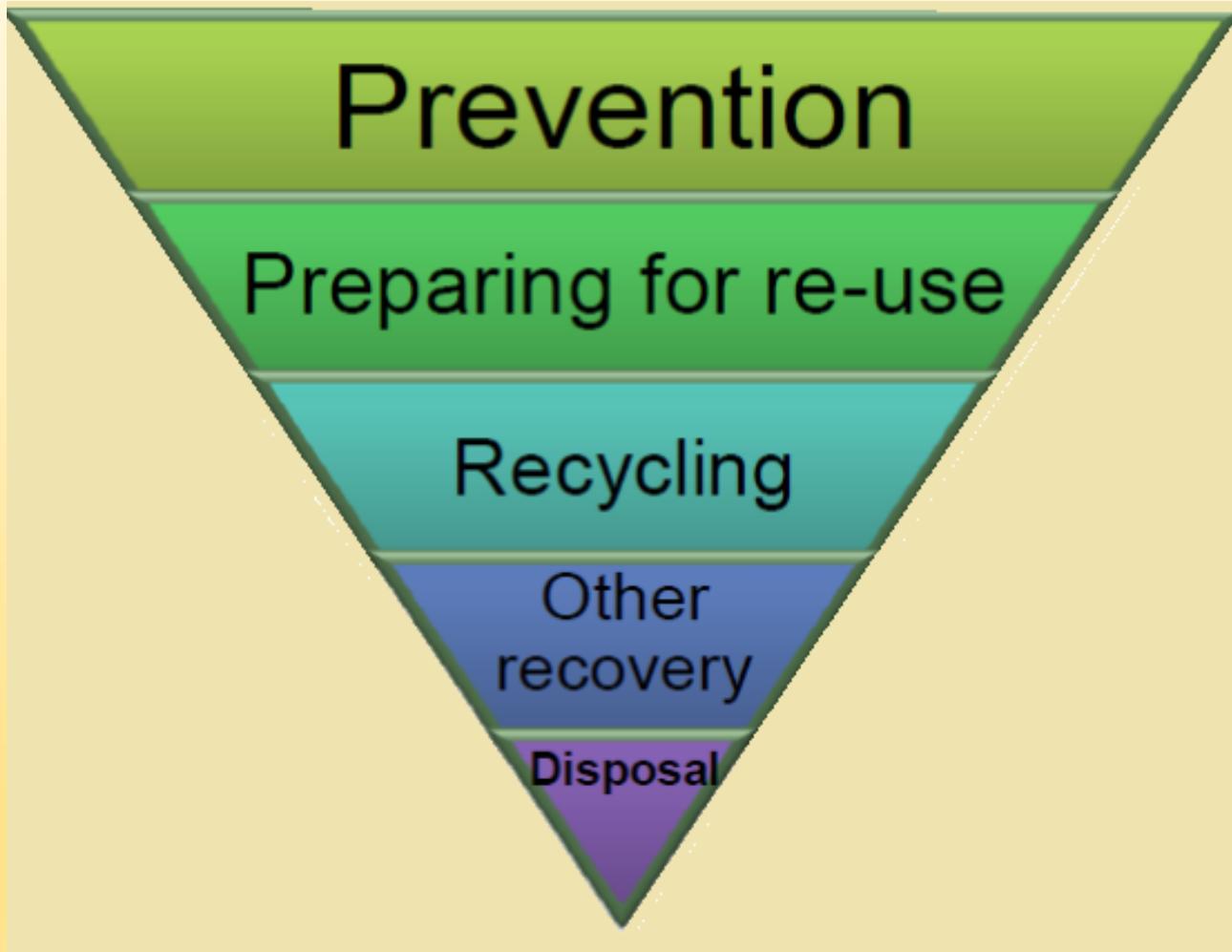
Ai sistemi naturali si rifà la cosiddetta **Economia circolare**, che definisce un sistema economico in grado di autogenerarsi.



Secondo Stahel (2016:
<https://doi.org/10.1038/531435a>)
i principi basilari
dell'economia circolare
riguardano:
a) **Il riuso**
b) **Il riciclo**
del prodotto.

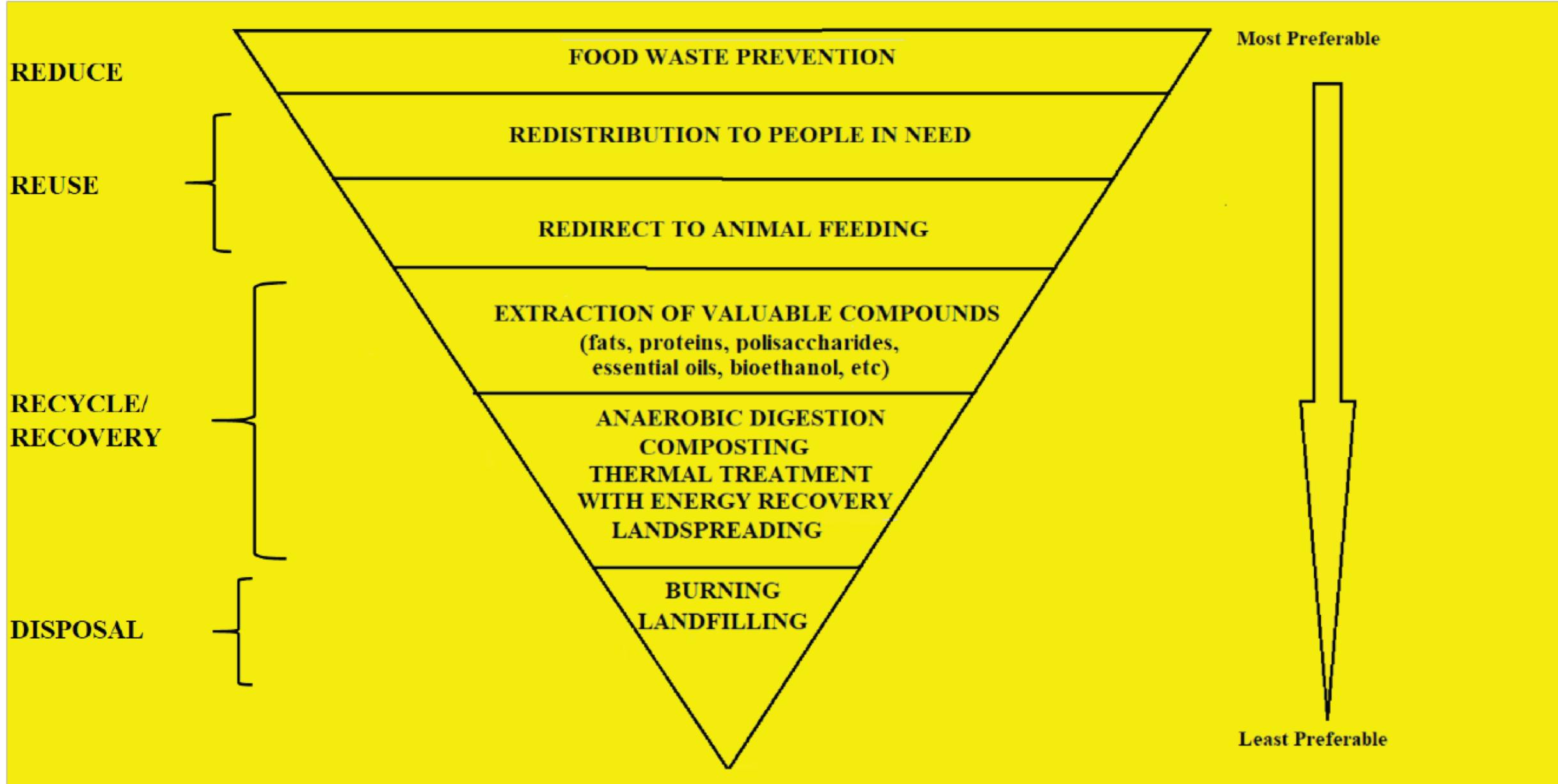
LIFE CYCLE THINKING (LCT) E GERARCHIA DEI RIFIUTI

come definiti dalla DIRETTIVA 2008/98/EC (art. 4.2).



Detta gerarchia è anche indicata come **PIRAMIDE DEI RIFIUTI**

Gerarchia del riuso-riciclo dei rifiuti alimentari con decrescente preferenza ambientale (Garcia-Garcia et al., 2015).



L'applicazione dei concetti dell'***Economia circolare*** alla filiera brassicola riguarda, in sintesi, due aspetti:

- a) Il riuso dei ***materiali abiotici*** (imballaggi, *in primis* bottiglie di vetro, utilizzata per confezionare ca. l'86% della birra: ASSOBIRRA Report 2021).
- b) Il riuso di ***materiali biotici*** (sottoprodotti del processo di birrificazione).

Fine vita dei materiali abiotici

Materiali da imballaggio

In birrificio e presso i CD tutti i materiali scartati sono sottoposti a raccolta differenziata per consentire il riciclo di vetro, plastica, Al, acciaio, carta o legno.

Il loro scarto varia dallo 0,4% nel caso delle bottiglie di vetro al 3,5% nel caso del film estensibile, come rilevato in un birrificio industriale (Cimini e Moresi, 2016).

Gli scenari di smaltimento dei rifiuti di imballaggio da post-consumo coincidono generalmente con quelli dei rifiuti solidi urbani.

| scenarios | Landfill | Recycling | Incineration |
|---------------------|----------|-----------|--------------|
| Waste | (%) | (%) | (%) |
| Glass | 22.7 | 77.3 | 0 |
| Paper and cardboard | 11.6 | 80.8 | 7.6 |
| Iron | 17.8 | 82.2 | 0 |
| Plastic | 10.1 | 45.5 | 44.4 |
| Aluminum | 23.9 | 70.0 | 6.1 |
| Wood | 34.8 | 63.1 | 2.1 |
| Overall | 19.2 | 70.0 | 10.8 |

Scenari complessivi di gestione dei rifiuti di imballaggio in Italia nel 2019

L'obiettivo min (65%) di riciclo per i rifiuti di imballaggio, da rispettare entro il 31 dic. 2025 (Direttiva 2018/852/UE) è stato raggiunto a livello nazionale nel 2019

Massa dei materiali di confezionamento utilizzati per confezionare 1 hL di birra in diversi formati: bottiglie di vetro ambrato da 66 e 33 cL (GB); Bottiglie in PET da 66 cL (PB); Lattine di Al da 33 cL (AC); Fusti in acciaio inox da 30 L (SSK) (Cimini e Moresi, 2016).

| Packaging format Packaging materials | 66-cL GB | 33-cL GB | 66-cL PB | 33-cL AC | 30-L SSK | Unit |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| Glass | 43.9 | 56.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | kg/hL |
| Paper & cardboard | 3.0 | 3.4 | 3.0 | 1.2 | 0.0 | kg/hL |
| Plastic | 0.1 | 0.1 | 4.4 | 0.3 | 0.0 | kg/hL |
| Steel | 0.3 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 32.0 | kg/hL |
| Aluminum | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.9 | 0.0 | kg/hL |
| Wood | 2.8 | 3.2 | 3.0 | 1.9 | 2.5 | kg/hL |
| Adhesive materials | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | kg/hL |
| Overall | 50.3 | 63.6 | 10.6 | 8.5 | 34.5 | kg/hL |

Contributo delle diverse fasi del ciclo di vita alle emissioni GHG associate alla produzione e distribuzione di 1 hL di birra lager in contenitori di diversi volumi (Cimini e Moresi, 2016) al netto dei crediti GHG derivanti dall'uso dei sottoprodotti in zootecnica (~ 12 kg CO_{2e}/hL di birra),

| Beer primary packaging type | GB | AC | SSK |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Volume (L)/Mass (kg) | 0.66/0.290 | 0.33/0.185 | 0.33/0.0123 |
| Life cycle phases | | | |
| Raw materials & processing aids | 16.88 | 16.88 | 16.88 |
| Brewing processing & packaging | 8.41 | 8.4 | 8.33 |
| Packaging materials | 33.33 | 42.19 | 47.55 |
| Transportation | 9.71 | 10.67 | 8.09 |
| Waste disposal | 0.58 | 0.58 | 0.57 |
| Beer production and distribution | 68.91 | 78.71 | 81.42 |

GHG: greenhouse gas; GB: glass bottles; AC: aluminum cans; SSK: stainless steel kegs.

Poiché i fusti vengono riutilizzati 72 volte, il contributo degli imballaggi era solo il 5% del CF, mentre quello delle Btg di vetro e delle lattine di Al era da 5 a 6 volte superiore. Il contributo del trasporto era pari al 25% nel caso dei kegs (da 9,6 kg), ma scendeva al 14% o al 10% se si utilizzano BG di vetro o lattine di Al.

Per ridurre il contributo dei materiali di imballaggio al CF della birra, occorrerebbe ricorrere a:

- 1) Bottiglie o fusti più leggeri,
- 2) Bottiglie con maggiore percentuale di materiali di riciclato,
- 3) Contenitori riutilizzabili più volte possibile.

Se la massa delle **Btg di vetro fosse ridotta del 10%**, il CF della birra si ridurrebbe dal 2,5 al 5% (Amienyo e Azapagic, 2016) per il minor impatto dei materiali di imballaggio e del trasporto.

Per la birra Tuborg® confezionata in **fusti di plastica da 20 L** (290 g), si è stimata una riduzione del 70% nelle emissioni GHG (EPD, 2011a).

La sostituzione di Btg di vetro o lattine di Al con **BTG di PET arricchito con nanoargilla** (da ~26 g) con CF ca. 1/3 di quello delle lattine di Al riciclato al 50% (~9 kg CO_{2e}/kg) ridurrebbe il contributo dei materiali di imballaggio e del loro trasporto.

L'idea di aumentare il tasso di riciclaggio è proliferata in diversi paesi.

In Francia è commercio sin dal 2019 acqua minerale in btg di PET riciclato (R-PET).

In Italia l'utilizzo di R-PET per la produzione di bottiglie e vassoi per alimenti è stato approvato dalla **Legge di Bilancio 2021** purché derivi da bottiglie utilizzate solo per scopi alimentari.

In Germania, la normativa sui depositi dei contenitori (vigente dal 1° gen 2003) prevede che qualsiasi bottiglia vuota di plastica o di vetro restituita ai negozi, supermarket riceva un credito da scontare alla cassa di **8-25 c€**.

Il 99% delle bottiglie riutilizzabili e il 97% delle bottiglie monouso sono così restituite a supermercati e negozi di alimentari.

Per evitare qualsiasi problema di contaminazione, le aziende di riciclaggio attualmente sottopongono le bottiglie di plastica ad un processo di decontaminazione termico a 280°C o con detergente caustico.

Detto processo è stato riconosciuto dal Ministero dell'Ambiente italiano per la gestione degli imballaggi in PET di liquidi alimentari (cfr. Decreto n. 44 del 28 luglio 2021) ed è adottato dal consorzio **CORIPET** (<https://coripet.it/>), che si propone di raggiungere il 25% di riciclaggio di PET entro il 2025.

ECOCOMPATTATORI CORIPET NEL LAZIO



Stricto sensu, la gestione sostenibile dei rifiuti richiederebbe esclusivamente l'uso di bottiglie riutilizzabili.

Dato che il 64% del consumo di birra italiano è a casa (Assobirra, 2020), la riduzione dell'impatto ambientale per il consumo di birra potrebbe ottenersi con la diffusione di **kegs in R-PET** a rendere da 10 a 30 L (tipo Keykeg: <https://www.keykeg.com>) a scapito dei formati ora più diffusi (Btg di vetro e lattine).



Ciò potrebbe emulare il successo dei bag-in-box da 3 a 15 litri per vini rossi e bianchi disponibili anche online.

**Fine vita
dei materiali biotici
dell'industria brassicola**

Composizione dell'orzo e dei principali sottoprodotti dei processi di maltazione e birrificazione:

BSG

brewer's spent grain



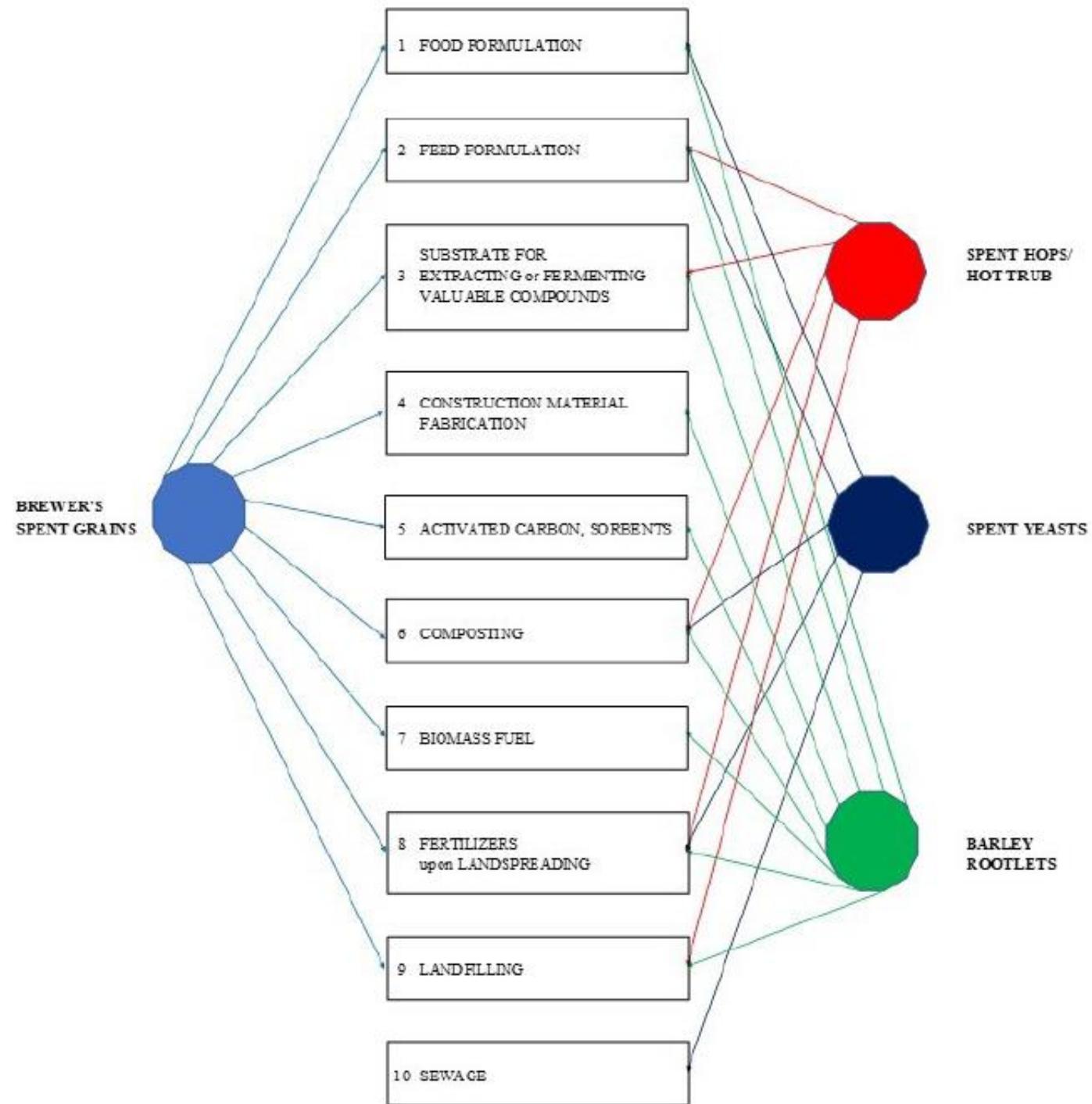
MBR
malt barley
rootlets

HT
spent hops
/hot trub

BSY
brewer's spent
yeast

| Component | Barley | MBR | BSG | HT | BSY | Unit |
|-----------------|--------------------------------|------------------------------------|--|-----------|------------|------------|
| Moisture | 12.8 | 8.2–12.9 | 75–90 | 80–90 | 74–86 | g/100 g |
| Carbohydrates | 0.624 | 0.51–0.60 | 0.45–0.61 | 0.20 | 0.4 | g/g DM |
| Protein | 0.113 | 0.203–0.387 | 0.142–0.300 | 0.40–0.70 | 0.15–0.49 | g/g DM |
| Fat | 0.019 | 0.017–0.044 | 0.06–0.13 | 0.045 | 0.04–0.10 | g/g DM |
| Ash | 0.03 | 0.028–0.087 | 0.011–0.050 | 0.06–0.25 | 0.02–0.085 | g/g DM |
| Total fiber | 0.215 | 0.43 | 0.44–0.84 | 0.23–0.26 | 0.25–0.53 | g/g DM |
| Specific amount | | 0.03–0.05 kg kg ⁻¹ malt | 14–19 | 0.2–0.4 | 2–4 | kg/hL beer |
| References | Alijošius <i>et al.</i> , 2016 | Neylon <i>et al.</i> , 2020 | Jackowski <i>et al.</i> , 2020; Karlović <i>et al.</i> , 2020; Rachwał <i>et al.</i> , 2020 | | | |

DM: dry matter; hL: hectoliter.

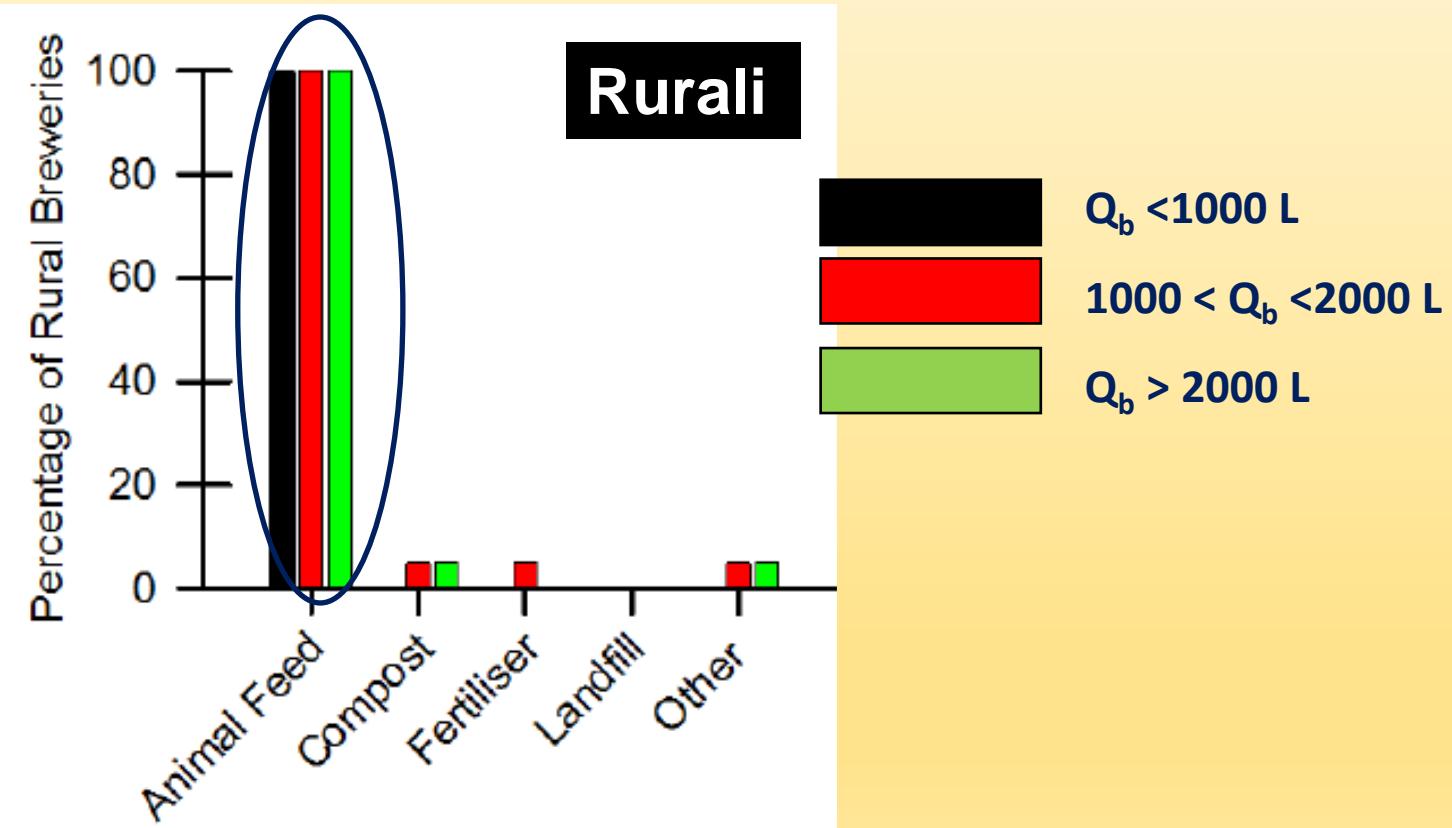
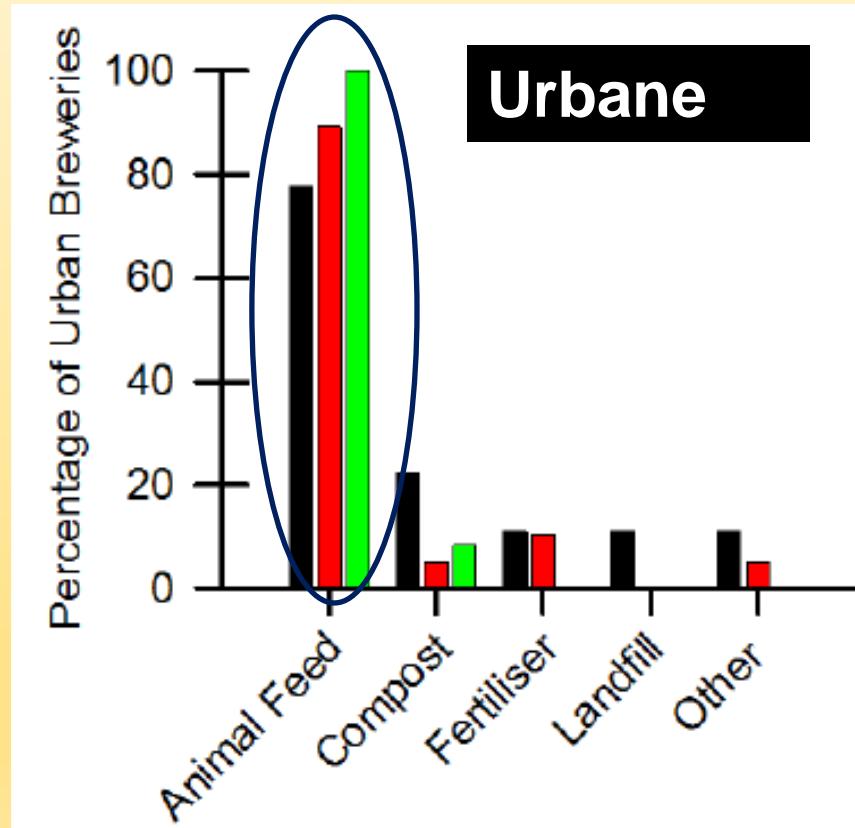


Usi potenziali dei sottoprodoti dell'industria brassicola classificati secondo la scala gerarchica dei rifiuti alimentari della Direttiva UE n°. 98/2008.

Quali
le effettive utilizzazioni
dei sottoprodotti
della Filiera Brassicola?

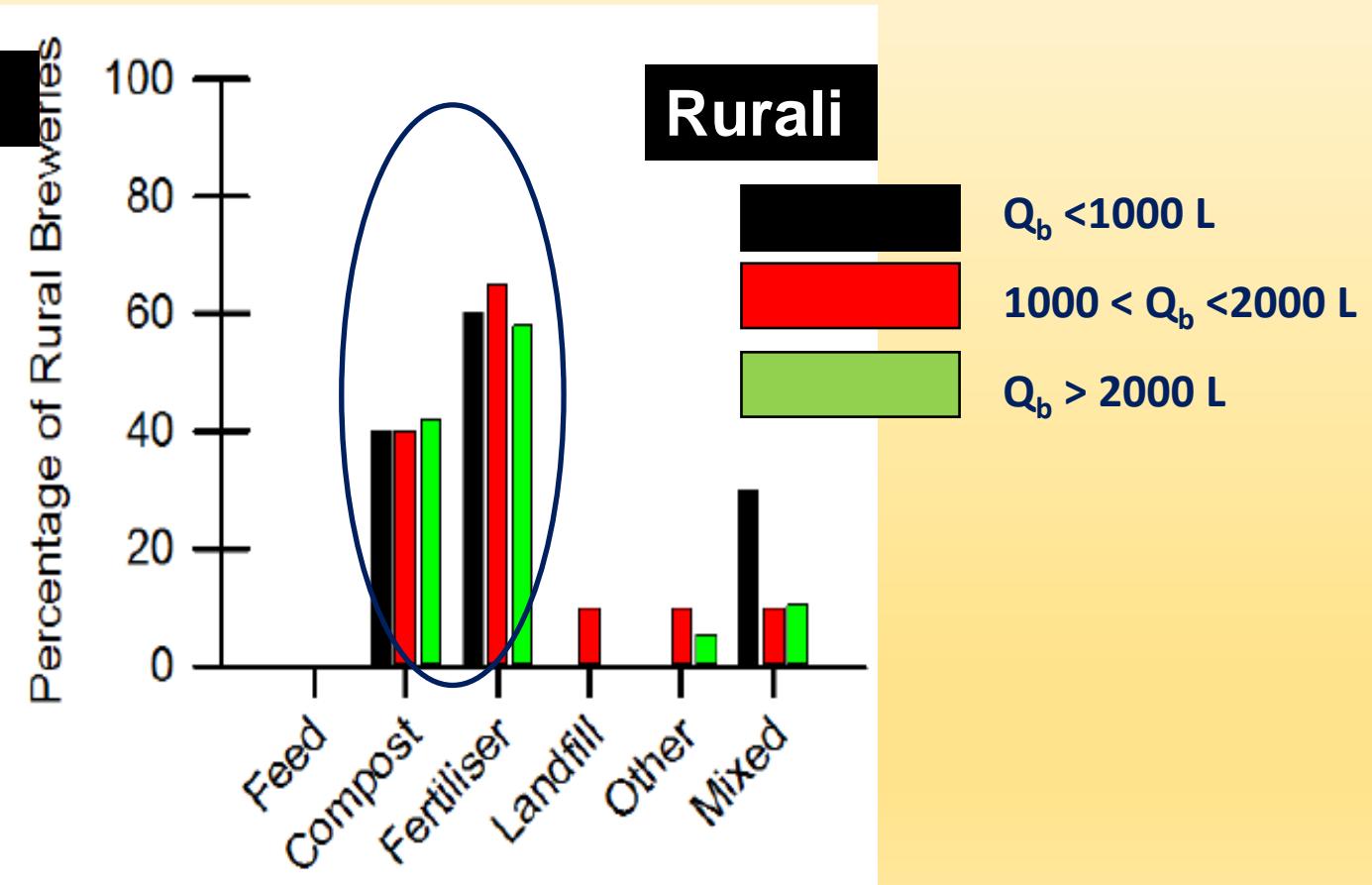
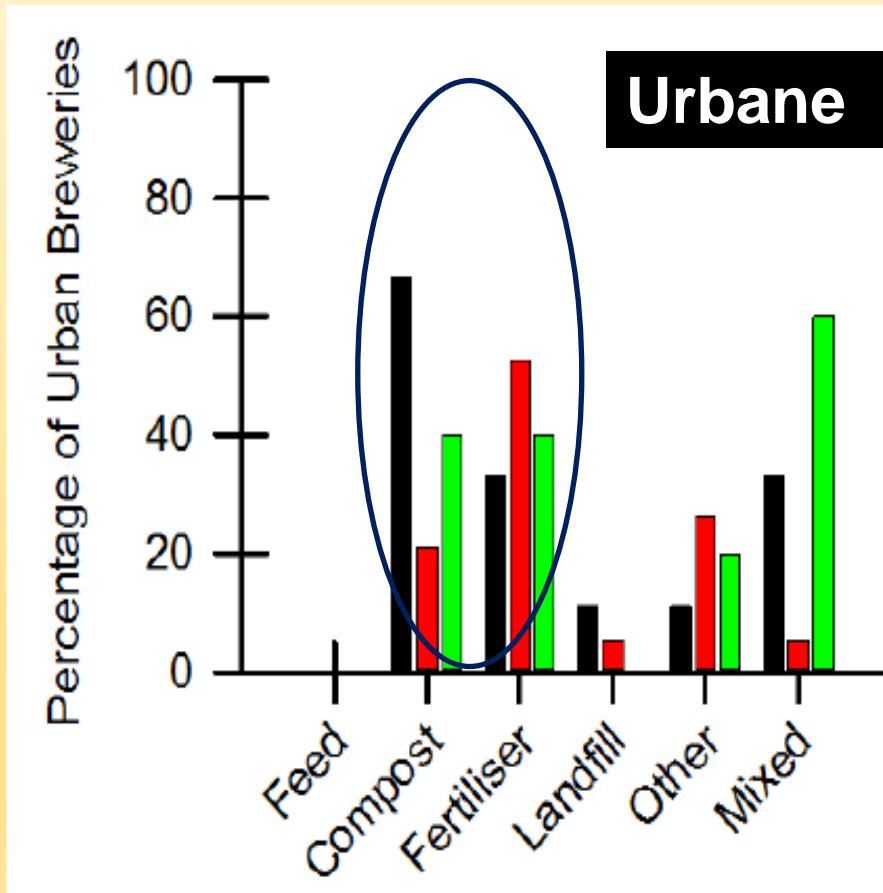
Metodi di smaltimento delle trebbie in birrerie artigianali UK

(Kerby and Vriesekoop (2017) An Overview of the Utilisation of Brewery By-Products as Generated by British Craft Breweries. Beverages 2017, 3, 24; doi:10.3390/beverages3020024)



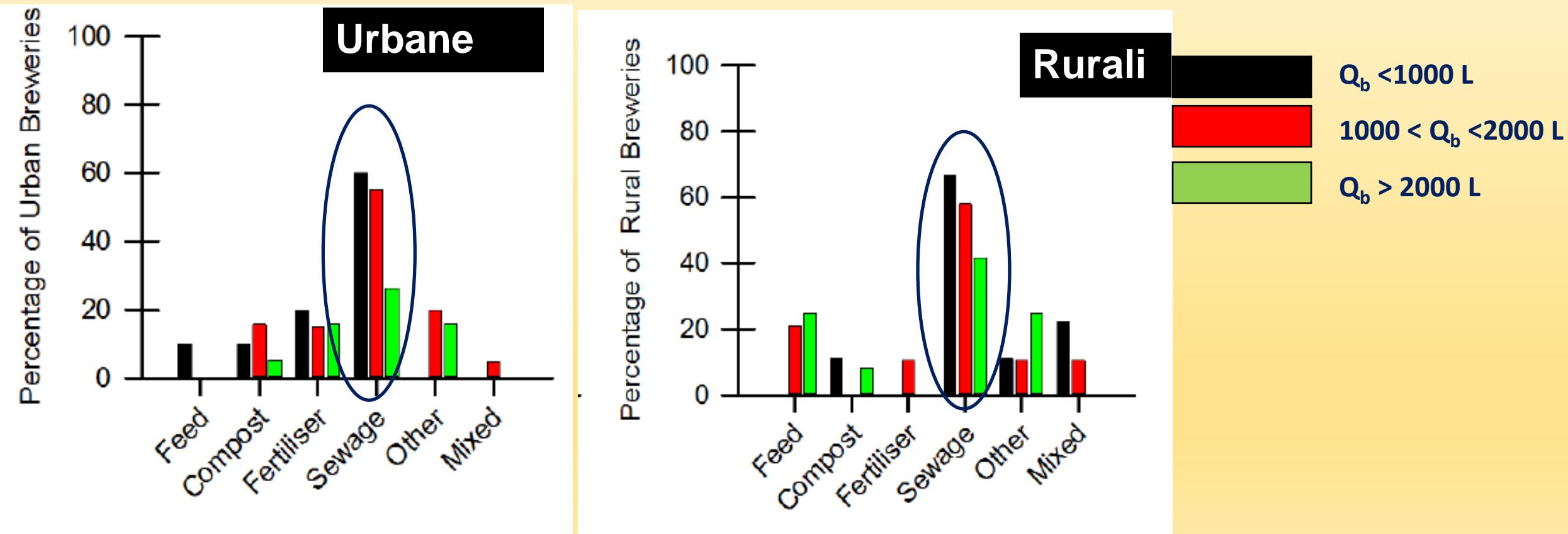
Metodi di smaltimento dei luppoli esausti/hot tub in birrerie artigianali UK

(Kerby and Vriesekoop (2017) An Overview of the Utilisation of Brewery By-Products as Generated by British Craft Breweries. Beverages 2017, 3, 24; doi:10.3390/beverages3020024)



Metodi di smaltimento dei lieviti esausti in birrerie artigianali UK

(Kerby and Vriesekoop (2017) An Overview of the Utilisation of Brewery By-Products as Generated by British Craft Breweries. Beverages 2017, 3, 24; doi:10.3390/beverages3020024)



| Food waste hierarchy | Main MBR reuses | Remarks and references |
|----------------------|-----------------------------------|---|
| 1 | Food formulation | Neylon <i>et al.</i> (2020) listed a series of food products, such as bread, biscuits, and sausages, enriched with different aliquots of MBRs as such (Chiş <i>et al.</i> , 2020) or fermented with <i>Lactobacillus plantarum</i> sp. (Waters <i>et al.</i> , 2013) to improve their nutritional properties. |
| 2 | Feed additive | MBRs are generally blended with other malting byproducts (e.g., barley dust, malt dust, and small-size barley grains) and compressed to obtain the so-called <i>malt residual pellets</i> with a bulk density and a protein content of about 600 kg m ⁻³ and 18% (w/w), respectively (The Maltsters Association of Great Britain [MAGB], n.d.). Owing to the potential high risk of being contaminated by mycotoxins, such pellets must be appropriately dosed before feeding, for instance, weaner piglets, which are as sensitive to zearalenone as humans (MAGB, n.d.). |
| 3 | Source of enzymes | MBRs are a source of invertase, superoxide dismutase, nucleases, phosphotransferase, phosphomonoesterase, and especially 50-phosphodiesterase (Neylon <i>et al.</i> , 2020). In particular, the latter is used commercially to make nucleotides (Sakaguchi <i>et al.</i> , 1963; Sakaguchi and Kuninaka, 1965) for enhancing the flavor of broths and soups (Yamaguchi, 1998). |
| | Source of multicomponent extracts | MBRs are also a source of natural antioxidants, including ascorbic acid and glutathione, potentially useable in food and cosmetics (Bonnelly <i>et al.</i> , 2000). |
| | Microbial growth substrate | MBRs were used as a cheap growth and storage medium for lactic acid bacteria (Neylon <i>et al.</i> , 2020). It had an estimated 20% lower price with respect to that of the conventional de Mann, Rogosa, Sharpe growth media (Laitila <i>et al.</i> , 2004). |
| | Bioproduct substrate | Hydrolysates of MBRs and brewers' spent grains were used as substrate for lactic acid production (Radosavljević <i>et al.</i> , 2020). |
| 5 | Activated carbon | MBRs were converted into biochar upon heating at ~450°C in a pyrolysis plant (Chan <i>et al.</i> , 2007). Its application at rates more than 50 Mg/ha in conjunction with N fertilizer (100 kg N/ha) improved not only the fertilizer effectiveness but also soil quality (Chan <i>et al.</i> , 2007). The biochar sorbent properties for several water contaminants (e.g., chlorine, chloroform, chromium, mercury, methylene blue, phenanthrene, trimethoprim, and uranium) were reported by Grilla <i>et al.</i> (2020) and Neylon <i>et al.</i> (2020). Untreated MBR biochar was also used as a catalyst in the transesterification step of biodiesel production (Tsavatopoulou <i>et al.</i> , 2020). |
| 6 | Composting | |
| 9 | Landfilling | |

Usi potenziali delle radichette di malto d'orzo

Usi potenziali delle trebbie

Remarks and references

| | Main BSG reuses | Remarks and references |
|---|---|--|
| 1 | Partially exhausted raw material | <p>It can be recovered from the uppermost layers of BSG discharged after lautering. Since it contains undigested starch, it might be integrated with appropriate doses of fresh malt and reused in the subsequent wort batch to produce low-alcohol or alcohol-free beers (Zürcher and Gruss, 1990).</p> |
| | High-protein and high-fiber containing ingredient | <p>It was used to:</p> <ul style="list-style-type: none">(a) Enrich soft wheat flour and formulate:<ul style="list-style-type: none">(i) breads (Steinmacher <i>et al.</i>, 2012),(ii) breadsticks (Ktenioudaki <i>et al.</i>, 2012),(iii) cookies (Kissell <i>et al.</i>, 1979; Petrovic <i>et al.</i>, 2017), and(iv) baked snacks (Kirjoranta <i>et al.</i>, 2016; Ktenioudaki <i>et al.</i>, 2013).(b) Enrich hard wheat semolina to prepare several dry pastas (Cappa and Alamprese, 2017; Nocente <i>et al.</i>, 2019).(c) Reduce fat content in some meat products:<ul style="list-style-type: none">(i) frankfurters (Özvural <i>et al.</i>, 2009),(ii) smoked sausages (Nagy <i>et al.</i>, 2017),(iii) chicken sausages (Choi <i>et al.</i>, 2014), and(iv) chicken patties (Kim <i>et al.</i>, 2013). |
| 2 | Main substrate for probiotic beverages | <p>Upon suspension of 200 g L⁻¹ of pre-ground BSG in sterile water, and fermentation of the resulting medium with <i>Bacillus subtilis</i> WX-17 (i.e., rod-shaped, Gram-positive bacteria generally recognized as key health promoter), it was recovered as a liquor rich in viable cells (7.2×10^9 CFU mL⁻¹), several essential amino acids, and citric acid cycle intermediate metabolites, and with a high antioxidant activity (Tan <i>et al.</i>, 2020).</p> |
| | Feed additive | <p>BSG can be used to feed</p> <ul style="list-style-type: none">(i) cattle (Cimini and Moresi, 2016),(ii) pigs (Kerby and Vriesekoop, 2017),(iii) aquaculture fish (Nazzaro <i>et al.</i>, 2021),(iv) poultry (Rachwał <i>et al.</i>, 2020), and(v) edible insects (Mancini <i>et al.</i>, 2019). |

| | |
|-----------------------------------|--|
| Source of proteins | The recovery of proteins, as such or hydrolyzed to formulate vegan foods, asks for quite complex extraction and purification processes using alkaline (Du <i>et al.</i> , 2020) and/or acid solutions (Qin <i>et al.</i> , 2018), subcritical water at 200°C and 40 bar (Du <i>et al.</i> , 2020) or 185°C and 50 bar (Alonso-Riaño <i>et al.</i> , 2021), hydrothermal pretreatment at 60°C, ultrasound-assisted enzymatic pretreatment (Yu <i>et al.</i> , 2020), or steam explosion (Rommi <i>et al.</i> , 2018). |
| Source of polyphenolics | Recovery of polyphenolics was performed using quite different processes, namely alkaline hydrolysis, enzymatic hydrolysis, acetone–water, or ethanol–water extraction as such or assisted by ultrasound or microwave, or supercritical carbon dioxide extraction (Jackowski <i>et al.</i> , 2020; Karlović <i>et al.</i> , 2020; Rachwal <i>et al.</i> , 2020; Stefanello <i>et al.</i> , 2018). |
| Source of arabinoxylan (AX) | Such polysaccharide consists of two monomers (xylose and arabinose) and may be recovered from BSG using the integrated process as set up by Vleira <i>et al.</i> (2014) where increasing concentrations of KOH or NaOH allowed ~83% of total proteins and ~70% of total arabinoxylan to be extracted sequentially. The efficiency of such a process was further improved with the help of ultrasound (Reis <i>et al.</i> , 2015) or microwaves (Coelho <i>et al.</i> , 2014). |
| Source of multicomponent extracts | These were recovered by submitting BSG or other brewery wastes to water leaching under moderate conditions (Almendinger <i>et al.</i> , 2020). Their carbohydrate or amino acid concentration was generally smaller than 10 mg per g DM or 2 mg per g DM, respectively. Thus, their biological activity should be significantly enhanced to be properly utilized in cosmetic products (Almendinger <i>et al.</i> , 2020). |
| Source of cellulose nanofibers | Such nanofibers could be used as emulsion or dispersion agents in food preparations (Rachwal <i>et al.</i> , 2020). Their recovery from dried BSG required quite a complex procedure consisting of the following steps: primary alkaline treatment with 0.1-M NaOH at 60°C for 2 h to get rid of proteinaceous matter; bleaching of the lignocellulose residue with 0.7% (w/v) sodium chlorite at a boiling point for 2 h; filtering and residue resuspension in 5% (w/v) sodium bisulfite at room temperature for 1 h; filtering and washing with distilled water; secondary alkaline treatment with 17.5% NaOH at room temperature for 8 h; washing and dispersion in water at 1.5% (w/v); and final homogenization at 700–800 bar for 20 cycles (Mishra <i>et al.</i> , 2017). However, no information about their processing costs is available. |

4

| | |
|------------------------------|--|
| Microbial growth substrate | It was used as a growth substrate for several microorganisms, such as <i>Escherichia coli</i> , actinobacteria, <i>Bifidobacterium adolescentis</i> , <i>Lactobacillus</i> spp., and yeasts in alternative to expensive nitrogen sources, such as yeast extract and peptone (Cooray et al., 2017; Rachwał et al., 2020). |
| Mushroom substrate | It was used to cultivate mushrooms, such as <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Lentinula edodes</i> , and <i>Hericium erinaceus</i> . The trials carried out at the Mycoterra Farm (Westhampton, MA, USA) suggested not only that BSG should be handled with care to avoid cross-contamination of laboratory environment but also that grain savings from BSG substitution were not so significant to support such a use financially, especially in spawn stages (Mycoterra Farm, 2015). |
| Bioproduct substrate | BSG was used as substrate for several bioproducts (Rachwał et al., 2020), such as succinic acid (Cooray et al., 2017), microbial oil (Saenge et al., 2011), fatty acids and carotenoids (Zalynthios and Varzakas, 2016), xylitol (Mussatto and Roberto, 2008), pullulan (Singh and Saini, 2012), or citric acid (Femi-ola and Atere, 2013). |
| Microbe-immobilizing carrier | It was used to immobilize yeasts (Brányik et al., 2001). |
| Additive for bio-composites | <p>BSG was used as an environment-friendly reinforcement or filler component in:</p> <ol style="list-style-type: none"> polyurethane foam composites, even if the foam matrix was found to be less compatible than that using ground tire rubber (Formela et al., 2017); food packaging trays made of BSG, potato starch, glycerol, and chitosan or glyoxal in replacement of expanded polystyrene, even if their flexural strength (~3.8 MPa) decreased to 0.4 MPa after contact with water (Ferreira et al., 2019); clay bricks as substitute for sawdust at 5–15% of dried BSG in brick making (Ferraz et al., 2013); addition of just 3.5% (w/w) of BSG yielded stronger, more porous, and less dense bricks than standard ones in large-scale tests (Russ et al., 2005); wood polymer composites by twin-screw extrusion of pre-dried BSG at 120–180°C, this lowering the specific mechanical energy consumption by 20% and improving their thermal stability (Hejna et al., 2021). |
| Activated carbon | BSG, as such or pelletized, was converted into biochar via pyrolysis and micro-gasification under high-temperature (400–500°C) and low-oxygen conditions with an average yield of 18.6% (w/w) (Sperandio et al., 2017). Activated carbon from BSG exhibited adsorption capacity for metallic ions, phenolic compounds, and color quite similar or even effective than that of their commercial counterparts (Mussatto et al., 2010). |
| Composting | A proper dosage of wet BSG with a lignocellulosic bulking agent (e.g., wheat straw) and sheep or pig manure favored its appropriate composting (Assandri et al., 2021). |

5

6

| | |
|--------------|---|
| Biomass fuel | <p>BSG could be used as a:</p> <ul style="list-style-type: none"> (i) solid biomass having a lower calorific value (LCV) of $13.7 \pm 0.7 \text{ MJ kg}^{-1}$ at ~8% (w/w) moisture content, and a positive economic return, its estimated production cost and its market price being $\text{€}110\text{--}140 \text{ kg}^{-1}$ and $\text{€}230\text{--}270 \text{ kg}^{-1}$, respectively (Sperandio <i>et al.</i>, 2017); (ii) hydrochar, a coal-like product obtained by hydrothermal carbonization in a closed reactor at $180\text{--}280^\circ\text{C}$ and 2–6 MPa for 5–240 min (Jackowski <i>et al.</i>, 2019); (iii) substrate for production of bioethanol upon acid pretreatment and inoculation of single or mixed microbial cultures, such as <i>Pichia stipitis</i> and <i>Kluyveromyces marxianus</i> (White <i>et al.</i>, 2008), <i>Saccharomyces cerevisiae</i> and <i>Aspergillus oryzae</i> (Wilkinson <i>et al.</i>, 2017), and <i>Fusarium oxysporum</i> (Xiros <i>et al.</i>, 2008); (iv) substrate for BSG anaerobic digestion in continuously stirred bioreactors yielding from 0.56 g (Wang <i>et al.</i>, 2015) to 0.81 g (Vitanza <i>et al.</i>, 2016) of biomethane per gram of total organic matter, even if both yields and kinetics were implemented by resorting to microwave-assisted alkaline pre-treatment (Kan <i>et al.</i>, 2018) or by supplementing 5% biochar (Dudek <i>et al.</i>, 2019) or trace elements (Bougrier <i>et al.</i>, 2018). |
|--------------|---|

| | |
|--------------------|--|
| Organic fertilizer | <p>BSG might be used as:</p> <ul style="list-style-type: none"> (i) organic fertilizer because of its P, K, protein, cellulose, lignin, and hemicellulose contents; the mixture of BSG (5 Mg ha^{-1}) and NPK fertilizer (200 kg ha^{-1}) affecting positively the growth of maize and increasing soil aggregation (Nsoanya and Nweke, 2015); (ii) biofertilizer useful against soil-born insects; once BSG is inoculated with the spores of entomopathogenic fungi <i>Beauveria bassiana</i> the, accumulation of 10 metabolic compounds in the fermented biomass is found to be effective against <i>Galleria mellonella</i> larvae (Qiu <i>et al.</i>, 2019). |
|--------------------|--|

| | |
|-------------|--|
| Landfilling | Wet BSG is landfilled by 7–10% of the UK craft breweries (Kerby and Vriesekoop, 2017). |
|-------------|--|

Per garantire la ***sicurezza alimentare nella catena di approvvigionamento degli alimenti/mangimi***,

l'Unione Europea ha regolamentato (Reg n. 183/2005) la gestione dei sottoprodotti dei processi alimentari (birra inclusa), che entrano nella catena alimentare, direttamente o tramite alimentazione animale, richiedendo alle aziende di

- ❖ registrarsi presso l'autorità locale e
- ❖ attuare un piano HACCP dedicato, che includa il requisito della tracciabilità.

Spent Hops/Hot Trub

Dal frazionamento in corrente di vapore dei luppoli esausti si ricavano circa 0.11 g di terpeni/100 g ms.

Questi oli essenziali sono repellenti nei confronti di coleotteri (*Rhyzopertha dominica* e *Sitophilus granaries*) responsabili di elevati danni economici durante lo stoccaggio di alimenti.

Lieviti esausti

- Produzione di uno ***spalmabile*** di color marrone scuro, inventato da Justus Freiherr von Liebig ed è oggi prodotto da Unilever in GB, noto come *Marmite* in GB. È ricco di vitamine del gruppo B e conferisce il sapore *umami* tipico dell'acido glutammico e 5'-ribonucleotidi. È analogo ad altri prodotti (Australian Vegemite, Swiss Cenovis, Brazilian Cenovit, German Vitam-R).
- **Nessuno dei 90 birrifici artigianali intervistati da Kerby e Vriesekoop (2017) ha fornito BSY per produrre Marmite, forse per le piccole quantità disponibili.**
- **Concentrati e isolati proteici** (in barrette energetiche(10–30% p/p)
- **Additivo per mangimi a basso costo** (combinato con BSG e HT) ma deve essere essiccato o stabilizzato con acidi organici per evitarne la fermentazione nel tratto gastrointestinale degli animali, in particolare dei suini, che sono altamente sensibili a tali disturbi
- **Fertilizzante** mediante compostaggio o diffusione del terreno.



Anheuser-Busch InBev, uno dei principali produttori di birra degli Stati Uniti, che smaltisce ca. 1,4 milioni di Mg di BSG/anno, ha aperto una nuova società (**EverGrain**) ed ha realizzato a St. Louis (Missouri, USA) un impianto per convertire le trebbie in una farina proteica a basso contenuto di amido ed alto tenore di fibra, disponibile in 2 formati, in corso di brevetto:

- 1) **EverVita**: per prodotti da forno (pane, base per pizza, pasta, barrette di cereali), che verrà prodotta a Liège (B) e destinata al mercato europeo più predisposto per prodotti a base d'orzo



2) **EverPro:** per produrre latti vegetali, che verrà prodotto a Newark (NJ) e sarà destinato al mercato USA più predisposto per i latti a base vegetale.



CANVAS - a nutritious alcohol-free drink from saved grains.

It is a kind of protein shake or smoothie: cereals are fermented like yoghurt, & then supplemented with fruits, nuts & spices.



CONCLUSIONI

L'applicazione dei concetti dell'***Economia circolare*** alla filiera brassicola comporta:

- a) Il riuso dei materiali di imballaggio e soprattutto dei contenitori (bottiglie di vetro, PET o kegs),

In base all'analisi dei metodi di riuso dei materiali biotici (trebbie, luppoli e lieviti esausti) presso un ampio campione di birrifici artigianali in GB, sia urbani che rurali, si è rilevato:

- i birrifici artigianali, situati in zone rurali, smaltiscono principalmente le **trebbie** e i **lieviti esausti** come **mangime per animali**, in linea con quanto praticato dalle birrerie industriali. Ciò rappresenta il metodo principale di smaltimento anche per le *craft breweries* urbane. Si è anche rilevato una capitalizzazione del concetto di *locale* attraverso l'impiego delle trebbie nell'allevamento di maiali, le cui carni sono servite nel brewpub stesso.
- Lo smaltimento dell'**hot trub** è prevalentemente per compostaggio o spandimento sul terreno come fertilizzante ed ammendante.

- Lo smaltimento del **lievito esausto**, soprattutto nel caso di birrifici artigianali più piccoli, è nelle fogne comunali. In rari casi, è stato utilizzato per l'elevato tenore proteico e vitaminico,
- **Costi di smaltimento dei sottoprodotti della birra:**
 - In pratica, nessuno per birrifici rurali, in quanto vengono raccolti su base giornaliera/settimanale dagli stessi utilizzatori agricoli.
 - costi di trasporto fino al sito di smaltimento per i birrifici urbani.

Per quanto i sottoprodotti della filiera brassicola
siano acclamati come
una panacea per la maggior parte dei problemi del mondo,
il loro alto tenore di umidità
li rende rapidissimamente deteriorabili e di fatto inutilizzabili
per il loro reimpiego nella catena alimentare umana.

Le innumerevoli proposte applicative
in ambito nutrizionale e biotecnologico
appaiono nella maggior parte dei casi non supportate da
alcuna analisi del tipo costi/benefici o da appropriate analisi di mercato
e quindi più utili per pubblicare articoli
che per definire proposte operative per la loro valorizzazione.

Relativamente ai potenziali utilizzi dei sottoprodotto del birrificio, pochi studi hanno valutato la loro profittabilità su scala industriale.

Mussatto et al. (2013) fornirono prospettive nettamente ottimistiche, mentre Buffington (2014) ne fornì di nettamente pessimistiche.

Buffington (2014) ipotizzò di alimentare una bioraffineria equidistante da 2 birrifici di scala industriale con trebbie al 70% di umidità media.

A fronte di un prezzo dei residui agroforestali con umidità del 10% (p/p) di ca. US \$ 40/Mg, il prezzo effettivo di acquisto per BSG sarebbe

US \$ 133,30/Mg di dm ed il prezzo dei BSG valorizzati ammonterebbe a US\$ 179/Mg.

In questo scenario, l'utilizzo di BSG è economicamente ingiustificato.

Lo smaltimento diretto come mangime animale appare quindi l'opzione primaria per i birrifici piccoli, medi e grandi, poiché comporta un credito di CO_{2e} pari a circa 1/3 del contributo emissivo dei soli imballaggi.

Occorrerà attenzionare il livello di accettazione dei due prodotti EVERGREEN per capire quale percentuale dei BSG possa essere effettivamente assorbita dal settore alimentare.

È altamente probabile che una tale utilizzazione possa essere espletata solo presso birrifici di scala industriale.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Dear Ms. Rona Wang,



mmoresi@unitus.it

Venerdì CULTURALI FiDAF 2022, 23° CICLO
28 ottobre 2022

